

DYNAMIC LIGHT—TOWARDS DYNAMIC, INTELLIGENT AND ENERGY EFFICIENT URBAN LIGHTING

WP3 - DELIVERABLE D.T3.1.4

Konceptcja inteligentnego oświetlenia na terenie
Gminy i Miasta Lwówek Śląski- ulica Kombatantów

Planning of an intelligent light concept
in the Municipality and Town of Lwówek Śląski,
Poland- Kombatantów Street

Autor/Author

Mgr inż. Marek Onichimiuk

Mgr inż. Marian Wygoda

05/2019





SPIS TREŚCI

SUMMARY

WPROWADZENIE

1. CELE DZIAŁANIA PILOTOWEGO	6
2. WYMAGANIA DOTYCZĄCE OŚWIETLENIA	7
3. CHARAKTERYSTYKA PLANOWANEGO OŚWIETLENIA	14
3.1. Stan istniejący	14
3.2. Dynamiczne sterowanie oświetleniem	18
4. DYNAMICZNE ZMIANY CECH OŚWIETLENIA	21
4.1. Zakres wykrywania ruchu	21
4.2. Zakres oświetlania	23
4.3. Oznaczenie opraw oświetleniowych	27
4.4. Oznaczenie detektorów ruchu	28
4.5. Obszar skanowania ruchu	28
4.6. Opis działania	30
4.6.1. Stan bez ruchu	30
4.6.2. Ruch	30
4.6.3. Funkcjonowanie	31
4.6.4. Przykładowy funkcjonowania	31
4.7. Algorytm	31
5. WYBÓR TECHNOLOGII OŚWIETLENIOWEJ I SYSTEMÓW STEROWANIA OŚWIETLENIEM ...	32
5.1. Sterownik centralny	32
5.2. Sensory i elementy wykonawcze	35
5.3. Obliczenia	38
5.3.1. Zapotrzebowanie mocy i dobór zabezpieczeń	38
6. ANALIZA EKONOMICZNA ZASTOSOWANYCH ROZWIĄZAŃ	46
7. OCZEKIWANE REZULTATY	54

PODSUMOWANIE

ZAŁĄCZNIKI

ZAŁĄCZNIK 1 Przykładowe sekwencje włączenia i wyłączenia opraw oświetleniowych w zależności od wzbudzenia poszczególnych detektorów ruchu, dla ul. Kombatantów

ZAŁĄCZNIK 2 Algorytm sterowania oświetleniem ul. Kombatantów

ZAŁĄCZNIK 3 Analiza opłacalności inwestycji



SUMMARY

This document presents a concept of an intelligent lighting pilot project in the Municipality and Town of Lwówek Śląski, at Kombatantów Street. The preparation of the concept was preceded by an analysis of the current state of lighting and the amount of energy currently used for its power supply. Requirements for public lighting in the pilot location were also determined and innovative solutions including elements of the dynamic lighting control system were proposed. The document was developed as part of the project "DYNAMIC LIGHT - Towards Dynamic, Intelligent and Energy Efficient Urban Lighting". The project was financed under the INTERREG Central Europe program from the European Regional Development Fund.

Pilot project objectives

Kombatantów street is a local road intended for local traffic, which serves primarily as an access road to single-family properties and a small inn. It is also used as a recreational space - an access to the nearby hill and to the Park Kombatantów. The single-family houses are located along side roads going south west from the main access road and create a small residential area.

Traffic is very low and takes place from or to the places of residence, the inn and the recreation area. Due to the slope of the road and its small width, approx. 3.5 m, the speed of vehicles is limited and practically does not exceed 40 km/h. Because there is little traffic on the street and it has mostly an access function, it is advisable to limit the amount of illumination after dark.

The proposal of dynamic lighting control of Kombatantów street, including lightening and dimming of lighting as the street is approached or left by various street users, is primarily aimed at limiting consumption of electricity in such a way that the functionality of lighting, comfort and safety of users is not lost or reduced. In addition to reducing energy consumption and increasing efficiency of public lighting, the goal of the pilot dynamic lighting system is:

- creating a possibility to move along the street at night on foot, by car or by bike with an optimal level of light intensity and at the same time maximum energy saving in periods when there are no people or moving vehicles on the street,
- reduction of carbon dioxide emissions due to reduction of energy consumption,
- reduction of light pollution and its effects on fauna in areas close to the street.

Dynamic lighting features

At present, the lighting of the street includes two zones: 13 6-meter poles, located along the main course of the road, with high pressure sodium luminaires (8 100W and 4 70W lamps mounted without booms) and 6 6-meter poles located at the side roads of the residential area. with high pressure sodium luminaires (2 100W lamps mounted on a double-arm boom and 5 70W lamps mounted without booms). The street has no sidewalk for pedestrians. Due to the fact that the street is narrow, it has a width of 3.5 m, there is no possibility of parking along it. At Kombatantów street there is an inn, in front of which there is an unpaved space that functions as a parking lot. It is lit by a separate light point - 8-meter pole with a 100W high pressure sodium lamp mounted on a 1-meter boom.

The lighting is powered from a lighting cabinet located at the street and controlled with use of an astronomical clock. The lighting concept proposes to keep the existing astronomical clock and



supplement it with a dynamic component. Therefore, it is assumed that the designed dynamic lighting system should enable:

- superior manual switching on and off of the lighting installation,
- controlling the switching on and off by the astronomical clock,
- automatic control of lighting levels, independently for each luminaire,
- traffic detection necessary for automatic lighting control.

The basic solution assumes that the system of dynamic lighting control will consist of a central controller, motion detection sensors, and power controllers for the lighting fixtures. In addition, the system must ensure transmission of control signals between the sensors and the central controller as well as the central controller and power controllers of the light sources.

It is planned to install radar motion sensors, which will cover the main road of Kombatantów street (without side roads of the residential zone and the parking lot at the inn). The minimum range in the direction of scanning by a single sensor should be the distance between lighting columns, that varies from 27 to 45m. The width of the sensor's scanning range is indicated by the width of the street, which is no more than 3.5m (no sidewalk). It is assumed that 13 sensors will cover the main road, the width of the scanning beam will be $\alpha = 20^\circ$ horizontally and $\beta = 18^\circ$ vertically and each sensor will be installed on the streetlight pole at a height of 4m..

In the initial state, after switching on the lights after dark, two luminaires at both ends of the street (plus the ones belonging to the residential area and the parking lot at the inn) operate at full power. The other luminaires are set to 20% of the lighting power. When a moving person or vehicle appears within a detection range of a motion detector, a signal from this detector induces lighting to full power at the sensor's detection field and also one luminaire in front of and one luminaire behind the detection field. After the motion ceases, the luminaire maintains at its full power for at least 2 minutes what is important in the case of a temporary stoppage of a person or vehicle. After this time, for a period of 40 seconds, the luminaire gradually dims down to 20% of the lighting power. The control system enables automatic activation of luminaries at any place along the street where traffic is detected.

Dynamic lighting equipment and its costs

For analysis the following assumptions were made:

- replacement of the existing high-pressure sodium lamps, 11x70W and 10x100W, with LED, 20x27W and 1x61W (at the inn)
- introduction of dynamic control of 11 out of 21 luminaires; the luminaires with no dynamic control are: 2 luminaires at both ends of the main road, 7 luminaires in the residential area and 1 luminaire at the inn.

Luminaires

No.	Description	Costs PLN	Remarks
1	Luminaire LED 27W	440	
		20	Amount
		8800	Total PLN
2	Luminaire LED 61W	600	



		1	Amount
		600	Total PLN
3	Power controller	0	In the luminaires
4	Signal converter/ DALI	171	
5	Bus converter/DALI (access node)	424	
		595	Sum PLN
		11	Amount
		6545	Total PLN
		15945	Total PLN

Motion sensors

No.	Description	Costs PLN	Remarks
1	Bus converter/DALI (access node)	0	In the luminaires
2	Signal converter/ DALI	100	
3	Sensor	435	
		535zł	Sum PLN
		13	Amount
		6955	Total PLN

Central controller

No.	Description	Costs PLN	Remarks
1	Controller	2000	
2	24VDC power supply	100	
3	Overcurrent breaker	100	
4	DALI interface power supply	340	
5	DALI / bus converter (access node)	424	
6	Temperature stabilizer	0	
7	Housing	0	Existing
8	Service slot	25	
9	Overcurrent protection	100	
		3089	Sum PLN
		1	Amount
		3089	Total PLN

Total investment costs

Labour

No.	Description	Costs PLN	Remarks
1	Installation of equipment on the poles	1451	
2	Installation of equipment in the cabinet	968	
3	Software installation	5313	
		7732	Sum
4	Travel costs	2050	
		9782	Total

Costs of services and equipment rental



1	Costs of services and equipment rental	6371	
		6371	Total

Equipment

1	Luminaires	15945	
2	Motion sensors	6955	
3	Central controller	3089	
		25989	Total

Total construction costs

1	Labour	7732	
2	Services	6371	
3	Travel costs	2050	
4	Equipment	25989	
		42142	Sum
5		4214	Design (10%)
6		8428	Margin (20%)
		54784	Total

Effects

The proposed solution enables:

- increasing lighting efficiency by reducing energy consumption (by applying energy-saving LED luminaires with automatic reduction of light levels when there is no traffic),
- improving the comfort of users staying after dark in Kombatantów Street (by installing new luminaires),
- reduction of CO₂ emissions by reducing the demand for electricity,
- presenting technical possibilities of new lighting solutions,
- indicating a need to limit light pollution by reducing the intensity of light and its proper installation, while maintaining comfort and safety of users and efficiency of lighting.

The developed concept of dynamic lighting at Kombatantów street shows that after implementing this solution, it will be possible to save 6294 kWh/year.

WPROWADZENIE

W niniejszym dokumencie przedstawiono koncepcję zastosowania inteligentnego oświetlenia na terenie Gminy i Miasta Lwówek Śląski dla ulicy Kombatantów. Przygotowanie koncepcji zostało poprzedzone analizą obecnego stanu oświetlenia oraz ilości energii aktualnie zużywanej na potrzeby jego zasilania. Określono również oczekiwania wobec oświetlenia publicznego dla miejsca realizacji pilotażowego projektu oraz zaproponowano innowacyjne rozwiązania zawierające elementy dynamicznego systemu sterowania oświetleniem.

W chwili obecnej oświetlenie tej ulicy obejmuje 13 słupów 6 metrowych (rozieszczonych wzdłuż głównego ciągu drogi, bez odgałęzień bocznych). Na maszcie słupów osadzono bez wysięgnika oprawy



oświetleniowe typu SGS firmy Philips. Jako źródło światła zastosowano 8 lamp sodowych wysokoprężnych o mocy 100W i 4 lampy sodowe wysokoprężne o mocy 70W. Dodatkowo oświetlenie uzupełnia 1 słup 8 metrowy przy zajeździe. Na słupie tym osadzona jest, na wysięgniku 1 metrowym, oprawa typu OUSC z lampą sodową wysokoprężną o mocy 100W.

Niniejszy dokument został opracowany w ramach realizacji projektu „DYNAMIC LIGHT - w kierunku inteligentnego i energooszczędnego oświetlenia miejskiego” (“Dynamic Light – Towards Dynamic, Intelligent and Energy Efficient Urban Lighting”). Projekt finansowany jest w ramach programu INTERREG Europa Środkowa dzięki środkom z Europejskiego Funduszu Rozwoju Regionalnego.

1. CELE DZIAŁANIA PILOTOWEGO

Ulica Kombatantów pełni przede wszystkim funkcję dojazdową do posesji oraz Parku Kombatantów. Przy ulicy nie znajdują się żadne zakłady przemysłowe. Działalność gospodarcza prowadzona jest tylko w ramach zajazdu. Przy ulicy istnieją również pozostałości po kempingu. Funkcja mieszkaniowa obszaru jest drugorzędna. Bezpośrednio przy ulicy Kombatantów znajduje się 1 posesja oraz 1 zajazd. Pozostałe 12 posesji znajduje przy 2 ulicach stanowiących odgałęzienie ulicy Kombatantów. Ulica ta od początku, na skrzyżowaniu z ulicą Graniczną prowadzi w górę. Po obu stronach ulica jest gęsto zadrzewiona.

Ulica Kombatantów jest więc drogą lokalną przeznaczoną dla ruchu lokalnego, która służy przede wszystkim jako droga dojazdowa do posesji domków jednorodzinnych oraz niewielkiego zajazdu. Wykorzystywana jest również jako przestrzeń rekreacyjna jako dojazd na pobliskie wzgórze i do Parku Kombatantów. Natężenie ruchu jest bardzo małe, a odbywa się z lub do miejsca zamieszkania, zajazdu i terenu rekreacyjnego. Z uwagi na nachylenie drogi oraz małą jej szerokość, ok.3,5m, prędkość pojazdów jest ograniczona i praktycznie nie przekracza 40km/h. Ponieważ na ulicy jest mały ruch i pełni ona funkcję dojazdową, celowe staje się ograniczenie natężenia oświetlenia po zmroku.

Propozycja dynamicznego sterowania oświetleniem ulicy Kombatantów, w tym rozjaśniania i przyciemniania oświetlenia w miarę zbliżania się lub opuszczania obszaru ulicy przez różnych użytkowników, ma przede wszystkim na celu ograniczenie zużycia energii elektrycznej w taki sposób, aby nie utracić funkcjonalności oświetlenia oraz poczucia komfortu i bezpieczeństwa przez użytkowników. Oprócz ograniczenia zużycia energii i zwiększenia efektywności oświetlenia publicznego, celem pilotażowego systemu oświetlenia dynamicznego jest:

- stworzenie możliwości przemieszczania się po ulicy w nocy pieszo, samochodem lub rowerem przy optymalnym poziomie natężenia oświetlenia oraz jednoczesnego maksymalnego oszczędzania energii w okresach, kiedy na ulicy nie ma ludzi, czy przemieszczających się pojazdów,
- zmniejszenie emisji dwutlenku węgla wskutek zmniejszenia zużycia energii,
- zmniejszenie zanieczyszczenia światłem i jego skutków dla fauny na obszarach położonych w pobliżu ulicy.

W przypadku realizacji zaproponowanego projektu pilotowego możliwe będzie przetestowanie i weryfikacja efektów działania dynamicznego systemu oświetlenia w celu lepszego opracowania



przyszłych koncepcji inteligentnego oświetlenia i zwiększenia wydajności publicznej sieci oświetleniowej w innych obszarach miasta Lwówek Śląski.

2. WYMAGANIA DOTYCZĄCE OŚWIETLENIA

Najważniejszym zadaniem oświetlenia jest: zapewnienie wszystkim użytkownikom wysokiej jakości oświetlenia całego obszaru drogi, zarówno jezdni, jak i chodnika, pobocza, ścieżki rowerowej itp.; dobrej widoczności, właściwego rozpoznania poruszających się pojazdów, osób, kształtów i barw; ograniczenia wpływu otoczenia na komfort widzenia, nie powodowania olśnienia (dyskomfortu widzenia spowodowanego zbytnią jaskrawością lub zbyt dużymi kontrastami pomiędzy jasnymi i ciemnymi miejscami); bezpieczeństwa uczestników ruchu w strefach konfliktowych.

Oświetlenie powinno być stosowane racjonalnie, powinno być kierowane w miejsca tego wymagające i nie powinno oświetlać innych obszarów, a także nie powinno irytować i przeszkadzać. Nieracjonalnie stosowane oświetlenie nie tylko wywołuje dyskomfort lub zmniejszenie zdolności postrzegania otoczenia, ale prowadzi także do tzw. zanieczyszczenia światłem mogącego wywoływać problemy u ludzi, bowiem zaburza funkcjonowanie zegara biologicznego, a także może być szkodliwe dla zwierząt.

Ponadto instalacja oświetleniowa powinna być energooszczędna. Wysoka jakość oświetlenia nie powinna jednocześnie prowadzić do nadmiernego zużycia energii elektrycznej, należy więc stosować rozwiązania nowoczesne i energooszczędne.

Propozycja zastosowania dynamicznego sterowania oświetleniem ulicy Kombatantów, polegająca na rozjaśnianiu i przyciemnianiu natężenia oświetlenia w miarę zbliżania się lub opuszczania obszaru ulicy przez różnych użytkowników, wiąże się zatem z redukcją zużycia energii elektrycznej. Oszczędzanie energii nie powinno być jednak uzyskiwane poprzez zmniejszenie oświetlenia w okresach największego nasilenia ruchu na ulicy, gdyż spowoduje to niepożądane obniżanie jakości otoczenia świetlnego. Natomiast w nocy, gdy ruch na ulicy praktycznie zanika, można z powodzeniem zredukować natężenie światła i rozjaśniać oświetlenie w momencie, gdy czujniki wykryją ruch.

Ulica Kombatantów jest ulicą prowadzącą na okoliczne wzniesienie. Ulica pozbawiona jest chodnika dla pieszych. Ulica posiada odgałęzienia prowadzące do strefy zamieszkania. Z uwagi na to, że ulica jest wąska, ma szerokość 3,5m, nie ma możliwości parkowania wzdłuż niej. W bok od ulicy Kombatantów znajduje się zajazd, przy którym jest nieutwardzony plac pełniący funkcję parkingu. Jest on oświetlony osobną lampą.

Zgodnie z Raportem Technicznym PKN-CEN/TR 13201-1:2016-02 określającym klasy oświetlenia ustanowione w normie EN 13201-2 jest to obszar konfliktowy, ponieważ ruch pieszych i rowerzystów może przecinać trasę samochodów, a tym samym należy zastosować większą klasę oświetleniową C (klasa oświetleniowa obszarów konfliktu). Aby ustalić dokładną klasę oświetlenia, należy skorzystać z Tabeli 2.1 zamieszczonej poniżej.

Dla poszczególnych parametrów uzyskano następujące wartości:

- **Prędkość:** pomimo że ograniczenie prędkości na ulicy Kombatantów wynosi 50 km/h, ruch jest raczej powolny (≤ 40 km/h). Przede wszystkim wynika to z faktu, że droga ma małą szerokość, a także z uwagi na wzdłużne nachylenie drogi. Mała szerokość drogi (ok. 3,5m) sprawia, że minięcie się dwóch pojazdów jest trudne. Nachylenie drogi, przy poruszaniu się z większą



- prędkością niż 30km/h, dodatkowo sprawia poczucie niebezpieczeństwa. Daje odpowiednią wartość wagową –1; zarówno w godzinach szczytowych jak i nocnych;
- Natężenie ruchu: ponieważ przez całą dobę natężenie ruchu jest niskie, ważona wartość zarówno dla godzin szczytowych jak i nocnych wynosi -1;
 - Rodzaj ruchu: obecność pieszych i możliwy ruch rowerzystów oraz ruchu samochodowego oznacza ruch mieszany i wartość wagową 1 dla obu pór;
 - Oddzielenie jezdni: chodnik nie jest wydzielony na całej długości ulicy. Dlatego zarówno piesi jak i rowerzyści muszą poruszać się po jezdni. Z tych względów przyjęto tutaj wartość wagową wynoszącą 1.
 - Zaparkowane pojazdy: Z uwagi na małą szerokość jezdni, pojazdy nie parkują na jezdni. Zaparkowanie auta na jezdni wiąże się z zablokowaniem przejazdu drogi. Przyjęto więc wartość wagowa 0;
 - Jasność otoczenia: Z uwagi na to, że teren wzdłuż drogi jest zalesiony oraz znajduje się tylko jeden obiekt mieszkalny i to na końcu drogi. Powoduje to, że otoczenie ulicy jest raczej ciemne Daje to wartość wagową równą 2.
 - Zadanie nawigacyjne: Zarówno piesi, rowerzyści oraz pojazdy muszą poruszać się po tej samej jezdni, a jezdnia ma małą szerokość (ok.3,5m). Sprawia to, że omijanie przeszkód na drodze jest trudne. Jednak z uwagi na mały ruch, konieczność ominięcia przeszkody występuje bardzo rzadko. Z uwagi na te dwa aspekty, przyjęto wartość wagową równą 1



Tabela. 2.1. Parametry służące do określenia klasy oświetlenia C i wartości wagowe tych parametrów wyznaczone dla ulicy Kombatantów.

Parametr	Opcje	Opis	Wartość wagi VW*	Wartość wagi VW dla ulicy Kombatantów	
				Godziny szczytu	Godziny nocne
Prędkość	Bardzo wysoka	$v \geq 100$ km/h	3	-1	-1
	Wysoka	$70 < v < 100$ km/h	2		
	Umiarkowana	$40 < v \leq 70$ km/h	0		
	Niska	$v \leq 40$ km/h	-1		
Natężenie ruchu	Wysokie		1	-1	-1
	Umiarkowane		0		
	Niskie		-1		
Rodzaj ruchu	Mieszany z dużym udziałem niezmotoryzowanych		2	1	1
	Mieszany		1		
	Wyłącznie motorowy		0		
Oddzielenie jezdni	Nie		1	1	1
	Tak		0		
Zaparkowane pojazdy	Obecne		1	0	0
	Nieobecne		0		
Jasność otoczenia	Wysoka	Okna wystawowe, boiska sportowe, reklamy, przystanki, obszary magazynowe	1	2	2
	Umiarkowana	Normalna sytuacja	0		
	Niska		2		
Zadanie nawigacyjne	Bardzo trudne		2	1	1
	Trudne		1		
	Łatwe		0		
Suma wszystkich współczynników wagowych VWS				3	3
Klasa oświetlenia ($C = 6 - VWS$)				C3	C3
*Wartości podane w kolumnach są przykładowe. Możliwe jest przyjęcie wartości bardziej odpowiednich na poziomie krajowych wymagań.					



Rys. 2.1 Dolny fragment ulicy Kombatantów, początek ulicy, skrzyżowanie z ulicą Graniczną.



Rys. 2.2. Ulica Kombatantów na wysokości odgałęzień do strefy zamieszkania.



Rys. 2.3. Środkowy fragment ulicy Kombatantów, na wysokości zajazdu (widoczny po lewej stronie).



Rys.2.4 Górny fragment ulicy Kombatantów, widok w dół drogi na skrzyżowanie dojazdu do zajazdu



Rys.2.5 Górny fragment ulicy Kombatantów, widok w górę



Rys.2.6. Górny końcowy fragment ulicy Kombatantów

Suma wszystkich współczynników wagowych VWS wynosi 3, co daje ostateczną klasę oświetlenia C3 ($C = 6 - VWS = 6 - 3 = 3$). Przeprowadzone obliczenia wykazują tę samą klasę oświetleniową w obu przypadkach.

Zgodnie z Tabelą 2 normy PN-EN 13201-2:2016-03 (patrz Tab. 2.2) definiującej wymagania funkcjonalne, określane jako klasy oświetleniowe do oświetlenia drogowego, klasa C3 powoduje następujące wymagania dla ulicy Kombatanatów:

- Minimalna wartość średniego natężenia oświetlenia \bar{E} : 15 lx (średnie natężenie oblicza się jako średnią arytmetyczną z wartości zmierzonych w poszczególnych punktach siatki wyznaczonej na obszarze pomiarowym);
- Równomierność ogólna natężenia oświetlenia nawierzchni drogi U_o : 0,4 (minimalna wartość), którą oblicza się jako stosunek najmniejszego natężenia występującego w jednym z punktów siatki pomiarowej do średniego natężenia.

Tabela 2.2. Klasy oświetleniowe C na podstawie natężenia oświetlenia nawierzchni drogi (zgodnie z PN-EN 13201-2:2016-03 Oświetlenie dróg -- Część 2: Wymagania eksploatacyjne).

Klasa	Poziome natężenie oświetlenia	
	\bar{E} [lx] (zachowana wartość minimalna)	U_o (wartość minimalna)
C0	50	0,40
C1	30	0,40
C2	20	0,40
C3	15	0,40
C4	10	0,40
C5	7,5	0,40

Metodę wyznaczania parametrów oświetlenia drogowego określa norma PN-EN 13201-3:2016-03 Oświetlenie dróg -- Część 3: Obliczenia parametrów oświetleniowych. W obszarze pomiarowym wyznacza się siatkę pomiarową z punktami, w których mierzy się wartości badanego parametru (w przypadku klas oświetleniowych C natężenia oświetlenia). Sposób wyznaczania zarówno obszaru pomiarowego jak i siatki w jego obrębie podaje ww. norma.

3. CHARAKTERYSTYKA PLANOWANEGO OŚWIETLENIA

3.1. Stan istniejący

Obwód oświetleniowy ulicy Kombatantów zasilany jest z szafki oświetleniowej SO22 (rys.3.1).



Rys.3.1. Szafka oświetleniowa



Rys.3.2. Widok wyposażenia szafki oświetleniowej SO22

Szafka SO22 wyposażona jest w 3 fazowe zabezpieczenie przelicznikowe w postaci 3 rozłączników bezpiecznikowych topikowych 6,5kA (po jednym na każdą fazę), 3 fazowy licznik energii. Z szafki oświetleniowej SO22 zasilane są 3 obwody lamp oświetlenia ulicznego. Pierwszy obwód oświetleniowy zasila 4 lampy w górnej części ulicy. Są to 4 lampy na słupach oświetleniowych, licząc od skrzynki oświetleniowej do końca górnej utwardzonej części ulicy Kombatantów, oznaczonych jako 1/I, 2/I,

3/I, 4/I. Drugi obwód oświetleniowy zasila tylko 1 lampę, która świeci na parking przy zajeździe. Słup oświetleniowy tej lampy oznaczony jest jako 1/II. Trzeci obwód oświetleniowy zasila 14 lamp (w tym jedną z podwójnym wysięgnikiem i dwoma oprawami oświetleniowymi). 8 z tych lamp usytuowanych jest na słupach oświetleniowych wzdłuż ulicy Kombatantów, licząc od skrzynki oświetleniowej w dół drogi, oznaczonych jako 1/III, 2/III, 3/III, 4/III, 5/III, 9/III, 10/III, 13/III i 14/III. Pozostałe lampy oświetlają w obrębie strefy zamieszkania 2 ulice, które są odgałęzieniem ulicy Kombatantów. Są to lampy na słupach 6/III, 7/III, 8/III, słup bez oznaczenia (dla górnego odgałęzienia drogi) oraz lampy na słupach 11/II (słup z dwoma oprawami oświetleniowymi) i 12/III. Orientacyjne rozmieszczenie lamp pokazano na Rys. 3.3.



Rys.3.3 Rozmieszczenie lamp obwodów oświetleniowych (oznaczonych jako I, II i III) zasilanych ze skrzynki oświetleniowej SO22

Sterowanie włączaniem i wyłączaniem oświetlenia odbywa się zegarem astronomicznym lub ręcznie ze skrzynki oświetleniowej. Załączenie wszystkich 3 obwodów realizowane jest za pomocą stycznika ESB 63-40 firmy ABB. Stycznik ten sterowany za pomocą cyfrowego programatora astronomicznego CPA3.0 firmy Rabbit. Użytkownik tego sterowania ma możliwość pełnej modyfikacji programu pracy. Przy pomocy wbudowanych przycisków może on ustawić opóźnienie załączenia po zachodzie słońca, wyłączenia przed wschodem słońca oraz godziny załączenia i wyłączenia niskiej taryfy (NT). Korekta załączenia i wyłączenia jest możliwa w przedziale od -120 min do +120 min. W sterowniku można



wprowadzić ruchomą przerwę nocną z możliwością jej blokady w dni wolne i święta. Wewnętrzne liczniki czasu pracy oświetlenia pozwalają na ocenę stopnia zużycia źródeł światła. Sterownik może współpracować z dowolnym wyłącznikiem zmierzchowym.

Obwody oświetleniowe I i III zasilane są 3 fazowo. Obwód oświetleniowy II zasilany jest 1 fazą (jedna lampa). Zabezpieczenie nadprądowe obwodów oświetleniowych stanowi 7 bezpieczników z wkładką topikową 25A. Każda z faz zasilających poszczególne obwody oświetleniowe posiada osobny bezpiecznik (Obwód I i III – 3 bezpieczniki, 3 fazy; Obwód II – 1 bezpiecznik, 1 faza)

Zasilanie ze skrzynki oświetleniowej SO22 do słupów oświetleniowych poprowadzone jest, dla obwodów I i III, kablem elektroenergetycznym 4 żyłowym o przekroju żyły 25mm², a dla obwodu II kablem 4 żyłowym o przekroju żyły 16mm² (wykorzystywane 2 przewody).

Do oświetlenia zastosowano lampy wyladowcze wysokoprężne sodowe. Rodzaje słupów oświetleniowych, opraw oświetleniowych oraz moce użytych źródeł światła zestawiono w tabeli 3.1.

Tabela 3.1. Zestawienie lamp obwodów oświetleniowych skrzynki SO22

Nr słupa lampy	Słup	Oprawa	Lampa	Moc [W]	Styl oprawy	Mocowanie	Wysokość słupa [m]
14/III	stalowy ocynkowany 8-kątny	SGS	wysokoprężna sodowa	100	drogowa	bez wysięgnika	6
13/III	stalowy ocynkowany 8-kątny	SGS	wysokoprężna sodowa	100	drogowa	bez wysięgnika	6
12/III	stalowy ocynkowany 8-kątny	SGS	wysokoprężna sodowa	100	drogowa	bez wysięgnika	6
11/III	stalowy ocynkowany 8-kątny	2xOUSC	wysokoprężna sodowa	2x100	drogowy	wysięgnik 1m 2-ramienny	6
10/III	stalowy ocynkowany 8-kątny	SGS	wysokoprężna sodowa	100	drogowa	bez wysięgnika	6
9/III	stalowy ocynkowany 8-kątny	SGS	wysokoprężna sodowa	100	drogowa	bez wysięgnika	6
bez ozn.	stalowy ocynkowany 8-kątny	OZP	wysokoprężna sodowa	70	parkowa	bez wysięgnika	6
8/III	stalowy ocynkowany 8-kątny	OZP	wysokoprężna sodowa	70	parkowa	bez wysięgnika	6
7/III	stalowy ocynkowany 8-kątny	OZP	wysokoprężna sodowa	70	parkowa	bez wysięgnika	6
6/III	stalowy ocynkowany 8-kątny	OZP	wysokoprężna sodowa	70	parkowa	bez wysięgnika	6
5/III	stalowy ocynkowany 8-kątny	SGS	wysokoprężna sodowa	100	drogowa	bez wysięgnika	6
4/III	stalowy ocynkowany 8-kątny	SGS	wysokoprężna sodowa	100	drogowa	bez wysięgnika	6
3/III	stalowy ocynkowany 8-kątny	SGS	wysokoprężna sodowa	100	drogowa	bez wysięgnika	6
2/III	stalowy ocynkowany 8-kątny	SGS	wysokoprężna sodowa	100	drogowa	bez wysięgnika	6
1/III	stalowy ocynkowany 8-kątny	SGS	wysokoprężna sodowa	100	drogowa	bez wysięgnika	6
1/II	stalowy ocynkowany 8-kątny	OUSC	wysokoprężna sodowa	100	drogowa	wysięgnik 1m 1-ramienny	8
1/I	stalowy ocynkowany 8-kątny	SGS	wysokoprężna sodowa	70	drogowa	bez wysięgnika	6
2/I	stalowy ocynkowany 8-kątny	SGS	wysokoprężna sodowa	70	drogowa	bez wysięgnika	6
3/I	stalowy ocynkowany 8-kątny	SGS	wysokoprężna sodowa	70	drogowa	bez wysięgnika	6
4/I	stalowy ocynkowany 8-kątny	SGS	wysokoprężna sodowa	70	drogowa	bez wysięgnika	6



a) Oprawa SGS (wzdłuż głównej drogi)



b) Oprawa OUSC (na parkingu przy zajezdzie)



c) Oprawa typu OZP (strefa zamieszkania)
zamieszkania)



d) Oprawa OUSC wysięg. 2 ram. (strefa

Rys.3.4. Zastosowane oprawy oświetleniowe obwodów skrzynki oświetleniowej SO22

3.2. Dynamiczne sterowanie oświetleniem

Głównym celem wprowadzenia (nadażnego) dynamicznego oświetlenia jest ograniczenie zużycia energii elektrycznej przy jednoczesnym ograniczeniu skutków zmniejszenia natężenia oświetlenia dla użytkowników ulicy.

Obecnie oświetlenie ulicy Kombatantów zbudowane jest w oparciu o sodowe źródła światła. W związku z tym istnieje możliwość znacznego zmniejszenia zużycia energii poprzez wymianę opraw i zastosowanie źródeł światła typu LED.

Kolejnym elementem wpływającym na ograniczenie poboru energii przez oświetlenie ulicy Kombatantów może być zmiana w sposobie załączania oświetlenia. Obecne sterowanie załączaniem oświetlenia jest rozwiązaniem pasywnym, sterowanym czasowo z wykorzystaniem zegara astronomicznego lub ręcznie. Każdorazowo włączone oświetlenie pobiera pełną moc. Możliwa jest tu zmiana sterowania czasem włączenia i wyłączenia oświetlenia. Jednak zmiana taka nie spowoduje zmniejszenia zużycia energii tego oświetlenia, bez pogorszenia komfortu dla użytkowników tej ulicy. Z uwagi na małe natężenie ruchu na ulicy nie jest konieczne, aby oświetlenie pracowało pełną mocą w całym okresie załączenia. Dlatego w tym przypadku celowe jest rozważenie zastosowania systemu dynamicznego sterowania oświetleniem. Umożliwi to dodatkowe zmniejszenie zużycia energii w czasie braku ruchu na ulicy.,

Dla projektowanego nadażnego oświetlenia zaproponowano pozostawienie zegara astronomicznego i uzupełnienie go o składnik interaktywny. W związku z tym założono, że projektowany system dynamicznego oświetlenia ma umożliwić:

- Nadrzędne ręczne włączanie i wyłączanie instalacji oświetleniowej,
- Sterowanie włączeniem i wyłączeniem oświetlenia zegarem astronomicznym,
- Automatyczne sterowanie intensywnością pracy, niezależnie każdą oprawą oświetleniową,
- Monitorowanie natężenia ruchu ulicznego niezbędne do automatycznego sterowania oświetleniem.

W podstawowym rozwiązaniu przewiduje (zakłada) się, że system nadażnego sterowania oświetleniem składać się będzie ze sterownika centralnego, czujników intensywności ruchu, sterownika mocy oprawy oświetleniowej. Ponadto system musi zapewnić przesyłanie sygnałów sterujących pomiędzy czujnikami i sterownikiem centralnym oraz sterownikiem centralnym i sterownikami mocy źródeł światła.

Sterownik centralny ma mieć:

- niezależne sterowanie 13 opraw oświetleniowych,
- programowalne sterowanie mocą źródeł światła,
- zachowanie przynajmniej 5 stopniowej redukcję mocy dla każdej oprawy,
- zegar astronomiczny do automatycznego włączania i wyłączania obwodu oświetleniowego,
- możliwość ręcznego nadrzędnego sterowania włączeniem i wyłączeniem oświetlenia,
- możliwość pobieranie sygnałów z detektorów intensywności ruchu,
- komunikację sterowania zgodną z czujnikami ruchu i sterownikami lokalnymi mocy źródeł światła opraw oświetleniowych.

Opcjonalnie należy rozważyć możliwość posiadania przez sterownik centralny:

- zdalnego udostępniania stanu pracy obwodu oświetleniowego,



- zdalnego sterowania pracą obwodu oświetleniowego.

Przewiduje się instalację sterownika centralnego w dodatkowej skrzynce oświetleniowej zlokalizowanej w pobliżu obecnej skrzynki oświetleniowej SO22, przy ulicy Kombatantów. W ramach układu sterownika centralnego należy uwzględnić: kontroler do automatycznego sterowania oświetleniem, zabezpieczenie przed skutkami zwarcia, zasilacz urządzeń systemu, punkt dostępowy do monitorowania pracy systemu, urządzenia do transmisji sygnałów sterujących, przyciski ręcznego przełączania trybu pracy sterowania. Ponadto należy rozważyć zainstalowanie ogranicznika przepięć.

Urządzenia sterownika będą instalowane w warunkach zewnętrznych (poza budynkiem) w skrzynce instalacyjnej. Powinny one być przystosowane do pracy w zakresie temperatur od -25°C do 65°C lub skrzynkę instalacyjną należy wyposażyć w urządzenia stabilizujące temperaturę np. grzałkę. Urządzenia powinny posiadać stopień ochrony zabezpieczający przed włożeniem ciał obcych oraz zbierającej się rosy wewnątrz skrzynki. Dlatego proponuje się zastosować urządzenia ze stopniem ochrony przynajmniej IP44

Czujniki ruchu mają umożliwić:

- Wykrywanie ruchu przemieszczających się pojazdów
- Wykrywanie ruchu pieszych
- Wykrywanie ruchu rowerzystów
- Przesłanie informacji o zdarzeniu do sterownika centralnego
- Komunikację zgodną ze sterownikiem centralnym

Tabela3.2 Odległość pomiędzy słupami oświetleniowymi wzdłuż ulicy Kombatantów

Od słupa	Do słupa	Odległość
4/I	3/I	39,0m
3/I	2/I	34,0m
2/I	1/I	37,5m
1/I	1/III	45,0m
1/III	2/III	27,0m
2/III	3/III	34,5m
3/III	4/III	37,0m
4/III	5/III	34,0m
5/III	9/III	37,0m
9/III	10/III	41,0m
10/III	13/III	36,0m
13/III	14/III	36,0m

Przewiduje się instalację sensorów ruchu, które sumarycznym zasięgiem obejmą główną drogę ulicy Kombatantów (bez odgałęzień bocznych stref zamieszkania i parkingu przy zajeździe). Ponieważ

odległość między słupami oświetleniowymi wynosi od 27m do 45m (średnio 36,5m), co pokazuje tabela 3.2. W związku z tym przyjęto, że minimalny zakres w kierunku skanowania pojedynczego czujnika powinien wynosić odległość między słupami oświetleniowymi, czyli od 27 do 45m. Szerokość zakresu skanowania czujnika wynika z szerokości ulicy, która nie posiada chodnika i wynosi nie więcej niż 3,5m. Przewiduje się przy tym, że czujniki obejmą swym zasięgiem całą główną część ulicy Kombatantów, co dla 13 słupów oświetleniowych zlokalizowanych wzdłuż ulicy, daje 13 czujników.

Sterowniki mocy mają umożliwić:

- Zasilanie źródła światła oprawy oświetleniowej o odpowiedniej dla tego źródła wartości napięcia oraz prądu zasilania
- Sterowanie intensywnością świecenia źródła światła poprzez sterowanie mocą z zachowaniem przynajmniej 5 stopniowej redukcji mocy
- Komunikację zgodną ze sterownikiem centralnym

Sterownik mocy jest bezpośrednio związany z panelem LED, który jest źródłem światła. Jest on, pod względem parametrów dobrany do tego źródła światła tak, aby zapewnić jego właściwe zasilanie i sterowanie mocą. Poszczególne panele LED mogą różnić się mocą oraz rodzajem lub wartością napięcia zasilania. Mogą one być o mocy od 10W do ponad 150W. Mogą być przystosowane do zasilania napięciem stałym (DC) lub zmiennym (AC) od 24V do nawet 350V. Dlatego do zasilania paneli LED stosuje się sterownik mocy (regulacja mocy) lub zasilacz (stała moc), który dopasowuje zasilanie źródła światła do źródła zasilania energii elektrycznej. Sterowniki mocy lub zasilacze montowane są w oprawie oświetleniowej, razem z panelem LED lub tworzą z tym panelem integralną całość.

Obecnie w oprawach oświetleniowych ulicy Kombatantów zastosowano jako źródła światła lampy wysokoprężne wyladowcze sodowe. Moc tych lamp wynosi 70W i 100W. W ramach tego projektu, do wdrożenia dynamicznego sterowania oświetleniem, założono wymianę źródeł światła z lamp wyladowczych na lampy typu LED o mocy 27W. Jako źródło światła można zastosować np. oprawę typu 4750 URBINI LED 740 O10 700II firmy LUG, która została dobrana według obliczeń fotometrycznych wykonanych 23.10.2017 roku przez firmę LUG w ramach projektu nr P13-PP-PWI20102017, dla Gminy Lwówek Śląski. Sytuacja 21 (lub 25) – szerokość do 4,5m, wysokość centrum foto 6,5m, odległość opraw do 50m

System komunikacji ma umożliwić:

- niezawodny przepływ sygnałów z czujników ruchu do sterownika centralnego, niezależnie dla każdego czujnika,
- niezawodny przepływ sygnałów sterujących sterownikiem mocy oprawy oświetleniowej, niezależnie dla każdej oprawy,
- prostą instalację i podłączenie do istniejącego obwodu oświetlenia ulicy Kombatantów,
- obsługę przez urządzenia dostępne na rynku.

W dynamicznym sterowaniu oświetleniem stosowane są urządzenia z protokołem komunikacyjnym DALI (Digital Addressable Lighting Interface). Normalizacja tego interfejsu zawarta jest w dokumencie IEC (EN) 60929 E4. Ten ogólnodostępny standard elektronicznej regulacji oświetlenia został stworzony przez czołową grupę producentów opraw i instalacji oświetleniowych takich jak Osram, Lutron, Philips Lighting i Tridonic. Oczywiście, do sterowania oświetleniem można wykorzystać dowolny protokół komunikacyjnych stosowany w urządzeniach automatyki. Jednak,

obecnie prawie wszystkie urządzenia dedykowane do sterowania oświetleniem, produkowane przez wiele firm, wspierają protokół DALI. Umożliwia to skonstruowanie kompletnego systemu oświetleniowego w oparciu o komponenty dowolnych producentów. Dlatego przyjęto, że system dynamicznego sterowania oświetleniem będzie oparty na komunikacji z wykorzystaniem protokołu DALI.

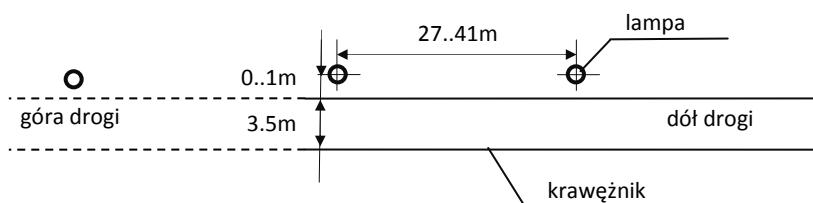
W systemie DALI urządzenia sterownicze włączone są równolegle do magistrali sterującej. W ramach jednej magistrali możliwe jest niezależne adresowanie 64 urządzeń. W przypadku konieczności użycia i adresowania większej ilości urządzeń istnieje konieczność i możliwość podziału na strefy. Strefy te mogą być obsługiwane przez kolejne wydzielone magistrale DALI. Wszystkie magistrale mogą być zintegrowane poprzez sieci nadrzędne np. KNX, BACnet, MODBUS, LonWorks itp. Należy wówczas skorzystać z dodatkowych urządzeń pośredniczących, które stosuje się w sterowaniu procesami automatyki przemysłowej. Ponieważ jednak projektowane dynamiczne oświetlenie ulicy Kombatantów zakłada użycie 13 sensorów ruchu oraz obsługę 11 opraw oświetleniowych, co w sumie daje 24 punktów adresowych, dlatego nie ma konieczności podziału tego sterowania na strefy.

Podstawowy interfejs DALI realizowany jest za pomocą magistrali dwużyłowej. Do zasilania tej magistrali wymagany jest moduł zasilający. Z uwagi na spadek napięcia na przewodach sterujących, który nie może być większy niż 2V, podstawowe rozwiązanie umożliwia przesłanie sygnałów na odległość do 300m. Dla większych odległości, jak to ma miejsce w przypadku obwodu oświetleniowego ulicy Kombatantów, konieczne jest użycie innego nośnika transmisji sygnałów. Odległość skrzynki oświetleniowej do szczytu najbardziej oddalonej lampy to 305m.

4. DYNAMICZNE ZMIANY CECH OŚWIETLENIA

4.1. Zakres wykrywania ruchu

Ulica Kombatantów, na całej swojej długości ma szerokość 3,5m. Część dolna (północo-zachodnia) ulicy, do zjazdu, ma nową nawierzchnię asfaltową. Na tym odcinku, po obu stronach, jezdnie ograniczona jest krawężnikami. W górnej części (południowo-wschodniej), od zjazdu do zjazdu w górę drogi, jezdnie posiada starą nawierzchnię asfaltową. Jej szerokość nie ograniczają krawężniki. Ulica na całej swojej długości nie ma chodnika, ani ścieżki rowerowej. Każdy rodzaj ruchu, zarówno pieszy jak i pojazdami odbywa się po jezdni.



Rys.4.1. Schemat układu ulicy Kombatantów

W ramach tego projektu przyjęto, że dynamiczne sterowanie oświetleniem wykonywane będzie wzdłuż głównego ciągu drogi, bez odgałęzień bocznych do strefy zamieszkania, a także bez parkingu przy zajeździe. Przyjęto również, że końcowe lampy, na obu końcach drogi, będą w porze od zmroku do

świtu zapalone na stale. Dotyczy to lampy świecącej na skrzyżowanie z ulicą Graniczną w dolnej części oraz ostatniej lampy przy posesji w górnej części drogi.

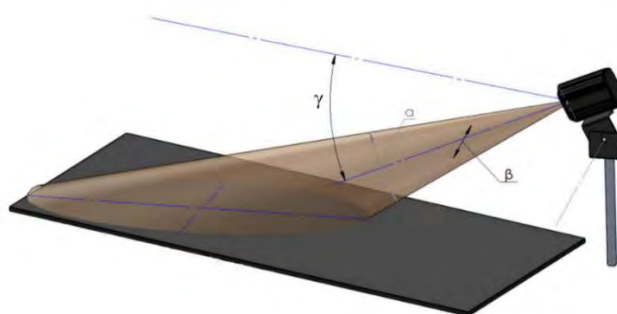
W celu zapewnienia prawidłowego oświetlenia wiązka skanująca (sterująca włączaniem lamp) powinna obejmować obszar szerokości równy szerokości jezdni czyli 3,5m oraz długości równej odstępowi pomiędzy kolejnymi słupami oświetleniowymi. Dla ulicy Kombatanów w Lwówku Śląskim szerokość ulicy wynosi 3,5m na całej długości, a odległość między kolejnymi słupami oświetleniowymi wynosi od 27m do 41m.

Na rynku dostępne są głównie trzy typy czujników ruchu: aktywne, "radarowe" - wysyłające i odbierające fale elektromagnetyczne (radar dopplerowski); aktywne, ultradźwiękowe – wysyłające i odbierające fale ultradźwiękowe; pasywne, na podczerwień (RIP) – wykrywające zmiany w promieniowaniu podczerwonym.

Czujniki pasywne na podczerwień, mają małe zasięgi detekcji ruchu, są wrażliwe na zmiany temperatury otoczenia. Niewątpliwą zaletą ich jest niska cena i powszechna dostępność na rynku. W związku z tym są one powszechnie stosowane do dynamicznego sterowania oświetleniem w pomieszczeniach. Czujki mikrofalowe mają ta zaletę, że nie są wrażliwe na zmiany temperatury otoczenia i zmiany temperatury poruszającego się obiektu. Mają również większe zasięgi wykrywania ruchu. Czujniki tego typu mają jednak zwykle wyższą cenę.

Ponadto istnieją rozwiązania takie jak systemy laserowe lub oparte na kamerze. Czujniki laserowe są specjalnym typem czujników. W czujnikach laserowych wykorzystywany jest generator wiązki laserowej. Każdorazowe przerwanie ciągłości wiązki laserowej generuje uruchomienie systemu. Najmłodsze rozwiązanie detekcji ruchu oparte jest na analizie obrazu z kamery. Rozwiązania te są obecnie rozwiązaniami specjalnymi i nie są powszechnie dostępne na rynku.

Z uwagi na duży zasięg czujników radarowych, nawet 50m w opracowaniu jako detektor ruchu przyjęto czujnik radarowy (mikrofalowy). Czujniki te mają ograniczoną szerokość wiązki skanującej. W rozwiązaniu przyjęto czujniki radarowy o szerokości wiązki skanującej w poziomie $\alpha=20^\circ$ oraz w pionie $\beta=18^\circ$. Przyjęto, że czujnik ten będzie zainstalowany na wysokości 4m, na słupie latarni ulicznej. Kąty charakteryzujące wiązkę skanującą przedstawia rys.4.2



Rys.4.2. Wiązka skanująca detektora ruchu

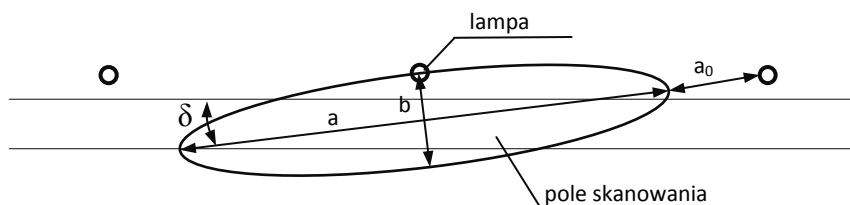
Tabela 4.1. Pola skanowania w zależności od ustawienia detektora

α	β	γ	δ	h	a_0	a	B
20°	18°	12,0°	6°	4m	9,9m	52,3m	9,9m
		12,5°			9,7m	41,0m	8,0m
		13,0°			9,4m	33,4m	6,9m
		13,5°			9,2m	28,1m	5,9m

		14,0°			9,0m	24,1m	5,3m
		14,5°			8,8m	21,0m	4,8m
		15,0°			8,6m	18,6m	4,3m

Gdzie: α – kat wzdłużny wiązki skanującej, β – kat poprzeczny wiązki skanującej, γ – kat pochylenia osi wiązki skanującej, δ – kat ustawienia wiązki skanującej, h – wysokość instalacji detektora (wiązki skanującej), a_0 – przesunięcie pola skanowania, a – długość pola (elipsy) skanowania, b szerokość pola (elipsy) skanowania.

Dla przyjętego detektora o parametrach $\alpha=20^\circ$, $\beta=18^\circ$ i montażu jego na wysokości $h = 4\text{m}$, dla różnych kątów pochylenia wiązki skanującej wyliczono parametry pola skanującego ruch. Wartości te zestawiono w tabeli 4.1. Jako najbardziej optymalny przyjęto kąt pochylenia wiązki skanującej $\gamma=12,5^\circ$, dla której pole elipsy skanującej ma wymiary $a=41,0\text{m}$ i $b=8,0\text{m}$. Ustawienie takie umożliwi skanowanie ruchu w obrębie jednej lampy, obejmując swym zasięgiem (na zakładkę) pola skanowania pod sąsiednimi lampami co ilustruje rys. 4.3.



Rys.4.3. Pole skanowania przyjętego detektora ruchu

4.2. Zakres oświetlania

Oświetlenie drogi ma przede wszystkim poprawić bezpieczeństwo poruszania się osób i pojazdów po zmroku. Jednym z wyznaczników tego bezpieczeństwa jest odpowiednio wczesne dostrzeżenia przeszkody znajdującej się na drodze tak, aby możliwa była reakcja i zatrzymanie się przed kontaktem z przeszkodą. Wymaga to oświetlenia odcinka drogi równego przynajmniej drodze hamowania. Dlatego przyjęto, że ilość lamp, które zostaną zapalone będzie oświetlać odległość odpowiadającą drodze hamowania. Drogę hamowania obliczono jako sumę drogi s_2 przebytej w czasie reakcji na bodziec dostrzeżenia przeszkody i drogi s_1 przebytej podczas zmniejszania prędkości.

$$s = s_2 + s_1$$

Drogę s_2 przebytą w czasie reakcji obliczono zgodnie z zależnością

$$s_2 = v \cdot t_r$$

drogę s_1 przebytą w trakcie zmniejszania prędkości obliczono zgodnie z zależnością.

$$s_1 = \frac{v^2}{2 \cdot g \cdot \mu}$$

Tabela 4.2 droga hamowania

v km/h	v m/s	s ₂ m	s ₁ m	s = s ₁ +s ₂ m
2	0,56	0,45	0,05	1
10	2,78	2,22	1,31	4

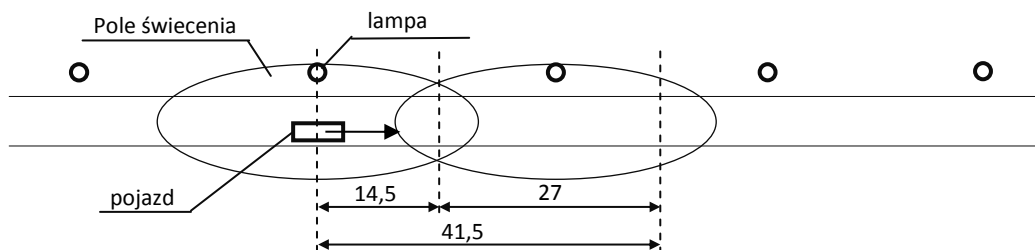
v km/h	v m/s	s ₂ m	s ₁ m	s = s ₁ +s ₂ m
63	17,50	14,00	52,03	67
70	19,44	15,55	64,21	80

20	5,56	4,45	5,25	10
24	6,67	5,34	7,56	13
30	8,33	6,66	11,79	19
40	11,11	8,89	20,97	30
47	13,06	10,45	28,98	40
50	13,89	11,11	32,78	44
60	16,67	13,34	47,21	61

75	20,83	16,66	73,72	91
80	22,22	17,78	83,88	102
85	23,61	18,89	94,70	114
87	24,17	19,34	99,25	119
90	25,00	20,00	106,18	127
98	27,22	21,78	125,88	148
100	27,78	22,22	131,11	154

Do obliczenia drogi hamowania przyjęto czas reakcji kierowcy $t_r=0,8s$, współczynnik tarcia gumy o nawierzchnię moką $\mu=0,3$, oraz przyspieszenie ziemskie $g=9,81m/s^2$. Dla tych wartości wyznaczono przewidywaną drogę hamowania. Wyliczone wartości drogi hamowania zestawiono w tabeli 4.2.

Przykładowo z zestawienia tego wynika, że dla prędkości 40km/h, dla której droga hamowania wynosi 30m (tab. 4.2), przy minimalnym rozstawie lamp 27m, aby oświetlić całkowitą drogę hamowania wymagane jest zapalenie 1 lampy w przód. Pokazuje to rys.4.4 ($30m \leq 14,5m + 27m = 41,5m$). Daje to wymagany zakres oświetlonej drogi w przód równy 40,5m. Zakresy świecenia dla od 0 do 4 lamp zapalonych w przód zestawiono w tabeli 4.3.



Rys.4.4. Oświetlony zakres drogi dla zapalonej 1 lampy w przód

Tabela 4.3. Zakres świecenia

n	l
	m
0	13,5
1	40,5
2	67,5
3	94,5
4	121,5

Gdzie: n – ilość lamp zapalonych w przód, l – zakres świecenia.

Tabela 4.4. Zestawienie progów prędkości wykrywanych przez detektor ruchu.

n	max v_{gr}	s	5 progów	4 progi	3progi	2progi	1 próg
	km/h	m	km/h	km/h	km/h	km/h	km/h
0	24	13	2	2	2	2	2
1	47	40	24	2	2	2	2
2	63	67	40	40	40	40	2
3	75	91	60	60	60	40	2
4	87	119	75	75	60	40	2



Handlowe mikrofalowe detektory ruchu wykrywają ruch po przekroczeniu określonego (ustawionego w czujniku) progu prędkości. W tabeli 4.4. zestawiono wartości przekroczenia progów prędkości dla detektorów (czułości), które mają możliwość wykrywania od 1 do 5 progów prędkości.

W opracowaniu zaproponowano jako optymalne użycie detektora wykrywającego 1 zakres prędkości: do 40km/h (wytluszczone w tabeli 4.4). Z uwagi na szerokość jezdni oraz nachylenie drogi, poruszanie się na ulicy Kombatantów z prędkością większą niż 40km/h jest niebezpieczne dla kierującego pojazdem.

Przyjęto więc, 1 próg prędkości tak, że po wykryciu ruchu zapalona zostanie 1 lampa w przód. Daje to dla obszaru skanowania detektora w zakresie 1 lamp 14,5m+27m = 41,5m oświetlonej drogi w przód.

Dla dociekliwych:

Wzór na drogę podczas zmniejszania prędkości wyprowadzono rozumując następująco:

Silę tarcia ślizgowego wyraża zależność:

$$T = \mu \cdot N$$

Gdzie T – siła tarcia, μ – współczynnik tarcia, N – ciężar nacisku

Jeżeli przyjmiemy, że siła tarcia powoduje jednostajne opóźnienie poruszającego się obiektu, to wówczas:

$$T = m \cdot (-a)$$

Gdzie: T : Siła tarcia, m: masa poruszającego się obiektu, a :wartość opóźnienia obiektu

Ponieważ siła nacisku N jest równa:

$$N = m \cdot g$$

Gdzie: N – siła nacisku, g: przyspieszenie ziemskie

Stąd po podstawieniu do pierwszej zależności tak wyznaczonej siły tarcia i siły nacisku, otrzymujemy zależność:

$$-m \cdot a = \mu \cdot m \cdot g$$

Po skróceniu m, otrzymano wartość przyspieszenia będącego skutkiem działania siły tarcia:

$$a = -\mu \cdot g$$

Ze wzoru na prędkość w ruchu jednostajnie przyspieszonym

$$a = \frac{v - v_0}{t - t_0}$$

Gdzie: t :czas działania przyspieszania (opóźnienia), a :przyspieszenie (opóźnienie), v_0 :prędkość początkowa, v :prędkość końcowa.

Przyjmując prędkość końcową (zatrzymanie) $v=0\text{m/s}$ oraz czas początkowy $t_0=0\text{s}$ otrzymujemy:

$$a = \frac{-v_0}{t}$$

Po przekształceniu i podstawieniu $a = \mu \cdot g$, czas do zatrzymania wynosi:

$$t = \frac{-v_0}{a} = \frac{-v_0}{-\mu \cdot g} = \frac{v_0}{\mu \cdot g}$$

Drogę w ruchu jednostajnie przyspieszonym oblicza się ze wzoru

$$s = s_0 + v_0 \cdot t + \frac{a \cdot t^2}{2}$$

Gdzie: s_0 : wartość początkowa drogi

Przyjmując wartość początkowa drogi $s_0 = 0\text{m}$ otrzymano:

$$s = v_0 \cdot t + \frac{a \cdot t^2}{2}$$

Po podstawieniu $a = -\mu \cdot g$ oraz uzyskano:

$$s = v_0 \cdot t - \frac{\mu \cdot g \cdot t^2}{2}$$

Po podstawieniu $t = \frac{v_0}{\mu \cdot g}$, wartość drogi do zatrzymania pod wpływem tarcia wynosi:

$$s = v_0 \cdot \frac{v_0}{\mu \cdot g} + \frac{\mu \cdot g \cdot \left(\frac{v_0}{\mu \cdot g}\right)^2}{2} = \frac{v_0^2}{\mu \cdot g} - \frac{v_0^2}{2 \cdot \mu \cdot g} = \frac{v_0^2}{2 \cdot \mu \cdot g}$$

Czas reakcji kierowcy przyjęto na podstawie artykułu autorstwa Marek Guzek, Krzysztof Kobyłański, pt.: „Badanie czasu reakcji kierowców z wykorzystaniem urządzenia MCR – 2001E”, który ukazał się w zeszycie 96, wydanym w 2013 roku, przez Oficynę Wydawniczą Politechniki Warszawskiej w czasopiśmie Prace Naukowe Politechniki Warszawskiej - Transport. W artykule tym przedstawiono wyniki badań reakcji kierowców na bodźce w postaci sygnałów dźwiękowych. Przedstawione wyniki dotyczą reakcji prostej i złożonej. Reakcja prosta jest rozumiana jako dowolna reakcja na pojawienie się dowolnego bodźca. W reakcji złożonej każdemu bodźcowi przypisany jest odpowiedni przełącznik (np. światło czerwone – przełącznik lewej ręki, światło żółte – przełącznik prawej ręki, światło zielone – przełącznik prawej nogi, sygnał dźwiękowy – przełącznik lewej nogi). Ponieważ reakcja złożona bardziej oddaje sytuację kierowcy (wciśnięcie pedału hamulca po pojawieniu się bodźca w postaci pieszego lub innej przeszkody), te wyniki przyjęto jako właściwe. Na podstawie przedstawionej w tym artykule statystyki z badań czasu reakcji złożonej uzyskano wartość czasu reakcji równą 0,755s dla kwantyla rzędu 0,9. Stad przyjęto wartość reakcji kierowcy równą $t_r=0,8\text{s}$

Współczynnik tarcia przyjęto na podstawie sprawozdania z realizacji pracy TD-88pt.: „Analiza zmienności właściwości przeciwpoślizgowych warstwy ścieralnej nawierzchni w początkowym okresie jej eksploatacji” ETAP I Zleceniodawca: GDDKiA, umowa nr 2193/2008. W sprawozdaniu tym na stronie 18 czytamy: ” Z uzyskanych w eksperymencie danych wynika, że na nawierzchni otrzymano dość duże różnice pomiędzy opóźnieniami hamowania dla suchej i mokrej nawierzchni. Minimalna wartość opóźnienia hamowania ślizgowego uzyskana na jezdni mokrej wyniosła 3m/s². Wartość ta odpowiada wartości współczynnika tarcia ślizgowego $\mu = 0,31$ i jest wartością zbliżoną do minimalnych wartości określonych w publikacjach fachowych w zakresie $\mu_s=0,3 - 0,5$ ”. W celu zapewnienia wysokiego poziomu bezpieczeństwa, w ramach określenia zakresu oświetlenia drogi, przyjęto minimalną wartość tego współczynnika, czyli $\mu=0,3$

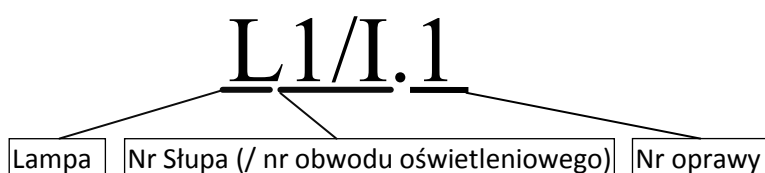
4.3. Oznaczenie oprav oświetleniowych

Oświetlenie ulicy Kombatantów podzielone jest na trzy obwody. Każdy z obwodów ma oddzielne zabezpieczenie. Słupy lamp poszczególnych obwodów ponumerowane są kolejno licząc od skrzynki oświetleniowej. Dla obwodu 1 są numery od 1/I do 4/I, licząc od skrzynki oświetleniowej w górę drogi. Dla obwodu 3 są to numery od 1/III do 5/III oraz 9/III, 10/III, 13/III i 14/III licząc od skrzynki oświetleniowej w dół drogi. Pominięto tutaj lampę obwodu oświetleniowego 2 tj. 1/II, która świeci na parking przy zajeździe oraz lampy obwodu 3 oświetlające strefę zamieszkania tj. 6/III, 7/III, 8/III, lampa na słupie bez oznaczenia, 11/III i 12/III. Przyjęto, że lampy te nie będą podlegać dynamicznemu sterowaniu. Numeracja słupów lamp oświetleniowych jest zgodna z oznaczeniem umieszczonym na tych słupach (rys. 4.5). Po kropce wyróżniono nr kolejny oprawy na słupie .



Rys.4.5. Oznaczenie na słupach oświetleniowych ulicy Kombatantów

Większość słupów lamp uzbrojona jest oprawą oświetleniową bez wysięgnika. Tylko 3 słupy lamp posiadają wysięgnik: na słupie 1/II – jednoramienny, na słupie 11/III – dwuramienny, na słupie 12/III – jednoramienny. Te 3 lampy nie będą podlegać sterowaniu dynamicznego oświetleniem. Dlatego przyjęto numerację oprav oświetleniowych tak jak pokazano na rys.4.6. Przyjęto więc numerację lamp zgodna z numeracją słupów oświetleniowych



Rys.4.6 Oznaczenie oprav oświetleniowych



4.4. Oznaczenie detektorów ruchu



Rys.4.7 Oznaczenie detektorów ruchu

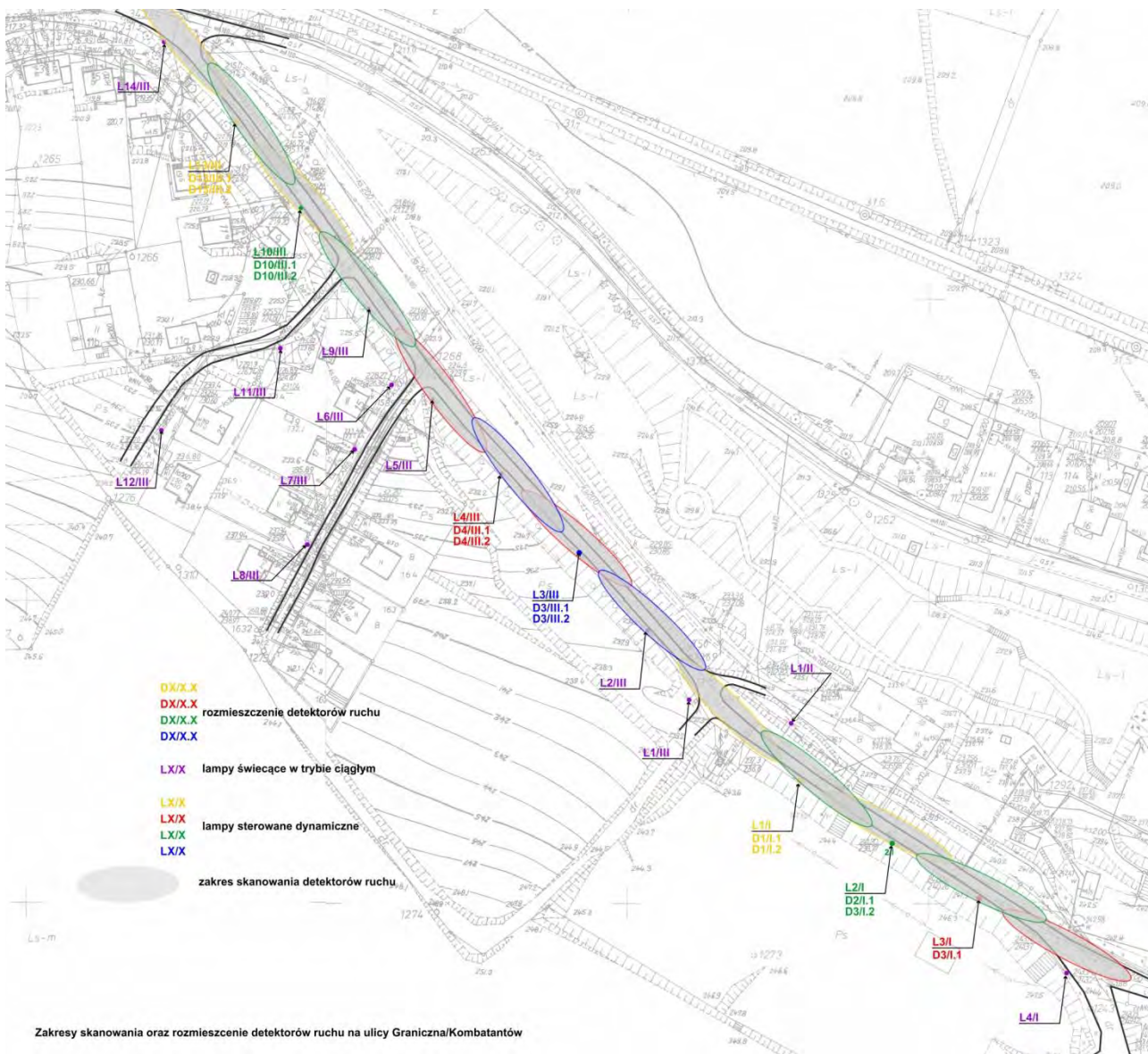
Numeracja detektorów ruchu pokazuje rys.4.7. Numeracja ta przyjęta jest zgodnie z numerem słupa lampy, na której detektor ten ma być zainstalowany. Ponieważ na jednym słupie lampy może być zainstalowanych więcej niż jeden detektor, detektory te wyróżnia się kolejnym numerem jako indeks po kropce. Dla przykładu detektor D10/III.2 jest 2 detektorem, zainstalowanym na słupie 10/III lampy L10/III zasilanej z 3 obwodu oświetleniowego. To, że detektor zainstalowany jest na określonym słupie lampy, nie oznacza, że skanuje on obszar bezpośrednio pod tą lampą, na której jest zainstalowany. Z uwagi na przyjętą szerokość wiązki skanującej detektora (w poziomie $\alpha=20^\circ$ i w pionie $\beta=18^\circ$) oraz kąt pochylenia osi skanowania ($\gamma=12,5^\circ$ licząc w dół, od powierzchni równoległej do powierzchni drogi) obszar skanowania jest eliptyczny i przesunięty względem słupa lampy, na której jest zainstalowany. Dla przykładu, detektor ruchu D10/III.2, który jest zainstalowany na słupie 10/III lampy L10/III, skanuje obszar w zasięgu lampy L13/III.

W kolejnych podpunktach tego rozdziału przedstawiono skojarzenie włączania poszczególnych lamp w zależności od wzbudzenia określonego detektora.

4.5. Obszar skanowania ruchu

Szczegółowy obszar skanowania poszczególnych detektorów pokazuje rys.4.8. W proponowanym rozwiązaniu przyjęto pełne pokrycie wiązką skanującą detektora ruchu wzdłuż całej drogi. Skutkiem tego jest pokrywanie się obszarów skanujących przez kolejne detektory ruchu. Rozwiązanie takie wymaga umieszczenia detektorów na każdym słupie lampy oświetleniowej, co podraża rozwiązanie. Eliminuje to jednak puste obszary, bez skanowanie ruchu. Ma to tą zaletę, że nie wymaga to stosowania rozwiązań przewidujących ruch. Jest to o tyle istotne, że na rynku detektory wykrywające i wyróżniające dwa kierunki ruchu są niedostępne. Takie podejście z uwagi na brak konieczności przewidywania ruchu, upraszcza również algorytm sterowania oświetleniem.

Dla uproszczenia rozwiązania, pominięto skanowanie ruchu w obszarach sąsiednich, które są wlotami do strefy dynamicznego oświetlenia. Dotyczy to ulicy Granicznej, bocznych odgałęzień ulicy Kombatantów stref zamieszkania i górnej części ulicy Kombatantów, poza zakresem lamp oświetleniowych. W konsekwencji tego przyjęto, że oprawy oświetleniowe na obu końcach ulicy Kombatantów, tj na dolnym końcu ulicy – lampa L14/III oraz na górnym końcu ulicy – lampa L4/I, będą włączone na pełną moc w całym okresie włączenia oświetlenia tej ulicy. Lampy w okolicy odgałęzień strefy zamieszkania będą sterowane, ponieważ doświetlenie skrzyżowań do tych stref zapewniają lampy oświetlające te strefy, które nie będą sterowane i będą świecić pełną mocą.



Rys.4.8 Obszary skanowania detektorów ruchu

4.6. Opis działania

W systemie dynamicznego sterowania oświetleniem ulicy wyróżniono stany: 1 - bez ruchu, 2 – stan ruchu. W rozdziale tym przedstawiono przyjęty sposób funkcjonowania sterowania dynamicznego oświetleniem dla ulicy Kombatantów w Lwówku Śląskim.

4.6.1. Stan bez ruchu

Po włączeniu oświetlenia (w porze od zmroku do świtu) oprawy lamp L4/I i L14/III, które oświetlają wjazdy w ulicę Kombatantów, oraz oprawa lampy L1/II świecącej na parking przy zajeździe, a także oprawy lamp L6/III, L7/III, L8/III, bez oznaczenia, L11/III i L12/III świecące w strefie zamieszkania, będą włączone na pełną moc. Dopuszcza się ograniczenie mocy dla tych lamp w porze od godziny 1 w nocy do 4 rano.

Tabela 4.5. Wykaz zapalonych opraw lamp i niesterowanych po włączeniu oświetlenia

Wzbudzenie	Oprawa	Uwagi
Włączenie oświetlenia	L4/I	wlot ulicy
Włączenie oświetlenia	L14/III	wlot ulicy
Włączenie oświetlenia	L1/II	parking
Włączenie oświetlenia	L6/III	strefa zamieszkania
Włączenie oświetlenia	L7/III	strefa zamieszkania
Włączenie oświetlenia	L8/III	strefa zamieszkania
Włączenie oświetlenia	bez ozn.	strefa zamieszkania
Włączenie oświetlenia	L11/III	strefa zamieszkania
Włączenie oświetlenia	L12/III	strefa zamieszkania

4.6.2. Ruch

W chwili wykrycia ruchu przez detektor ruchu (radar), zostają wzbudzone, od razu do 100% mocy, lampy w obrębie wiązki skanującej tego detektora ruchu oraz lampy jedna w przód i jedna w tył. W tabeli 4.6 przedstawiono skojarzenie lampy i wzbudzających ją detektorów ruchu. Po zaniku sygnału wzbudzającego z detektorów, lampa jest wygaszana do 20% mocy. Przewiduje się, że wygaszenie odbywać będzie się stopniowo, z szybkością nie większą niż 1%/s. Warunkowo dopuszcza się wygaszanie tych lamp od razu.

Tabela 4.6. Wykaz lamp i skojarzonych detektorów wzbudzających oprawy lampy dla ruchu wolnego

Wzbudzenie						Oprawa
D3/I.1	D2/I.1	D1/I.1				L3/I.1
D2/I.1	D1/I.1	D2/I.2				L2/I.1
D1/I.1	D2/I.2	D1/I.2				L1/I.1
D2/I.2	D1/I.2	D3/III.1				L1/III.1
D1/I.2	D3/III.1	D4/III.1				L2/III.1
D3/III.1	D4/III.1	D3/III.2				L3/III.1
D4/III.1	D3/III.2	D4/III.2				L4/III.1
D3/III.2	D4/III.2	D10/III.1				L5/III.1
D4/III.2	D10/III.1	D13/III.1				L9/III.1
D10/III.1	D13/III.1	D10/III.2				L10/III.1
D13/III.1	D10/III.2	D13/III.2				L13/III.1

4.6.3. Funkcjonowanie

W początkowym stanie, po włączeniu zasilania oświetlenia, dwie oprawy (L14/III i L4/I) na obu końcach ulicy (oraz należące do strefy zamieszkania i parkingu przy zajeździe) ustawiane są na świecenie pełną mocą świecenia. Pozostałe oprawy sterowane ustawiane są na 20% mocy oświetlenia.

Kiedy poruszająca się osoba lub pojazd znajdują się w zasięgu skanowania detektora ruchu, sygnał z tego detektora wzbudza na pełną moc oprawy oświetleniowe w zasięgu skanowania detektora i dwie oprawy, po jednej, przed i za polem skanowania.

Po zaniku wzbudzenia oprawy oświetleniowej, oprawa podtrzymuje świecenie pełną mocą jeszcze przez minimum 2 minuty. Jest to istotne w przypadku chwilowego zatrzymania się osoby lub pojazdu oraz jest skutkiem tego, że nie można zastosować czujników obecności (nie dostępne na rynku). Po tym czasie, przez okres 40 sekund następuje stopniowe wygaszanie oprawy oświetleniowej do 20% mocy świecenia.

Take rozwiązanie sterowania umożliwia automatyczne zapalenie opraw oświetleniowych w dowolnym miejscu wykrycia ruchu na ulicy.

4.6.4. Przykładowy funkcjonowania

Przykłady funkcjonowania w formie sekwencji przedstawiono w załączniku 1. Poszczególne sekwencje przedstawiają wzbudzenie czujników i w wyniku pobudzenia tymi czujnikami zapalone lampy. Pobudzenie detektora i zapalenie lamp oznaczono poprzez pogrubienie symbolu czujnika i zaciemnienie tła.

Pokazano tu sekwencje przy ruchu 1 obiektu oraz ruchu przeciwbieżnego 2 obiektów

4.7. Algorytm

W załączniku 2 zaprezentowano algorytm drabinkowy sterownika PLC do sterowania dynamicznego oświetleniem ulicy Kombatantów.

W algorytmie tym możemy wyróżnić:

Część 1 – W części tej zadeklarowano generator impulsów stanów wysokich i niskich, Impulsy te kierowane są na wejścia impulsowe liczników i służą do podawania kolejnego kroku zliczania. Zaproponowano tu długość czasu stanu niskiego 250ms ora stanu wysokiego 250ms, co daje impuls zliczający co 500ms

Część 2 – W części tej powiązано wejścia cyfrowe skojarzone z poszczególnymi detektorami oraz ich stykami z wyjściami cyfrowymi skojarzonymi z poszczególnymi oprawami oświetleniowymi. Powiązania wejść detektorów i wyjść włączających oprawy oświetleniowe wykonano zgodnie z tabelami 4.6. Adresy poszczególnych wejść w raz ze skojarzonymi z nimi detektorami zestawiono w tabeli 4.7. Adresy wyjść i skojarzonych z nimi oprawami oświetleniowymi zestawiono w tabeli 4.8

Część 3 – W części tej zadeklarowano układy czasowe, które utrzymują stan wysoki wysterowani wzbudzenia wyjść opraw oświetleniowych na okres 120s po zaniku wzbudzenia przez wejścia detektorów

Część 3 – W części tej zadeklarowano, dla każdej oprawy oświetleniowej, liczniki zliczające w dół od 100 do 20. Wyjścia liczników służą do wyliczenia wartości sygnału analogowego sterującego oprawą oświetleniową. Przyjęto tu, że wartość licznika 100 odpowiada 100% mocy świecenia oprawy oświetleniowej, a wartość 20 odpowiada 20% mocy świecenia oprawy oświetleniowej. W przypadku sterowania końcówką mocy oprawy sygnałem analogowym napięciowym 0..10V wartości te należy przeliczyć arytmetycznie w sposób proporcjonalny w algorytmie na 2V (dla 20% mocy) i 10V (dla 100% mocy). Wartości wyjściowe z liczników powiązane są z wyjściami analogowymi skojarzonymi z poszczególnymi oprawami oświetleniowymi zgodnie z tabelą 4.8.

Tabela 4.7. Kojarzenie detektorów z adresem wejściowym sterownika

Oznaczenie	Nr słupa Lampy	Nr kolejny na lampie	Próg prędkości	Adres wejścia cyfrowego
D3/I.1	3/I	1	1	I0.0
D2/I.1	2/I	1	1	I0.1
D2/I.2	2/I	2	1	I0.2
D1/I.1	1/I	1	1	I0.3
D1/I.2	1/I	2	1	I0.4
D3/III.1	3/III	1	1	I0.5
D3/III.2	3/III	2	1	I0.6
D4/III.1	4/III	1	1	I0.7
D4/III.2	4/III	2	1	I1.0
D10/III.1	10/III	1	1	I1.1
D10/III.2	10/III	2	1	I1.2
D13/III.1	13/III	1	1	I1.3
D13/III.2	13/III	2	1	I1.4

Tabela 4.8. Kojarzenie oprawy lamp z wyjściami sterownika

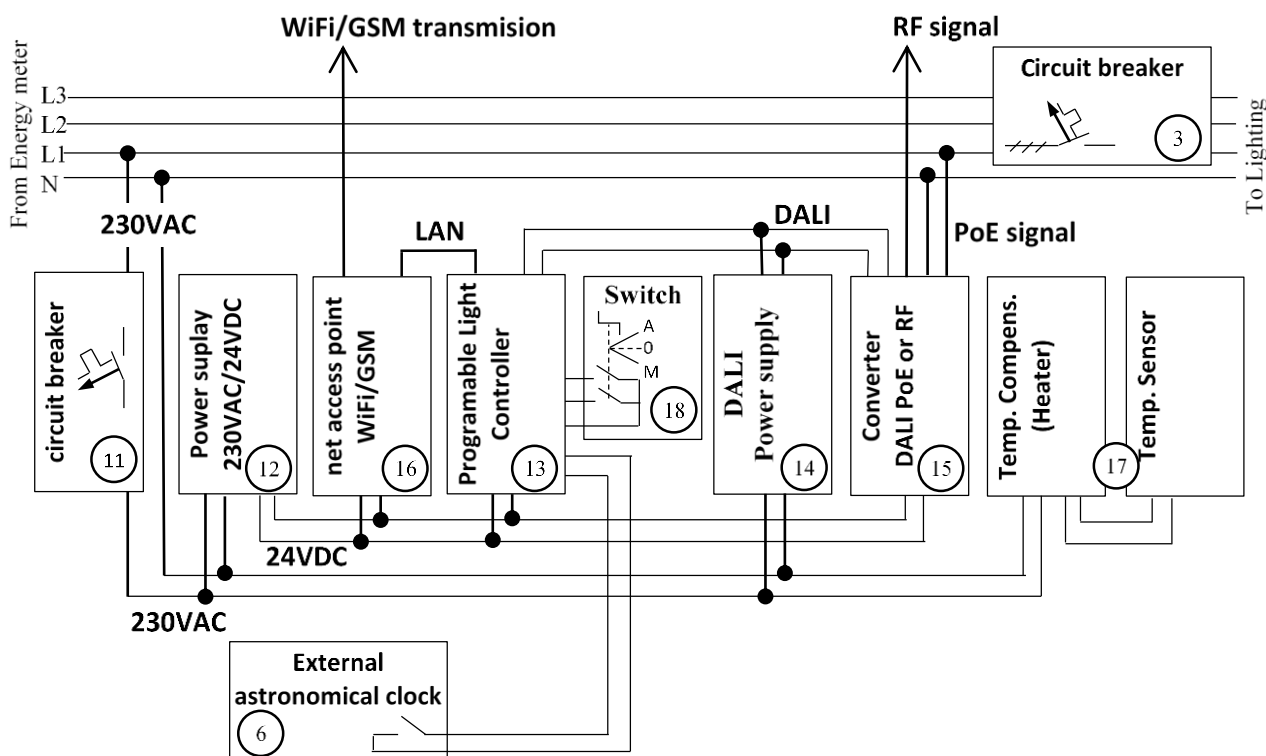
Oznaczenie oprawy	Nr słupa Lampy	Nr kolejny na lampie	Adres wyjścia cyfrowego	Adres wyjścia analogowego
L3/I.1	3/I	1	Q0.0	PQW256
L2/I.1	2/I	1	Q0.1	PQW258
L1/I.1	1/I	1	Q0.2	PQW260
L1/III.1	1/III	1	Q0.3	PQW262
L2/III.1	2/III	1	Q0.4	PQW264
L3/III.1	3/III	1	Q0.5	PQW266
L4/III.1	4/III	1	Q0.6	PQW268
L5/III.1	5/III	1	Q0.7	PQW270
L9/III.1	9/III	1	Q1.0	PQW272
L10/III.1	10/III	1	Q1.1	PQW274
L13/III.1	13/III	1	Q1.2	PQW276

5. WYBÓR TECHNOLOGII OŚWIETLENIOWEJ I SYSTEMÓW STEROWANIA OŚWIETLENIEM

5.1. Sterownik centralny

Schemat poglądowy proponowanego rozwiązania układu sterownia dynamicznym oświetleniem przedstawiono na rys.5.1. Układ ten składa się z wyłącznika nadprądowego (poz.11), zasilacza (poz.12), kontrolera (poz.13), zasilacza magistrali DALI (poz.14), konwertera sygnału DALI (poz.15) na medium

do transmisji sygnałów do 1km, oraz urządzeń opcjonalnych to jest punktu dostępowego (poz.16) oraz stabilizatora temperatury (poz.17). Jako dodatkowe elementy układu sterownika centralnego przyjęto przełącznik 3 pozycyjny (poz.18).



Rys.5.1. Schemat poglądowy układu sterownika centralnego

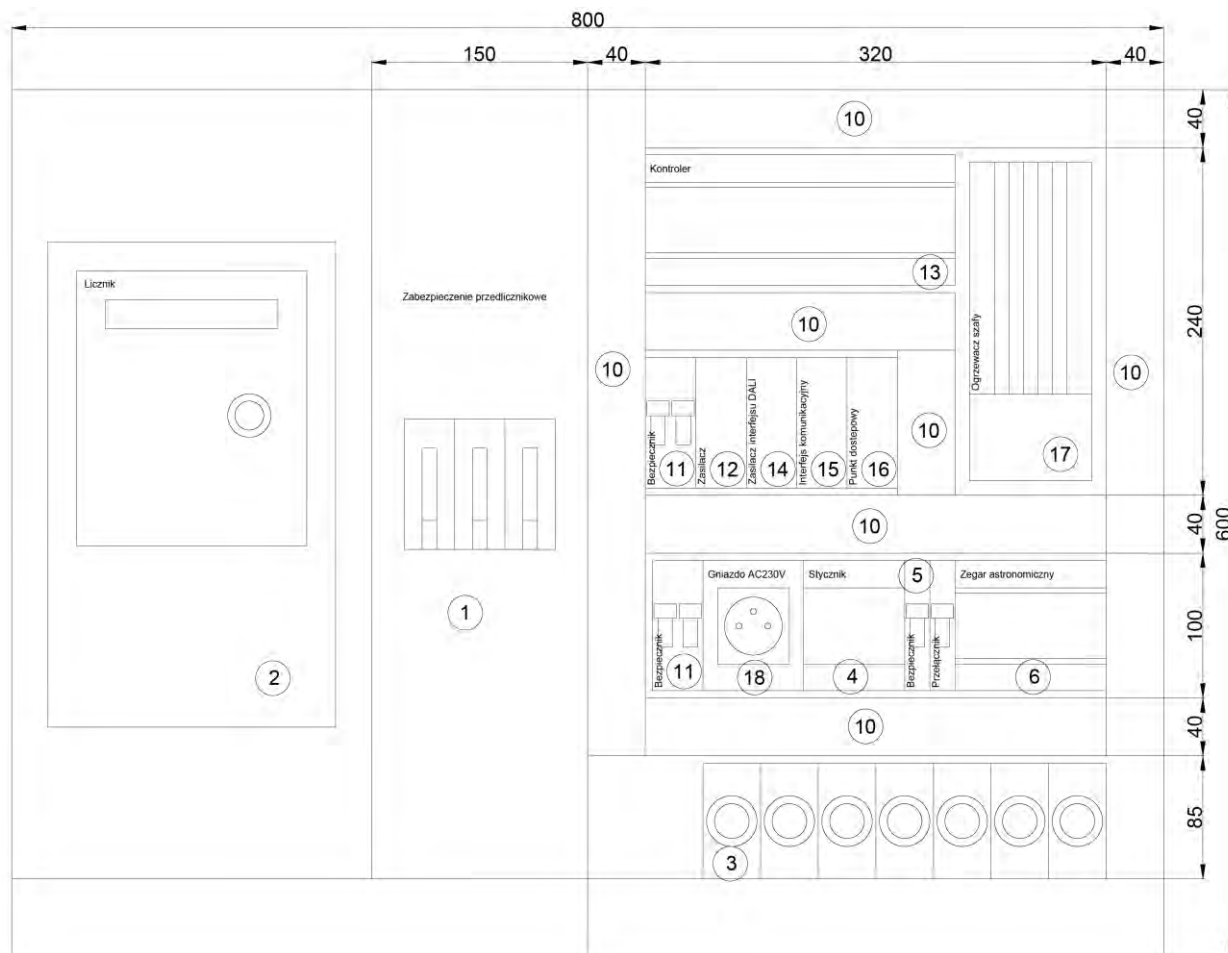
Zasilanie układu sterownika centralnego odbywać się ma jednofazowo poprzez wyłącznik nadprądowy (poz.11). Bezpośrednio z wyłącznika nadprądowego zasilane są zasilacz 24VDC (poz.12), zasilacz magistrali DALI (poz.14) oraz stabilizator temperatury (poz.17). Pozostałe urządzenia zasilane są pośrednio. Za pośrednictwem zasilacza 24VDC (poz.12) zasilane są punkt dostępowy (poz.16), kontroler (poz.13) oraz konwerter sygnału (poz.15).

Do zmian trybów pracy przewidziano przełącznik 3 pozycyjny (poz.18). Przewiduje się 3 tryby pracy układu: tryb automatyczny, w którym system steruje oświetleniem na podstawie sygnałów z sensorów ruchu, według ustalonego algorytmu. Przewiduje się również możliwość korzystania z istniejącego już zegara astronomicznego (poz.6).

Urządza opcjonalne nie są wymagane. I tak: W przypadku użycia wszystkich urządzeń do pracy w zakresie temperatur od -25°C (lub niższych) do 65°C (lub wyższych) nie jest konieczna instalacja stabilizatora temperatury lub grzałki (poz.17); W przypadku rezygnacji z dostępu zdalnego do sterownika i zdalnego monitorowania i zarządzania pracą systemu dynamicznego oświetlenia, nie jest konieczny punkt dostępowy (poz.16). W przypadku gdy kontroler posiada wbudowany zegar astronomiczny nie ma konieczności korzystania z zewnętrznego zegara astronomicznego (poz.6).

Urządzenia wchodzące w skład sterownika centralnego można zabudować w istniejącej skrzynce oświetleniowej SO22. W skrzynce tej znajduje się wystarczająco dużo miejsca do zabudowy tego sterowania. Wymaga to jednak przebudowy rozmieszczenia aparatów elektrycznych zainstalowanych wewnątrz skrzynki. Z uwagi jednak na rozmieszczenie obecnie istniejących urządzeń elektrycznych,

konieczne jest ich przesunięcie i nowe ich rozmieszczenie. Nie ma przy tym konieczności wymiany istniejących urządzeń. Przykładowy sposób rozmieszczenia urządzeń na płycie montażowej w istniejącej skrzynce oświetleniowej SO25 pokazano na rys.5.2.



Rys.5.2. Przykładowe rozmieszczenie urządzeń na płycie montażowej skrzynki oświetleniowej SO22 po przebudowie

Urządzenia istniejące

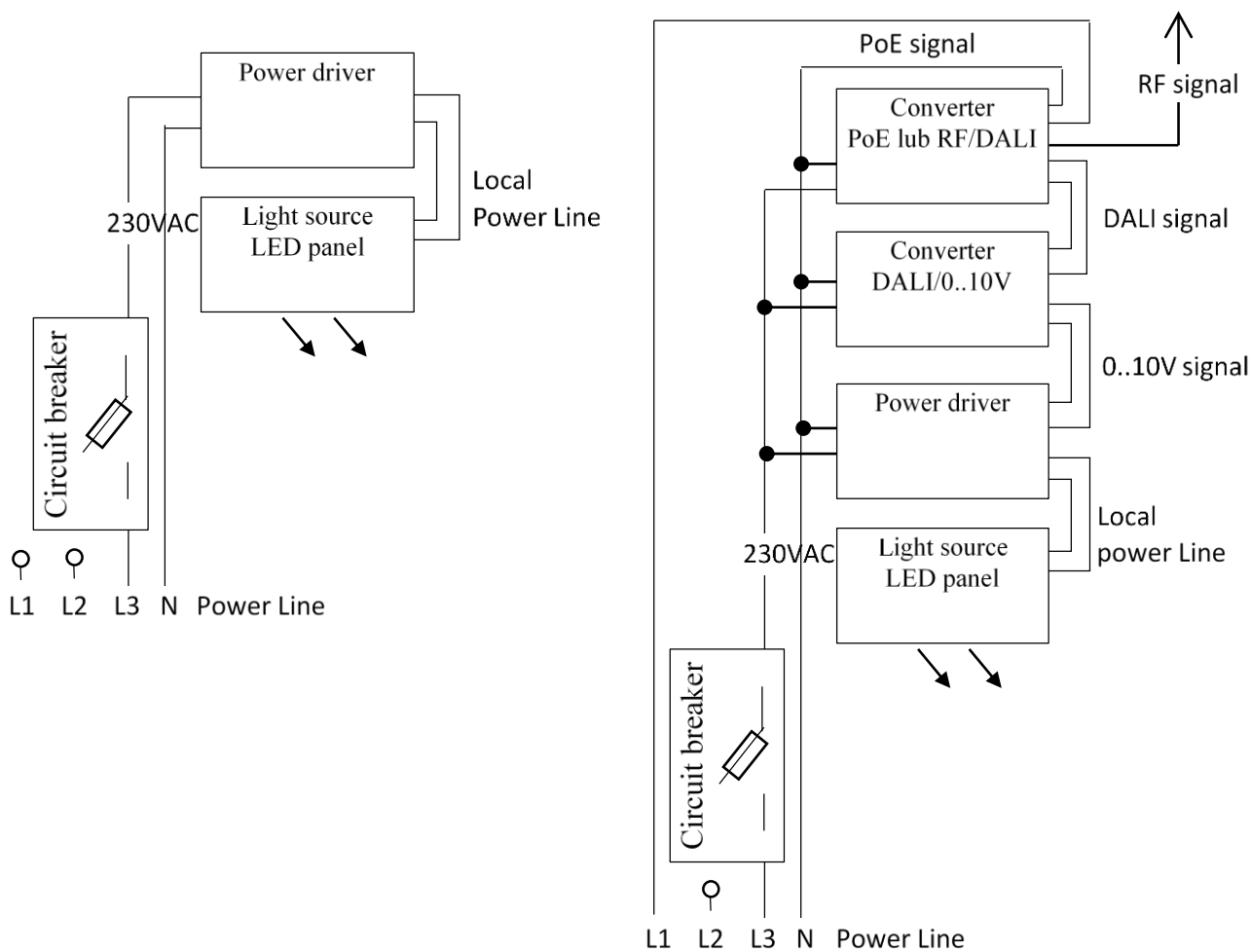
- 1.Zabezpieczenie przedlicznikowe
- 2.Licznik energii
- 3.Zabezpieczenie obwodów oświetleniowych
- 4.Stycznik obwodów oświetleniowych
- 5.Bezpiecznik zegara
- 6.Zegar astronomiczny
- 7.Gniazdo AC230V
- 8.Wyłłącznik ręczny
- 9.Korytko kablowe

Urządzenia dodane

- 10.Korytko kablowe
- 11.Wyłłącznik nadprądowy
- 12.Zasilacz AC230V/DC24V
- 13.Kontroler sterowania oświetleniem
- 14.Zasilacz magistrali transmisji sygnałów DALI
- 15.Interfejs komunikacyjny DALI
- 16.Punkt dostępowy
- 17.Stabilizator temperatury (opcja)

5.2. Sensory i elementy wykonawcze

Układ sterujący bezpośrednio mocą źródła światła LED przedstawiono na rys.5.3. Rozwiązanie bez sterowania zdalnego mocą paneli LED (rys.5.3.a) składa się ze źródła światła w postaci panelu LED, lokalnego sterownika mocy i bezpiecznika. Aby umożliwić sterowanie zdalnym mocą źródła światła, układ ten należy przebudować. Przykładowym rozwiązaniem jest układ pokazany na rys.5.3.b). Układ ten zawiera źródło światła, lokalny sterownik mocy, konwerter sygnału DALI na sygnał sterujący, konwerter sygnału magistrali przesyłowej na sygnał lokalny DALI.

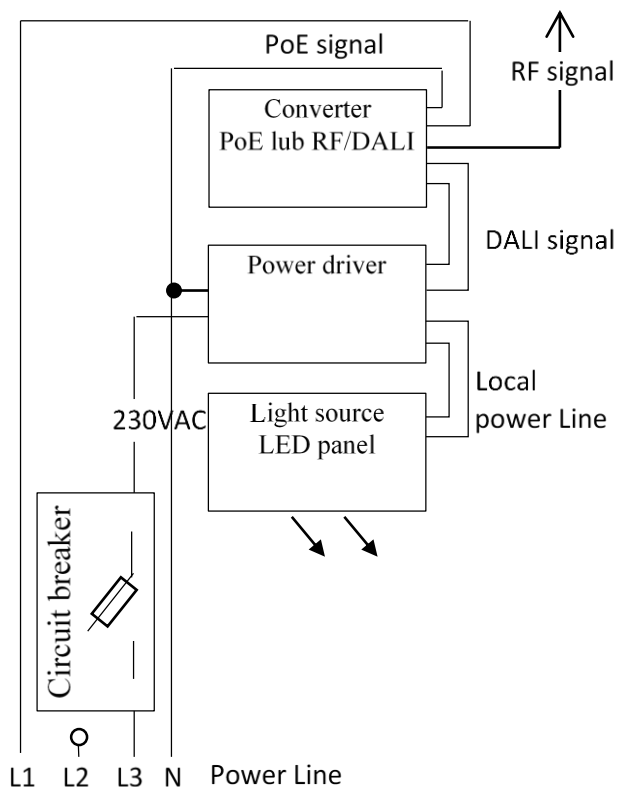


a) układ istniejący

b) układ projektowany

Rys.5.3 Schemat poglądowy układu lokalnego sterowania mocą źródła światła

Niektóre lub wszystkie urządzenia tego układu handlowo mogą występować jako zintegrowane ze sobą, np. panel LED może mieć zintegrowany sterownik mocy, sterownik mocy może być wyposażony bezpośrednio w interfejs DALI lub jedno urządzenie może zawierać w sobie zarówno sterownik z regulacją mocy, jak i konwerter sygnału DALI na sygnał radiowy RF. W dalszej części projektu przyjęliśmy wersję, że lokalny sterownik mocy ma wbudowany interfejs DALI (rys.5.4)

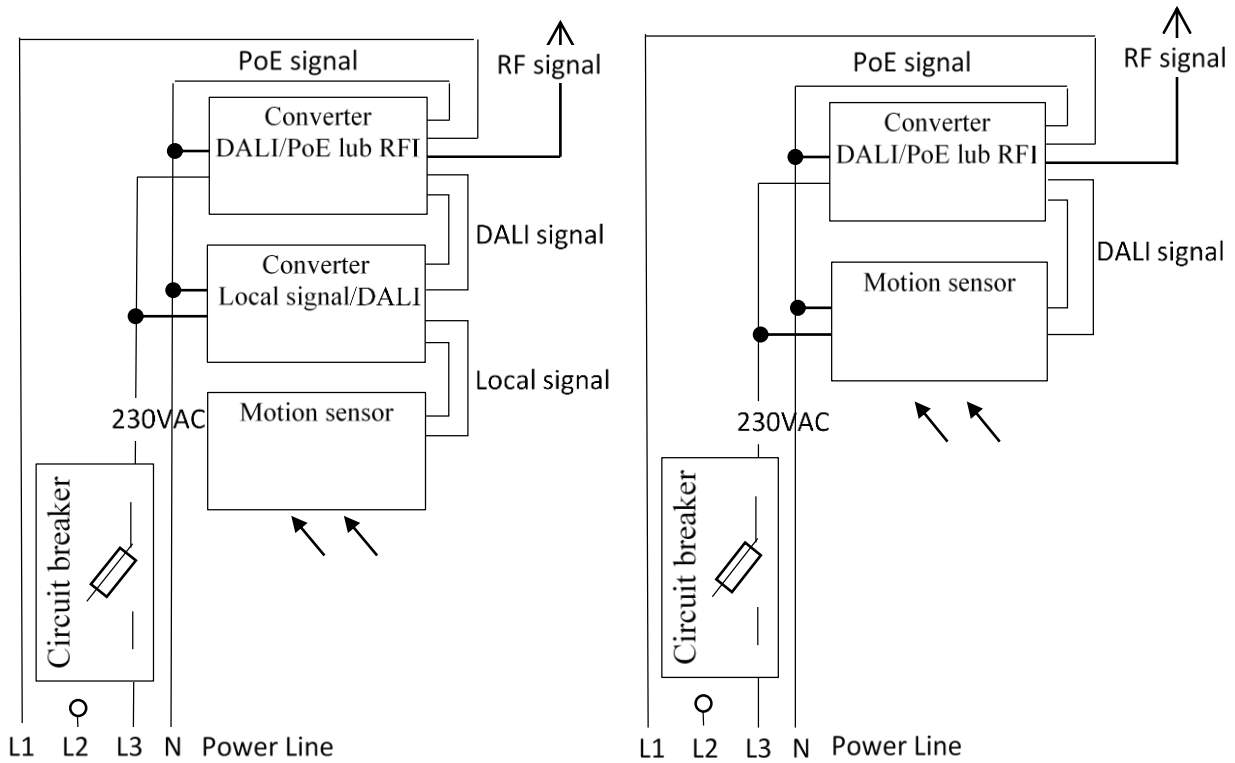


Rys.5.4. Schemat poglądowy układu lokalnego sterowania mocą źródła światła, układ zintegrowany

Układ sensora ruchu w ogólnym rozwiązaniu (rys.5.5), składa się z czujnika, konwertera sygnału na protokół DALI oraz konwertera protokołu DALI na magistralę przesyłania danych. Tak jak w przypadku układu sterowania mocą źródeł światła, Urządzenia te mogą być zintegrowane w ramach jednego sensora lub sensor może mieć wbudowany interfejs DALI lub interfejs DALI i konwerter sygnału np. radiowego mogą tworzyć całość. W dalszej części projektu przyjęliśmy, że sensor posiada wbudowany interfejs DALI.

W przypadku instalacji sensorów ruchu na słupie oświetleniowym, można wykorzystać jeden konwerter magistrali przesyłającej sygnały, do obsługi zarówno sensorów jak i lokalnego sterownika mocy (rys.5.6). Rozwiązanie takie zmniejsza ilość elementów niezbędną do implementacji systemu.

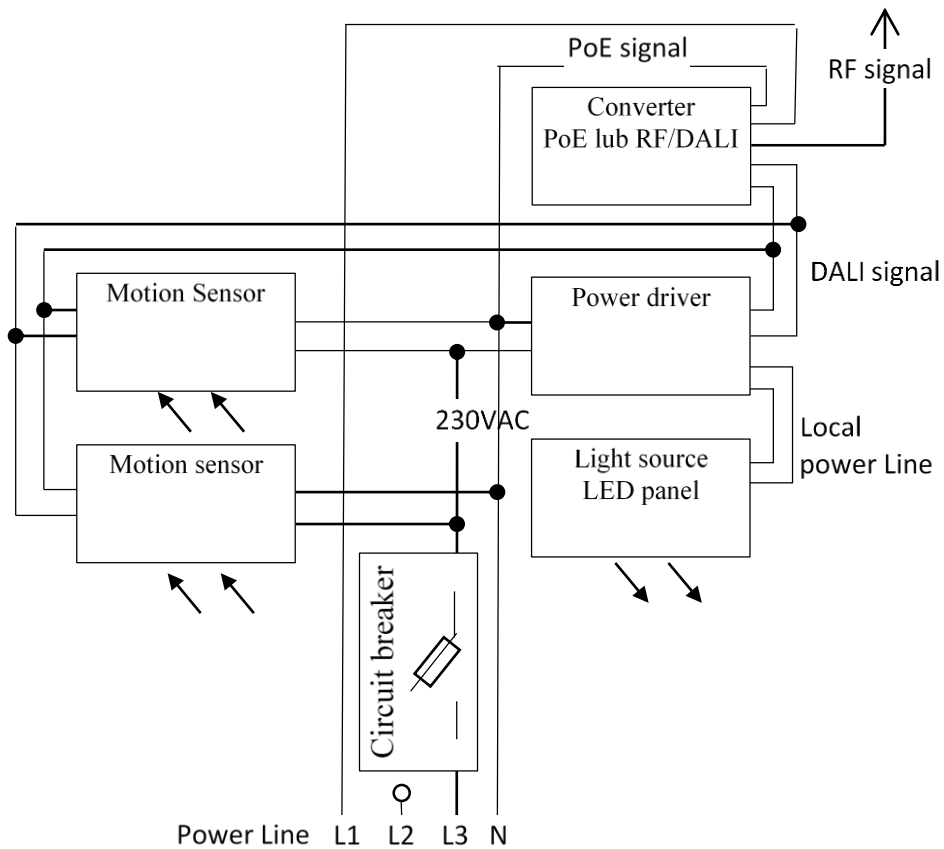
Należy zwrócić uwagę, że na schematach konwerter magistrala sygnałowa/sygnał DALI przedstawiona jest jednocześnie w dwóch wersjach z medium transmisyjnym radiowym RF i medium transmisyjnym po przewodzie energetycznym. W rozwiązaniu należy wybrać jedno z nich. Przewodowe rozwiązania magistrali komunikacyjnej, wymaga położenia dodatkowego przewodu sygnałowego.



a) układ niezintegrowany

b) układ z sensorem z wbudowanym interfejsem DALI

Rys.5.5.Schemat poglądowy projektowanego układu sensora ruchu



Rys.5.6. Układ dwóch sensorów i sterowania mocą źródła światła w jednym słupie oświetleniowym

5.3. Obliczenia

5.3.1. Zapotrzebowanie mocy i dobór zabezpieczeń

a) Sterownik centralny

Zasilacz 230VAC/24VDA

Zasilacz przeznaczony jest do zasilania napięciem 24VDC następujących urządzeń: kontrolera, punktu dostępowego i konwertera sygnału. Przewidywana moc maksymalna kontrolera to 35W, punktu dostępowego to 6W, a konwertera DALI 0,5W. Łączny pobór prądu z zasilacza to 41,5W. Przyjęto 20% zapas mocy. Stąd wymagana moc zasilaczy wynosi: $41,5W \cdot 1,2 = 49,8W$

Przyjęto zasilacz 24VDC o mocy 60W.

Zasilacz magistrali DALI

Zasilacza magistrali interfejsu DALI przyjęto zasilany napięciem 230VAC.

Przyjęto zasilacz magistrali DALI o mocy 5W

Stabilizator temperatury

Przewiduje się opcjonalnie zastosowanie stabilizatora temperatury w przypadku użycia urządzeń nieodpornych na działanie ujemnych temperatur. W tym przypadku będzie on miał zadanie ogrzać wydzielony obszar w rozdzielnicy, który nie będzie większy niż połowa wnętrza obudowy wolnostojącej istniejącej rozdzielnicy SO22 o wymiarach 600x800x250.

Wymiary połowy rozdzielnicy:

$$H \times W \times D = 600 \times 400 \times 250$$

gdzie: H: wysokość, W: szerokość; D: głębokość (w milimetrach)

Powierzchnia emisyjna obudowy:

$$S = 1,8 \cdot H \cdot (W + D) + 1,4 \cdot W \cdot D = 1,8 \cdot 0,6m \cdot (0,4m + 0,25m) + 1,4 \cdot 0,4m \cdot 0,25m = 0,842m^2$$

Współczynnik przewodności cieplnej obudowy

Przyjęto współczynnik emisji cieplnej dla stali pomalowanej równy:

$$K = 5,5 \frac{W}{m^2 \cdot K}$$

Różnica temperatur:

Przyjęto, że urządzenia wewnątrz skrzynki w skrajnym przypadku będą pracować przy temperaturze 0°C. Ponieważ spodziewana najniższa temperatura wyniesie -30°C, stąd maksymalna różnica temperatur wyniesie:

$$\Delta T = 30K$$

Wymagana moc grzałki:

$$W = S \cdot K \cdot \Delta T = 0,842m^2 \cdot 5,5 \frac{W}{m^2 \cdot K} \cdot 30K = 138,93W \approx 150W$$

Przyjęto stabilizator temperatury o mocy 150W

Moc całkowita

$$P = 60W + 5W + 150W = 215W$$

Moc układu sterownika centralnego wynosi 215W

Dobór zabezpieczenia

Zasilanie urządzeń jednofazowe

$$I = \frac{P}{U \cdot \cos \varphi} = \frac{215W}{230V \cdot 0,95} = 0,98A$$

Ze względów eksploatacyjnych dla układu sterownika centralnego przyjąć zabezpieczenie: 1xC6A

b) Obwód oświetleniowy I

Obwód oświetleniowy I składa się z 4 opraw oświetleniowych. Przewidziano, że każda z opraw oświetleniowych wyposażona będzie w źródło światła LED o mocy 27W. W ramach sterowania dynamicznego oświetleniem przewidziano zainstalowanie w tym obwodzie 5 sensorów ruchu, 3 układów lokalnych sterowników mocy (1 oprawa niesterowana). Do określenia zapotrzebowania mocy i sprawdzenia użytego zabezpieczenia przyjęto najbardziej rozbudowana wersja rozwiązania (tj. dla rozwiązań niezintegrowanych), która w ramach układu sensora ruchu wymaga użycia: konwerter DALI/magistrala, konwerter sygnał/DALI i sensor ruchu; w ramach lokalnego sterownika mocy źródła światła wymaga użycia: konwertera magistrala/DALI, konwerter DALI/sygnał sterujący, sterownik mocy źródła światła.

Źródła światła

Przewidziano wymianę istniejących wysokoprężnych sodowych źródeł światła na źródła światła typu LED. Moc pojedynczego przewidywanego źródła światła wynosi 27W. Przyjmując 4 źródła światła

$$P_0 = 4 \cdot 27W = 108W$$

Sumaryczna moc źródeł światła wynosi: 108W

Sensory

Przyjęto, że wszystkie urządzenia w ramach sensora ruchu będą zasilane napięciem 230VAC. Przewidywana moc poszczególnych urządzeń wynosi: konwerter DALI/magistrala 0,5W, konwerter sygnał/DALI 5W, sensor ruchu 1W. Dla 5 sensorów w ramach tego obwodu, sumaryczna moc układów sensorów wyniesie:

$$P_1 = 5 \cdot (0,5 + 5 + 1) = 5 \cdot 6,5 = 33W$$

Sumaryczna moc układów sensora ruchu wynosi 33W

Sterowniki lokalne



Przyjęto, że w ramach układu sterowniki będą zasilane napięciem 230VAC. Przewidywana moc poszczególnych urządzeń wynosi: konwerter magistrala/DALI 5W, konwerter DALI/sygnal sterujący 0,5W. Dla sterownika mocy przyjęto maksymalną stratę mocy na poziomie 2%, stąd moc tracona w sterowniku mocy wynosi nie więcej niż 0,6W. Dla 3 opraw sterowanych i 1 oprawy niesterowanej w ramach tego obwodu, sumaryczna moc układów lokalnego sterowania źródeł światła wynosi:

$$P_2 = 3 \cdot (5 + 0,5) + 4 \cdot 0,6 = 3 \cdot 5,5 + 2,4 = 19W$$

Sumaryczna moc układów lokalnego sterowania źródeł światła wynosi 19W

Moc całkowita

Przewidywana moc całkowita obwodu oświetleniowego wynosi

$$P = 108W + 33W + 19W = 160W$$

Moc obwodu oświetleniowego wyniesie 160W

Zabezpieczenie

Zasilanie urządzeń z wykorzystaniem 3 faz

$$I = \frac{P}{\sqrt{3} \cdot U \cdot \cos \varphi} = \frac{160W}{\sqrt{3} \cdot 400V \cdot 0,95} = 0,24A$$

Ze względów eksploatacyjnych dla I obwodu oświetleniowego należy zastosować zabezpieczenie: 3xC6A

Spadek napięcia

Moc całkowita obwodu $P=153W$, długość przewodu zasilającego $L=146m$ ($=29,5+37,5+34+39+6$), (najbardziej odległy punkt) przekrój przewodu elektroenergetycznego $S=25mm^2$, Konduktywność przewodu $\gamma = 55 \frac{m}{\Omega \cdot mm^2}$

$$\Delta U = \frac{100\% \cdot P \cdot L}{\gamma \cdot S \cdot U^2} = \frac{160W \cdot 146m}{55 \frac{m}{\Omega \cdot mm^2} \cdot 25mm^2 \cdot (400V)^2} = 0,01\%$$

Spadek napięcia obwodu oświetleniowego w granicy dopuszczalnej $0,01\% < 4\%$

Impedancja pętli zwarcia

Zwarcie na słupie 4/I (najbardziej odległym). Długość przewodu $L=0,147km$, przekrój przewodu elektroenergetycznego $S=25mm^2$, Konduktywność przewodu $\gamma = 55 \frac{m}{\Omega \cdot mm^2}$

Przewodność jednostkowa

$$R_k = \frac{1}{\gamma \cdot S} = \frac{1}{55 \frac{m}{\Omega \cdot mm^2} \cdot 25mm^2} = 0,727 \frac{\Omega}{km}$$

Indukcyjność jednostkowa, przyjęto:

$$X_k = 0,1 \frac{\Omega}{km}$$

Rezystancja linii kablowej



$$R = R_k \cdot 2L = 0,727 \frac{\Omega}{km} \cdot 2 \cdot 0,147 km = 0,214 \Omega$$

Reaktancja linii kablowej

$$X = X_k \cdot 2L = 0,1 \frac{\Omega}{km} \cdot 2 \cdot 0,147 km = 0,030 \Omega$$

Impedancja pętli zwarcia

$$Z = \sqrt{R^2 + X^2} = \sqrt{0,214^2 + 0,030^2} = 0,216 \Omega$$

Prąd pętli zwarcia

$$I_{zw} = \frac{U \cdot \cos \varphi}{Z} = \frac{230V \cdot 0,95}{0,216 \Omega} = 1011,6A$$

Prąd wyłączenia

$$I_{wył} = I_B \cdot k = 6A \cdot 5 = 30A$$

Warunek wyłączenia

$$I_{zw} > I_{wył}$$

$$1011,6A > 30A$$

Warunek spełniony

c) Obwód oświetleniowy II

Obwód oświetleniowy II składa się z 1 oprawy oświetleniowej. Przewidziano, że oprawa oświetleniowych wyposażona będzie w źródło światła LED o mocy 27W. Nie przewidziano dynamicznego sterowania oświetleniem w tym obwodzie.

Źródła światła

Przewidziano pozostawienie istniejących źródeł światła oraz wymianę istniejących lokalnych sterowników z programowalnych na sterowalne. Moc pojedynczego istniejącego źródła światła wynosi 27W. Przyjmując 1 źródło światła

$$P_0 = 1 \cdot 27W = 27W$$

Sumaryczna moc źródeł światła wynosi: 27W

Sensory

Bez sensorów.

$$P_1 = 0W$$

Sumaryczna moc układów sensora ruchu wynosi 0W

Sterowniki lokalne



Przyjęto, że w ramach układu sterowniki będą zasilane napięciem 230VAC. Oprawa niesterowana. Dla sterownika mocy przyjęto maksymalną stratę mocy na poziomie 2%, stąd moc tracona w sterowniku mocy wynosi nie więcej niż 0,6W

$$P_2 = 1 \cdot 0,6 = 1W$$

Moc całkowita

Przewidywana moc całkowita obwodu oświetleniowego wynosi

$$P = 27W + 1W = 28W$$

Moc obwodu oświetleniowego wyniesie 28W

Zabezpieczenie

Zasilanie urządzeń z wykorzystaniem 1 fazy

$$I = \frac{P}{U \cdot \cos \varphi} = \frac{28W}{230V \cdot 0,95} = 0,13A$$

Ze względów eksploatacyjnych dla II obwodu oświetleniowego należy zastosować zabezpieczenie: 1xC6A

Spadek napięcia

Moc całkowita obwodu $P=28W$, długość przewodu zasilającego $L=36m$ ($=28+8$), przekrój przewodu elektroenergetycznego $S=16mm^2$, Konduktywność przewodu $\gamma = 55 \frac{m}{\Omega \cdot mm^2}$

$$\Delta U = \frac{100\% \cdot P \cdot L}{\gamma \cdot S \cdot U^2} = \frac{28W \cdot 36m}{55 \frac{m}{\Omega \cdot mm^2} \cdot 16mm^2 \cdot (230V)^2} < 0,002\%$$

Spadek napięcia obwodu oświetleniowego w granicy dopuszczalnej $0,002\% < 4\%$

Impedancja petli zwarcia

Zwarcie na słupie 4/I (najbardziej odległym). Długość przewodu $L=0,036km$ (najbardziej odległy punkt), przekrój przewodu elektroenergetycznego $S=25mm^2$, Konduktywność przewodu $\gamma = 55 \frac{m}{\Omega \cdot mm^2}$

Przewodność jednostkowa

$$R_k = \frac{1}{\gamma \cdot S} = \frac{1}{55 \frac{m}{\Omega \cdot mm^2} \cdot 16mm^2} = 1,137 \frac{\Omega}{km}$$

Indukcyjność jednostkowa, przyjęto:

$$X_k = 0,1 \frac{\Omega}{km}$$

Rezystancja linii kablowej



$$R = R_k \cdot 2L = 1,137 \frac{\Omega}{km} \cdot 2 \cdot 0,036 km = 0,082 \Omega$$

Reaktancja linii kablowej

$$X = X_k \cdot 2L = 0,1 \frac{\Omega}{km} \cdot 2 \cdot 0,036 km = 0,007 \Omega$$

Impedancja pętli zwarcia

$$Z = \sqrt{R^2 + X^2} = \sqrt{0,082^2 + 0,007^2} = 0,082 \Omega$$

Prąd pętli zwarcia

$$I_{zw} = \frac{U \cdot \cos \varphi}{Z} = \frac{230V \cdot 0,95}{0,082 \Omega} = 2664,6A$$

Prąd wyłączenia

$$I_{wył} = I_B \cdot k = 6A \cdot 5 = 30A$$

Warunek wyłączenia

$$I_{zw} > I_{wył}$$

$$2664,6A > 30A$$

Warunek spełniony

d) Obwód oświetleniowy III

Obwód oświetleniowy III składa się z 16 opraw oświetleniowych. Przewidziano, że każda z opraw oświetleniowych wyposażona będzie w źródło światła LED o mocy 27W. W ramach sterowania dynamicznego oświetleniem przewidziano zainstalowanie w tym obwodzie 9 sensorów ruchu, 8 układów lokalnych sterowników mocy. W całym III obwodzie oświetleniowym jest 8 opraw niesterowanych (7 w strefie zamieszkania i 1 na początku ulicy) i 8 opraw sterowanych. Do określenia zapotrzebowania mocy i sprawdzenia użytego zabezpieczenia przyjęto najbardziej rozbudowana wersja rozwiązania (tj. dla rozwiązań niezintegrowanych), która w ramach układu sensora ruchu wymaga użycia: konwerter DALI/magistrala, konwerter sygnał/DALI i sensor ruchu; w ramach lokalnego sterownika mocy źródła światła wymaga użycia: konwertera magistrala/DALI, konwerter DALI/sygnał sterujący, sterownik mocy źródła światła.

Źródła światła

Przewidziano pozostawienie istniejących źródeł światła oraz wymianę istniejących lokalnych sterowników z programowalnych na sterowalne. Moc pojedynczego istniejącego źródła światła wynosi 27W. Przyjmując 16 źródeł światła

$$P_0 = 16 \cdot 27W = 432W$$

Sumaryczna moc źródeł światła wynosi: 432W

Sensory

Przyjęto, że wszystkie urządzenia w ramach sensora ruchu będą zasilane napięciem 230VAC. Przewidywana moc poszczególnych urządzeń wynosi: konwerter DALI/magistrala 0,5W, konwerter

sygnał/DALI 5W, sensor ruchu 1W. W ramach tego obwodu przewidziano instalacje 8 sensorów ruchu, wobec czego:

$$P_1 = 8 \cdot (0,5 + 5 + 1) = 8 \cdot 6,5 = 52W$$

Sumaryczna moc układów sensora ruchu wynosi 52W

Sterowniki lokalne

Przyjęto, że w ramach układu sterowniki będą zasilane napięciem 230VAC. Przewidywana moc poszczególnych urządzeń wynosi: konwerter magistrala/DALI 5W, konwerter DALI/sygnał sterujący 0,5W. Dla sterownika mocy przyjęto maksymalną stratę mocy na poziomie 2%, stąd moc tracona w sterowniku mocy wynosi nie więcej niż 0,6W. Dla 8 opraw sterowanych i 8 opraw niesterowanych w ramach tego obwodu, sumaryczna moc układów lokalnego sterowania źródeł światła wynosi:

$$P_2 = 8 \cdot (5 + 0,5) + 16 \cdot 0,6 = 44 + 9,6 = 54W$$

Sumaryczna moc układów lokalnego sterowania źródeł światła wynosi 54W

Moc całkowita

Przewidywana moc całkowita obwodu oświetleniowego wynosi

$$P = 432W + 52W + 54W = 538W$$

Moc obwodu oświetleniowego wyniesie 538W

Zabezpieczenie

Zasilanie urządzeń z wykorzystaniem 3 faz

$$I = \frac{P}{\sqrt{3} \cdot U \cdot \cos \varphi} = \frac{538W}{\sqrt{3} \cdot 400V \cdot 0,95} = 0,82A$$

Ze względów eksploatacyjnych dla I obwodu oświetleniowego należy zastosować zabezpieczenie: 3xC6A

Spadek napięcia

Moc całkowita obwodu $P=538W$, długość przewodu zasilającego $L=305m$ ($=16+27+34,5+37+34+37+41+36+36+6$), przekrój przewodu elektroenergetycznego $S=25mm^2$, Konduktywność przewodu $\gamma = 55 \frac{m}{\Omega \cdot mm^2}$

$$\Delta U = \frac{100\% \cdot P \cdot L}{\gamma \cdot S \cdot U^2} = \frac{538W \cdot 305m}{55 \frac{m}{\Omega \cdot mm^2} \cdot 25mm^2 \cdot (400V)^2} = 0,08\%$$

Spadek napięcia obwodu oświetleniowego w granicy dopuszczalnej $0,08\% < 4\%$

Impedancja petli zwarcia

Zwarcie na słupie 14/III (najbardziej odległym). Długość przewodu $L=0,305km$, przekrój przewodu elektroenergetycznego $S=25mm^2$, Konduktywność przewodu $\gamma = 55 \frac{m}{\Omega \cdot mm^2}$

Przewodność jednostkowa



$$R_k = \frac{1}{\gamma \cdot S} = \frac{1}{55 \frac{m}{\Omega \cdot mm^2} \cdot 25mm^2} = 0,727 \frac{\Omega}{km}$$

Indukcyjność jednostkowa, przyjęto:

$$X_k = 0,1 \frac{\Omega}{km}$$

Rezystancja linii kablowej

$$R = R_k \cdot 2L = 0,727 \frac{\Omega}{km} \cdot 2 \cdot 0,305km = 0,443\Omega$$

Reaktancja linii kablowej

$$X = X_k \cdot 2L = 0,1 \frac{\Omega}{km} \cdot 2 \cdot 0,305km = 0,061\Omega$$

Impedancja pętli zwarcia

$$Z = \sqrt{R^2 + X^2} = \sqrt{0,443^2 + 0,061^2} = 0,447\Omega$$

Prąd pętli zwarcia

$$I_{zw} = \frac{U \cdot \cos \varphi}{Z} = \frac{230V \cdot 0,95}{0,447\Omega} = 488,8A$$

Prąd wyłączenia

$$I_{wył} = I_B \cdot k = 6A \cdot 5 = 30A$$

Warunek wyłączenia

$$I_{zw} > I_{wył}$$

$$488,8A > 30A$$

Warunek spełniony



6. ANALIZA EKONOMICZNA ZASTOSOWANYCH ROZWIĄZAŃ

Jednym z kryteriów oceny inwestycji jest jej ekonomiczna opłacalność. Do oceny efektywności ekonomicznej przyjęto metody zdyskontowanych przepływów pieniężnych, ponieważ przy długim horyzoncie czasowym (35 lat) proste metody oceny inwestycji są niemiarodajne.

Dla celów analizy przyjęto następujące założenia:

- Wprowadzenie dynamicznego sterowania dla 11 z 21 opraw oświetleniowych. Oprawy niesterowane to: 2 oprawy na skrajnych słupach ulicy, 7 opraw w strefie zamieszkania i 1 oprawa przy zajeździe.
- Zastąpienie istniejących lamp wysokoprężnych sodowych, 11 o mocy 70W i 10 o mocy 100W, lampami typu LED; 20 o mocy 27W i 1 o mocy 61W (przy zajeździe)
- Wykonanie dynamicznego sterowania z układów niezintegrowanych
- Na jednym słupie oświetleniowym zostanie zainstalowany jeden węzeł dostępowy (konwerter magistrala przesyłowa/ interfejs DALI), który poprzez interfejs DALI obsługiwać będzie jednocześnie sterownik mocy źródła światła i zainstalowane na słupie sensory.
- Zostaną użyte układy do pracy na zewnątrz, tj. w zakresie temperatur nie gorszym niż od -30°C do 65°C. Dlatego nie uwzględniony jest układu kompensacji temperatury w skrzynce oświetleniowej.
- Wzrost cen energii nie z OZE o 60%

Koszt materiałów

Oprawa oświetleniowa

Lp.	Opis	Koszt	Uwagi
1	Oprawa typ 1 (27W)	440zł	
		20	Ilość
		8800zł	Łącznie
2	Oprawa typ 2 (61W)	600zł	
		1	Ilość
		600zł	Łącznie
3	Regulatory mocy	0zł	Oprawa oświetleniowa
4	Konwerter DALI/sygnal sterujący	171zł	
5	Konwerter magistrala/DALI (węzeł dostępowy)	424zł	
		595zł	Suma
		11	Ilość
		6545	Łącznie
		15945zł	Razem

Sensor ruchu

Lp.	Opis	Koszt	Uwagi
1	Konwerter magistrala/DALI (węzeł dostępowy)	0zł	Oprawa oświetleniowa
2	Konwerter sygnal/DALI	100zł	
3	Sensor	435zł	
		535zł	Suma
		13	Ilość



		6955zł	Razem
--	--	---------------	--------------

Sterownik centralny

Lp.	Opis	Koszt	Uwagi
1	Kontroler	2000zł	
2	Zasilacz 24VDC	100zł	
3	Wylącznik nadprądowy	100zł	
4	Zasilacz interfejsu DALI	340zł	
5	Konwerter DALI/magistrala (węzeł dostępowy)	424zł	
6	Stabilizator temperatury	0zł	
7	Obudowa	0zł	Istniejąca
8	Gniazdo serwisowe	25zł	
9	Zabezpieczenie nadprądowe gniazda	100zł	
		3089zł	Suma
		1	Ilość
		3089zł	Razem

Koszt robocizny

W wariantcie tym przyjęto, że:

- Montaż urządzeń na słupie oświetleniowym (sensorów i sterownika mocy) będzie wykonywany przez 2 osoby, przyjęto stawkę 30,19zł/h (2 razy wynagrodzenie minimalne), czas montażu 16 roboczo godzin
- Obsługę podnośnika koszowego będzie wykonywać 1 osoba, przyjęto stawkę 30,19zł/h (2 razy wynagrodzenie minimalne), czas obsługi podnośnika 16 roboczo godzin
- Przebudowa wnętrza skrzynki oświetleniowej będzie wykonywana przez 2 osoby, przyjęto stawkę 30,19zł/h (2 razy wynagrodzenie minimalne), czas montażu 16 roboczo godzin
- Zabudowa urządzeń sterownika centralnego będzie wykonywany przez 2 osoby, przyjęto stawkę 30,19zł/h (2 razy wynagrodzenie minimalne), czas montażu 8 roboczo godzin
- Prace związane z oprogramowaniem kontrolera zostaną wykonane przez 1 osobę, przyjęto stawkę 60,37zł/h (4 razy wynagrodzenie minimalne), czas wykonania i testowania oprogramowania 80 roboczo godzin i czas instalacji (wgrania) oprogramowania 8 roboczo godzin.

Zabudowa urządzeń na słupie oświetleniowym

Lp.	Opis	Koszt	Uwagi
1	Montaż urządzeń	967zł	
2	Obsługa podnośnika koszowego	484zł	
		1451zł	Razem

Zabudowa urządzeń w skrzynce instalacyjnej (oświetleniowej)

Lp.	Opis	Koszt	Uwagi
1	Montaż skrzynki instalacyjnej	0zł	
2	Przebudowa wnętrza skrzynki oświetleniowej	484zł	



3	Zabudowa urządzeń sterownika centralnego	484zł	
		968zł	Razem

Instalacja oprogramowania

Lp.	Opis	Koszt	Uwagi
1	Wykonanie oprogramowania	4830zł	
2	Instalacja oprogramowania	483zł	
		5313zł	Razem

Koszt delegacji

W wariantcie tym przyjęto, że:

- Koszt noclegów obejmuje: 1 noclegi 2 pracowników wykonujących prace montażowe (lub ewentualnie demontażowe) na słupach oświetleniowych; 1 nocleg 1 pracownika obsługi podnośnika koszowego; 1 noclegi 2 pracowników wykonujących prace montażowe (lub ewentualnie demontażowe) w skrzynce oświetleniowej. Razem 5 noclegów,
- Diety pracowników wykonujących prace w delegacji: 2 diety 2 pracowników wykonujących prace montażowe (lub ewentualnie demontażowe) na słupach oświetleniowych; 2 diety 1 pracownika obsługi podnośnika koszowego; 2 diety 2 pracowników wykonujących prace montażowe (lub ewentualnie demontażowe) w skrzynce oświetleniowej; 1 dieta 1 pracownika wykonującego instalację oprogramowania. Razem 11 diet,
- Dojazdy pracowników. Przyjęto dojazd z odległości 100km oraz koszt dojazdu w wysokości 1,5zł/km. Przyjęto wykonanie: 2 przejazdów przez pracowników wykonujących prace montażowe (lub ewentualnie demontażowe) na słupach oświetleniowych; 2 przejazdów pracownika obsługi podnośnika koszowego, 2 przejazdów pracowników wykonujących prace montażowe (lub ewentualnie demontażowe) w skrzynce oświetleniowej; 2 przejazdów pracowników wykonujących instalację oprogramowania. Razem 8 przejazdów.

Koszty delegacji

Lp.	Opis	Koszt	Uwagi
1	Koszty noclegów	600zł	
2	Koszt diet	330zł	
3	Koszt dojazdu	1120zł	
		2050zł	Razem

Koszt usług dodatkowych

W wariantcie tym przyjęto, że:

- Koszt wynajmu podnośnika koszowego jest wartością rozliczaną w cyklach miesięcznych i równą 4850zł/miesiąc,
- Do wyliczenia kosztu zużytego paliwa podnośnika koszowego przyjęto: normę zużycia 12 l/h, cenę jednostkową paliwa na poziomie 5,28zł/l, ilość motogodzin pracy 24h.

Koszt usług

Lp.	Opis	Koszt	Uwagi
1	Wynajem podnośnika koszowego	4850zł	
2	Koszt paliwa	1521zł	



		6371zł	Razem
--	--	---------------	--------------

Koszty zakupu energii dla instalacji istniejącej

W wariantcie tym przyjęto:

- Moc urządzeń pracujących całą dobę: 1 sterownik astronomiczny o mocy 1,5W
- Moc urządzeń obwodu oświetleniowego pracujący po włączeniu oświetlenia: 20 źródła światła o mocy 100W, 11 źródeł światła o mocy 70W, 1 stycznik o mocy 0,5W. Łącznie 2544,5W
- Energia elektryczna rozliczana jest dla 2 strefach taryfowych. Strefa taryfowa 2 trwa od 13:00 do 16:00 oraz od 22:00 do 7:00. W związku z tym strefa taryfowa 1 trwa 4380,00h/rok oraz strefa taryfowa 2 trwa 4380,00h/rok
- Roczne zużycie energii urządzeń pracujących całą dobę w strefie taryfowej 1 wynosi $1,5W \cdot 4380,00h/rok = 6,57kWh/rok$ oraz w strefie taryfowej 2 wynosi $1,5W \cdot 4380,00h/rok = 6,57kWh/rok$
- Obwód oświetleniowy włączony jest od zachodu do wschodu słońca zgodnie z kalendarzem astronomicznym, co daje 1309,02h/rok pracy w strefie 1 (strefa w szczycie - droższa) i 2971,95h/rok pracy w strefie 2 (strefa poza szczytem – tańsza)
- Roczne zużycie energii, urządzeń pracujących po włączeniu oświetlenia na oświetlenie w strefie taryfowej 1 wynosi $1770,5W \cdot 1309,02h/rok = 2317,62kWh/rok$
- Roczne zużycie energii, urządzeń pracujących po włączeniu oświetlenia na oświetlenie w strefie taryfowej 2 wynosi $1770,5W \cdot 2971,95h/rok = 5261,84kWh/rok$
- Koszt zakupu energii w strefie taryfowej 1 obejmuje koszt dystrybucji energii równy 0,1669zł/kWh; koszt zakupu energii OZE równy 0,0037zł/kWh; koszt zakupu energii nie OZE równy 0,3256zł/kWh (**przyjęto tu wzrost cen energii nie z OZE o 60%**). W sumie koszt zakupu energii w strefie taryfowej 1 wynosi 0,4962zł/kWh
- Koszt zakupu energii w strefie taryfowej 2 obejmuje koszt dystrybucji energii równy 0,1158zł/kWh; koszt zakupu energii OZE równy 0,0037zł/kWh; koszt zakupu energii nie OZE równy 0,3256zł/kWh (**przyjęto tu wzrost cen energii nie z OZE o 60%**). W sumie koszt zakupu energii w strefie taryfowej 2 wynosi 0,4451zł/kWh
- Całkowite zużycie energii w strefie taryfowej 1 wynosi $6,57kWh/rok + 2317,62kWh/rok = 2324,19kWh/rok$
- Całkowite zużycie energii w strefie taryfowej 2 wynosi $6,57kWh/rok + 5261,84kWh/rok = 5268,41kWh/rok$

Roczny koszt zakupu energii dla instalacji istniejącej

Lp.	Opis	Koszt	Uwagi
1	Koszt energii w strefie taryfowej 1	1153,26zł/rok	
2	Koszt energii w strefie taryfowej 2	2344,96zł/rok	
		3498,22zł/rok	Suma
		804,95zł/rok	VAT (23%)
		4302,81zł/rok	Łącznie

Koszty zakupu energii dla instalacji projektowanej

W wariantcie tym przyjęto:

- Moc urządzeń pracujących całą dobę: 1 sterownik astronomiczny o mocy 1,5W
- Moc urządzeń obwodu oświetleniowego pracujący po włączeniu oświetlenia i sterowanych mocą: 10 źródeł światła o mocy 27W i stracie mocy w zasilaczu 2% i 1 źródło światła o mocy 61W i stracie mocy w zasilaczu 2%. Łącznie 337,6W. Po obniżeniu mocy o 80% jest to 67,5W
- Moc urządzeń obwodu oświetleniowego pracujący po włączeniu oświetlenia i niesterowanych mocą: 10 źródła światła o mocy 27W i stracie mocy w zasilaczu 2%, urządzenia sterownika centralnego mocy łącznej 47,0W, 13 sensorów ruchu o mocy 1,0W i 11 urządzeń komunikacyjnych o mocy 11,5W. Łącznie 461,90W
- Energia elektryczna rozliczana jest dla 2 strefach taryfowych. Strefa taryfowa 2 trwa od 13:00 do 16:00 oraz od 22:00 do 7:00. W związku z tym strefa taryfowa 1 trwa 4380,00h/rok oraz strefa taryfowa 2 trwa 4380,00h/rok
- Roczne zużycie energii urządzeń pracujących całą dobę w strefie taryfowej 1 wynosi $1,5W \cdot 4380,00h/rok = 6,57kWh/rok$ oraz w strefie taryfowej 2 wynosi $1,5W \cdot 4380,00h/rok = 6,57kWh/rok$
- Obwód oświetleniowy włączony jest od zachodu do wschodu słońca zgodnie z kalendarzem astronomicznym, co daje 1309,02h/rok pracy w strefie 1 (strefa w szczycie - droższa) i 2971,95h/rok pracy w strefie 2 (strefa poza szczytem – tańsza)
- W strefie taryfowej 1, przy funkcjonowania obwodu z obniżoną mocą źródeł światła o 80% w czasie stanowiącym 56% czasu pracy (2h), czas pracy urządzeń z obniżoną mocą wynosi 730,00h/rok
- W strefie taryfowej 2, przy funkcjonowania obwodu z obniżoną mocą źródeł światła o 80% w czasie stanowiącym 74% czasu pracy (6h), czas pracy urządzeń z obniżoną mocą wynosi 2190,00h/rok
- Roczne zużycie energii, urządzeń pracujących z obniżoną mocą po włączeniu oświetlenia w strefie taryfowej 1 wynosi $67,5W \cdot 730,00h/rok = 49,28kWh/rok$
- Roczne zużycie energii, urządzeń pracujących z pełną mocą po włączeniu oświetlenia w strefie taryfowej 1 wynosi $(337,6+461,9)W \cdot 579,02h/rok = 462,93kWh/rok$
- Roczne zużycie energii, urządzeń pracujących z obniżoną mocą po włączeniu oświetlenia w strefie taryfowej 2 wynosi $67,5W \cdot 2190,00h/rok = 147,83kWh/rok$
- Roczne zużycie energii, urządzeń pracujących z pełną mocą po włączeniu oświetlenia w strefie taryfowej 2 wynosi $(337,6+461,9)W \cdot 781,95h/rok = 625,17kWh/rok$
- Koszt zakupu energii w strefie taryfowej 1 obejmuje koszt dystrybucji energii równy 0,1669zł/kWh; koszt zakupu energii OZE równy 0,0037zł/kWh; koszt zakupu energii nie OZE równy 0,3256zł/kWh (**przyjęto tu wzrost cen energii nie z OZE o 60%**). W sumie koszt zakupu energii w strefie taryfowej 1 wynosi 0,4962zł/kWh
- Koszt zakupu energii w strefie taryfowej 2 obejmuje koszt dystrybucji energii równy 0,1158zł/kWh; koszt zakupu energii OZE równy 0,0037zł/kWh; koszt zakupu energii nie OZE równy 0,3256zł/kWh (**przyjęto tu wzrost cen energii nie z OZE o 60%**). W sumie koszt zakupu energii w strefie taryfowej 1 wynosi 0,4451zł/kWh



- Całkowite zużycie energii w strefie taryfowej 1 wynosi 6,57kWh/rok+49,28kWh/rok +462,93kWh/rok =518,78kWh/rok
- Całkowite zużycie energii w strefie taryfowej 2 wynosi 6,57kWh/rok+147,83kWh/rok +625,17kWh/rok =779,57kWh/rok

Roczny koszt zakupu energii dla instalacji projektowanej

Lp.	Opis	Koszt	Uwagi
1	Koszt energii w strefie taryfowej 1	257,42zł/rok	
2	Koszt energii w strefie taryfowej 2	346,98zł/rok	
		604,40zł/rok	Suma
		139,01zł/rok	VAT (23%)
		743,41zł/rok	Łącznie

Całkowity koszt inwestycji

Robocizna

Lp.	Opis	Koszt	Uwagi
1	Zabudowa urządzeń na słupie	1451zł	
2	Zabudowa urządzeń w skrzynce	968zł	
3	Instalacja oprogramowania	5313zł	
		7732zł	Suma
4	Koszt delegacji	2050zł	
		9782zł	Łącznie

Koszty usług i wynajmu sprzętu

1	Koszt usług i wynajmu sprzętu	6371zł	
		6371zł	Łącznie

Materialy

1	Oprawa oświetleniowa	15945zł	
2	Sensor ruchu	6955zł	
3	Sterownik centralny	3089zł	
		25989zł	Łącznie

Całkowity koszt budowy

1	Robocizna	7732zł	
2	Delegacje	2050zł	
3	Usługi	6371zł	
4	Materialy	25989zł	
		42142zł	Suma
5		4214zł	Projekt (10%)
6		8428zł	Marża (20%)
		54784zł	Łącznie



Czas eksploatacji

Czas eksploatacji przyjęto jako odpowiadający czasowi życia opraw oświetleniowych, który według producenta wynosi 150000h (oprawa Urbino LED, zgodnie z deklaracją producenta).

Roczny czas pracy oprawy oświetleniowej

1	Czas pracy z pełną mocą w strefie 1	261,80h/rok	
2	Czas pracy z obniżoną mocą w strefie 1	1047,22h/rok	
3	Czas pracy z pełną mocą w strefie 2	297,20h/rok	
	Czas pracy z obniżoną mocą w strefie 2	2674,75h/rok	
		4281,97h/rok	Suma

Przewidywany maksymalny czas eksploatacji opraw oświetleniowych wynosi

$$t = \frac{150000h}{4281,97 \frac{h}{rok}} = 35,04lat \approx 35lat$$

Efektywność ekonomiczna

Oceny opłacalności inwestycji dokonano przy użyciu dyskontowych mierników efektywności:

- wartość bieżąca netto przedsięwzięcia - NPV (ang. Net Present Value) – według kryterium NPV inwestycja jest opłacalna, gdy $NPV \geq 0$;
- wewnętrzna stopa zwrotu – IRR (ang. Internal Rate of Return) – inwestycja jest opłacalna wtedy, gdy IRR jest wyższa lub równa przyjętej stopie dyskontowej;
- wskaźnik wartości bieżącej netto – NPVR (ang. Net Present Value Ratio) – daje informacje podobną do stopy zwrotu, jednak z uwzględnieniem czynnika czasu, ryzyka, jaką część zdyskontowanego nakładu stanowi zdyskontowany dochód z inwestycji; najlepszym rozwiązaniem jest, gdy NPVR jest największe;
- zmodyfikowana wewnętrzna stopa zwrotu – MIRR (ang. Modified Internal Rate of Return) – wartość stopy dyskontowej, dla której wartość obecna wydatków inwestycyjnych jest równa wartości obecnej sumy przepływów pieniężnych, które są każdorazowo inwestowane.

Do analizy efektywności ekonomicznej przyjęto:

- Nakłady inwestycyjne w wysokości 54784zł
- Udział środków własnych na poziomie 0%
- Udział kredytu na poziomie 100%
- Wysokość oprocentowania pożyczek (WIBOR3M na dzień 03.01.2018) równy 1,72%
- Marże kredytu w wysokości 4%
- Inflację (w miesiącu 11.2018) równą 1,30%
- Oprocentowanie realne kredytu w wysokości 4,36%
- Ilość rat spłaty kredytu 20 rat raz w roku
- Początek spłaty kredytu 2 rok
- Redyskontową stopę oprocentowania (w miesiącu 11.2018) równą 1,75%
- Stopę dyskontową w wysokości 7,35%



Do wyznaczenia wartości poszczególnych wskaźników efektywności oszacowano przepływy strumieni pieniężnych w całym okresie realizacji inwestycji, jak również sporządzono prognozę rachunku zysków i strat. Szczegółowe wartości analizy zestawiono w załączniku 3.

Dla tak przyjętych wartości uzyskano następujące wskaźniki ekonomiczne

1	Wartość bieżąca netto	3663,62zł	NPV
2	Wewnętrzna stopa zwrotu	11,368%	IRR
3	Wskaźnik wartości bieżącej netto	0,07	NPVR
4	Zmodyfikowana wewnętrzna stopa zwrotu	8,59%	MIRR

Należy zaznaczyć że:

- wartości tych wskaźników uzyskano dla nakładów inwestycyjnych w wysokości 54784zł
- do analizy przyjęto wzrost cen energii (tylko) nie z OZE o 60% w stosunku do roku 2018

Jak wynika z analizy wskaźników:

- wskaźnik NPV jest >0 i wynosi 3663,62 zł,
- wskaźnik IRR wynosi 11,37% i jest większy od założonej stopy dyskontowej 7,35%,
- wskaźnik NPVR jest nieujemny i wynosi 0,07,
- wskaźnik MIRR wynosi 8,59% i jest większy od założonej stopy dyskontowej 7,35%.

Uzyskane wartości wskaźników efektywności ekonomicznej wskazują na opłacalność rozpatrywanej inwestycji.



7. OCZEKIWANE REZULTATY

Oświetlenie miejskie stanowi w budżetach gmin i miast istotną pozycję na liście wydatków systematycznie ponoszonych przez samorząd. Wynika to nie tylko z ilości punktów oświetleniowych za które odpowiedzialne są władze samorządowe, ale również niejednokrotnie z faktu, iż oświetlenie to jest stare, energochłonne, a infrastruktura oświetleniowa często wymaga inwestycji. Ponadto, leciwe i wyeksploatowane oświetlenie zazwyczaj nie działa tak jak powinno, źle oświetlając przestrzeń i nie dając użytkownikom komfortu.

Mając świadomość kosztów i problemów jakie generuje stare oświetlenie miejskie, na przestrzeni ostatnich lat zarówno Lwówek Śląski, jak i wiele innych miast i gmin w Polsce podjęło wysiłek inwestycyjny modernizacji i wymiany starej infrastruktury oświetleniowej. Stare instalacje, zdegradowane słupy, czy nieefektywne żarówki sodowe zostały wymienione na nowe, a oprawy wyposażone zostały w oświetlenie LED, gwarantujące z jednej strony dużą żywotność tych lamp, jak i istotny wzrost oszczędności energii w stosunku do starych żarówek sodowych.

Działania takie mimo dużych wydatków inwestycyjnych znacząco zmniejszyły koszty utrzymania oświetlenia. W przypadku ulicy Kombatantów modernizacja nie została jeszcze przeprowadzona. Daje to zatem możliwość nie tylko rozpatrzenia ewentualnej inwestycji pod kątem wymiany oświetlenia i zastosowania nowoczesnych technologii LED, ale również powiązania tego z inteligentnymi rozwiązaniami stosowanymi przy dynamicznym oświetleniu.

W ramach przeprowadzonych działań pilotowych zaproponowano wdrożenie dynamicznego oświetlenia umożliwiającego sterowanie natężeniem światła w zależności od potrzeb użytkowników przebywających na tej ulicy po zmroku.

Zaproponowane rozwiązanie miało za zadanie:

- zwiększenie efektywności oświetlenia poprzez zmniejszenie konsumpcji energii (zastosowanie energooszczędnych lamp LED z jednoczesnym ograniczeniem natężenia światła w momencie gdy brak jest użytkowników oraz jego zwiększenie, gdy wykryty zostanie ruch),
- poprawę komfortu użytkowników przebywających po zmroku na ulicy Kombatantów poprzez zainstalowanie nowych opraw,
- ograniczenie emisji CO₂ poprzez zmniejszenie zapotrzebowania na energię elektryczną,
- zaprezentowanie możliwości technicznych zastosowania nowych rozwiązań oświetleniowych,
- wskazanie na konieczność ograniczania zanieczyszczenia światłem poprzez zmniejszanie natężenia światła i właściwe jego zainstalowanie, przy jednoczesnym zachowaniu komfortu i bezpieczeństwa użytkowników oraz efektywności oświetlenia.

Opracowana koncepcja zastosowania dynamicznego oświetlenia na ulicy Kombatantów wykazała, iż w momencie wdrożenia tego rozwiązania możliwym będzie zaoszczędzenie 6294 kWh/rok.

PODSUMOWANIE

W ramach rozwiązania sterowania dynamicznego oświetleniem ul Kombatantów przyjęto:

- Dynamiczne sterowanie oświetleniem wykonywane będzie wzdłuż głównego ciągu drogi i dotyczyć będzie tylko tych lamp, bez lamp odgałęzień bocznych do strefy zamieszkania, a także bez lampy na parkingu przy zajeździe.
- Końcowe lampy, na obu końcach drogi będą w porze od zmroku do świtu zapalone na stałe. Dotyczy to lampy świecącej na skrzyżowanie z ulicą Graniczną w dolnej części oraz ostatniej lampy przy posesji w górnej części drogi.
- Wymianę wszystkich opraw oświetleniowych w ramach wszystkich 3 obwodów oświetleniowych na nowe typu LED
- Wprowadzenie dynamicznego sterowania dla 11 z 21 opraw oświetleniowych. Oprawy niesterowane to: 2 oprawy na skrajnych słupach ulicy, 7 opraw w strefie zamieszkania i 1 oprawa przy zajeździe. Zastąpienie istniejących lamp wysokoprężnych sodowych, 11 o mocy 70W i 10 o mocy 100W, lampami typu LED; 20 o mocy 27W i 1 o mocy 61W (przy zajeździe)
- Instalację na jednym słupie oświetleniowym jednego węzła dostępowego (konwerter magistrała przesyłowa/ interfejs DALI), który poprzez interfejs DALI obsługiwać będzie jednocześnie sterownik mocy źródła światła i zainstalowane na słupie sensory. Przewidziano instalację 11 takich węzłów, na słupach wzdłuż głównego nurtu drogi, bez słupów pierwszego i ostatniego, które są niesterowane.
- Instalację elementów sterownika centralnego w istniejącej skrzynce oświetleniowej SO22. Będzie to wymagać przesunięcia istniejących aparatów elektrycznych.
- Zastosowanie urządzeń do pracy w zakresie temperatur nie gorszym niż od -30°C do 65°C . Dlatego nie uwzględniony jest układu kompensacji temperatury w skrzynce oświetleniowej
- Obliczenia elektryczne wykonano dla rozszerzonej wersji obwodów elektrycznych tj. z zastosowaniem układu kompensacji temperatury
- Pozostawienie istniejących słupów oświetleniowych oraz przewodów elektroenergetycznych zasilających poszczególne lampy oświetleniowe. Przed przebudową oświetlenia należy jednak sprawdzić stan przewodów elektroenergetycznych i jeżeli to konieczne wymienić na nowe.
- Wysokość nakładów inwestycyjnych równą 54784zł.
- Oszczędność energii na poziomie 6294 kWh/rok.
- Wzrost cen energii (tylko) nie z OZE o 60% w stosunku do roku 2018



WP3 - DELIVERABLE D.T3.1.4

Koncepcja inteligentnego oświetlenia na terenie Gminy i Miasta Lwówek Śląski

ZAŁĄCZNIK 1

Przykładowe sekwencje włączenia i wyłączenia opraw
oświetleniowych w zależności od wzbudzenia poszczególnych
detektorów ruchu, dla ulicy Kombatantów



Sekwencja 13

D13/III.2	D10/III.2	D13/III.1	D10/III.1	D4/III.2	D3/III.2	D4/III.1	D3/III.1	D1/I.2	D2/I.2	D1/I.1	D2/I.1	D3/I.1
L14/III.1	L13/III.1	L10/III.1	L9/III.1	L5/III.1	L4/III.1	L3/III.1	L2/III.1	L1/III.14	L1/I.1	L2/I.1	L3/I.1	L4/I.1

Sekwencja 14

D13/III.2	D10/III.2	D13/III.1	D10/III.1	D4/III.2	D3/III.2	D4/III.1	D3/III.1	D1/I.2	D2/I.2	D1/I.1	D2/I.1	D3/I.1
L14/III.1	L13/III.1	L10/III.1	L9/III.1	L5/III.1	L4/III.1	L3/III.1	L2/III.1	L1/III.14	L1/I.1	L2/I.1	L3/I.1	L4/I.1

Sekwencja 15

D13/III.2	D10/III.2	D13/III.1	D10/III.1	D4/III.2	D3/III.2	D4/III.1	D3/III.1	D1/I.2	D2/I.2	D1/I.1	D2/I.1	D3/I.1
L14/III.1	L13/III.1	L10/III.1	L9/III.1	L5/III.1	L4/III.1	L3/III.1	L2/III.1	L1/III.14	L1/I.1	L2/I.1	L3/I.1	L4/I.1



Sekwencja 13

D13/III.2	D10/III.2	D13/III.1	D10/III.1	D4/III.2	D3/III.2	D4/III.1	D3/III.1	D1/I.2	D2/I.2	D1/I.1	D2/I.1	D3/I.1
L14/III.1	L13/III.1	L10/III.1	L9/III.1	L5/III.1	L4/III.1	L3/III.1	L2/III.1	L1/III.14	L1/I.1	L2/I.1	L3/I.1	L4/I.1

Sekwencja 14

D13/III.2	D10/III.2	D13/III.1	D10/III.1	D4/III.2	D3/III.2	D4/III.1	D3/III.1	D1/I.2	D2/I.2	D1/I.1	D2/I.1	D3/I.1
L14/III.1	L13/III.1	L10/III.1	L9/III.1	L5/III.1	L4/III.1	L3/III.1	L2/III.1	L1/III.14	L1/I.1	L2/I.1	L3/I.1	L4/I.1

Sekwencja 15

D13/III.2	D10/III.2	D13/III.1	D10/III.1	D4/III.2	D3/III.2	D4/III.1	D3/III.1	D1/I.2	D2/I.2	D1/I.1	D2/I.1	D3/I.1
L14/III.1	L13/III.1	L10/III.1	L9/III.1	L5/III.1	L4/III.1	L3/III.1	L2/III.1	L1/III.14	L1/I.1	L2/I.1	L3/I.1	L4/I.1

Sekwencja 16

D13/III.2	D10/III.2	D13/III.1	D10/III.1	D4/III.2	D3/III.2	D4/III.1	D3/III.1	D1/I.2	D2/I.2	D1/I.1	D2/I.1	D3/I.1
L14/III.1	L13/III.1	L10/III.1	L9/III.1	L5/III.1	L4/III.1	L3/III.1	L2/III.1	L1/III.14	L1/I.1	L2/I.1	L3/I.1	L4/I.1

Sekwencja 17

D13/III.2	D10/III.2	D13/III.1	D10/III.1	D4/III.2	D3/III.2	D4/III.1	D3/III.1	D1/I.2	D2/I.2	D1/I.1	D2/I.1	D3/I.1
L14/III.1	L13/III.1	L10/III.1	L9/III.1	L5/III.1	L4/III.1	L3/III.1	L2/III.1	L1/III.14	L1/I.1	L2/I.1	L3/I.1	L4/I.1

Sekwencja 18

D13/III.2	D10/III.2	D13/III.1	D10/III.1	D4/III.2	D3/III.2	D4/III.1	D3/III.1	D1/I.2	D2/I.2	D1/I.1	D2/I.1	D3/I.1
L14/III.1	L13/III.1	L10/III.1	L9/III.1	L5/III.1	L4/III.1	L3/III.1	L2/III.1	L1/III.14	L1/I.1	L2/I.1	L3/I.1	L4/I.1



WP3 - DELIVERABLE D.T3.1.4

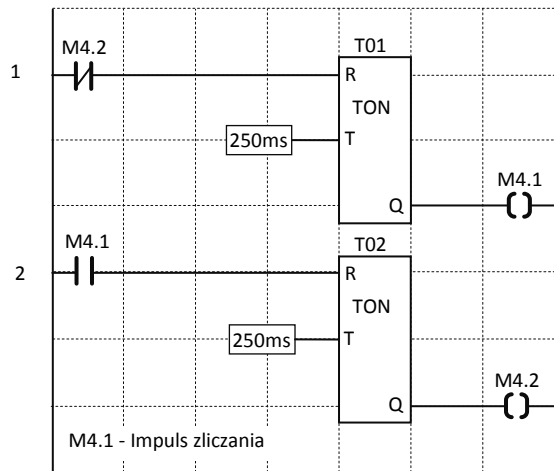
Koncepcja inteligentnego oświetlenia na terenie
Gminy i Miasta Lwówek Śląski

ZAŁĄCZNIK 2

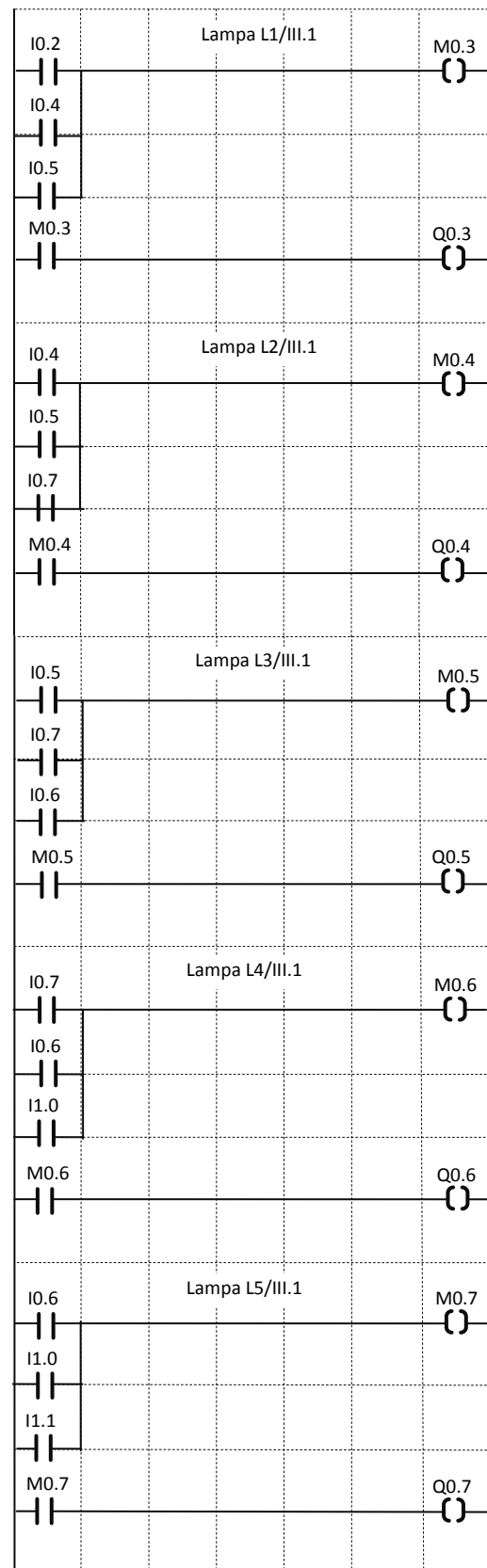
Algorytm sterowania oświetleniem ul. Kombatantów



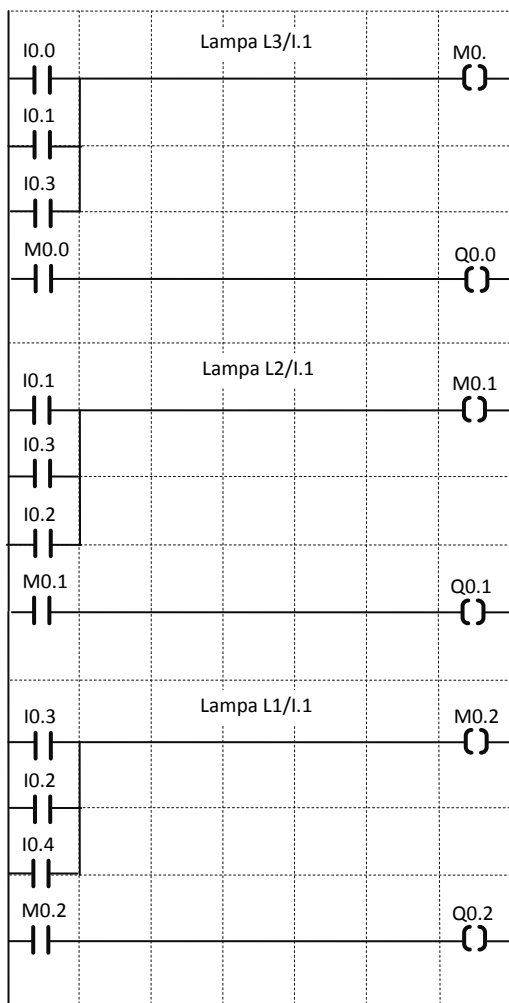
0Część 1 – Generator



Część 2 cd – Wzbudzenie lamp

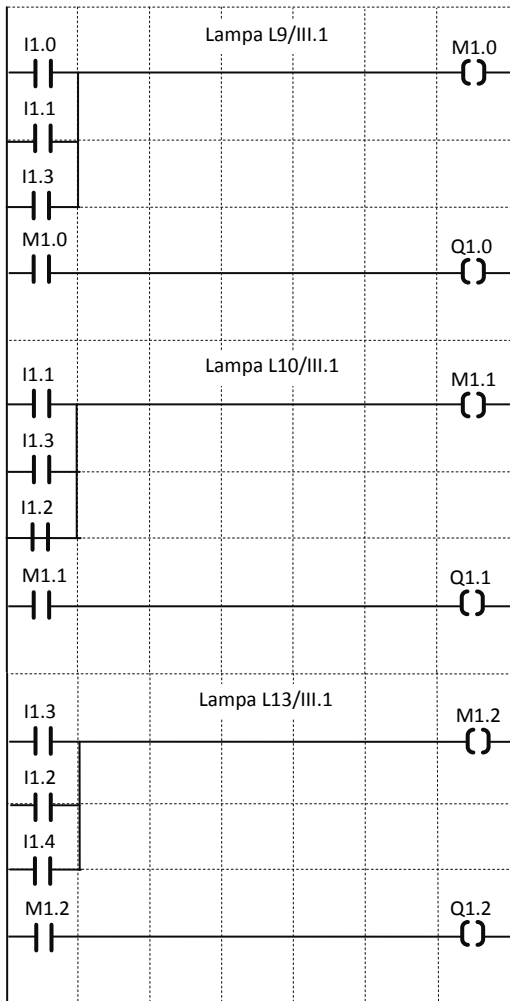


Część 2 – Wzbudzenie lamp

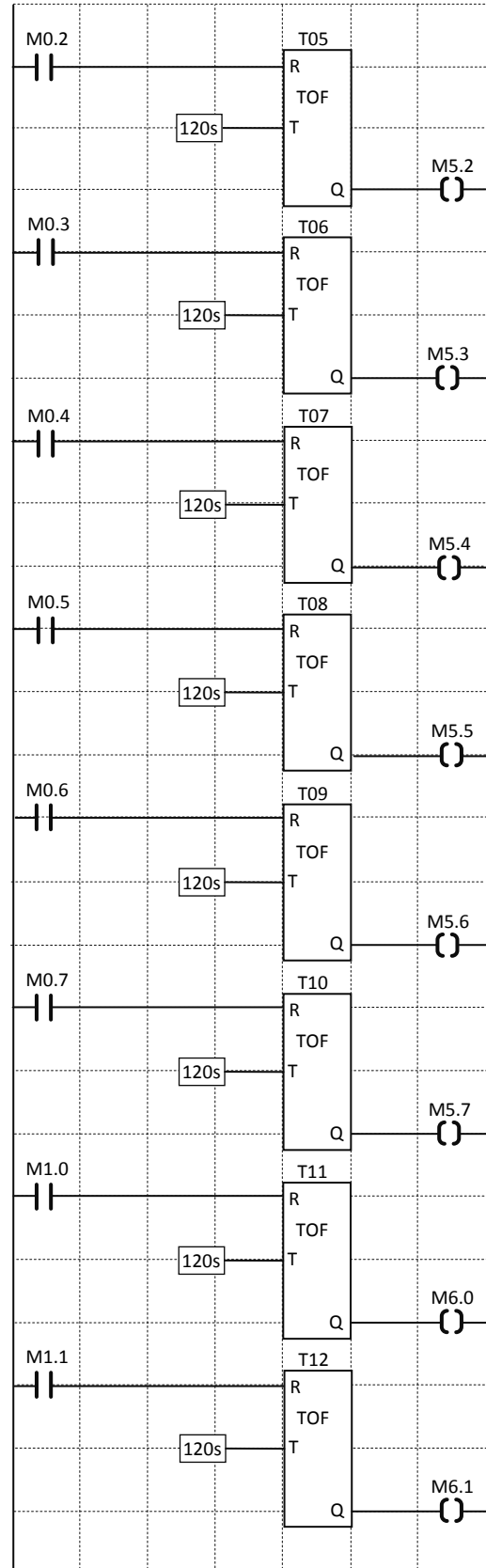




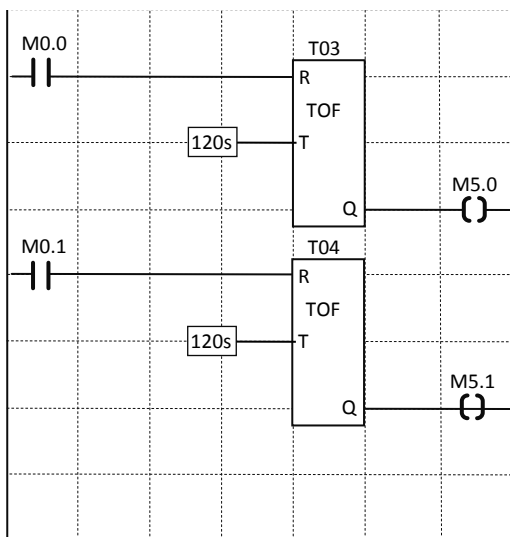
Część 2 cd – Wzbudzenie lamp



Część 3 cd – Opóźnienie wyłączenia lamp

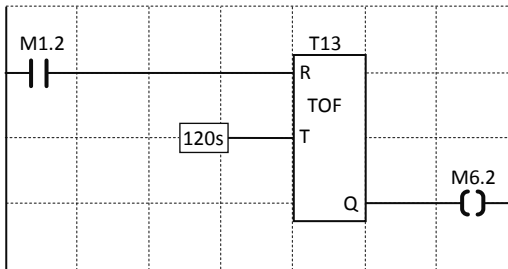


Część 3 – Opóźnienie wyłączenia lamp

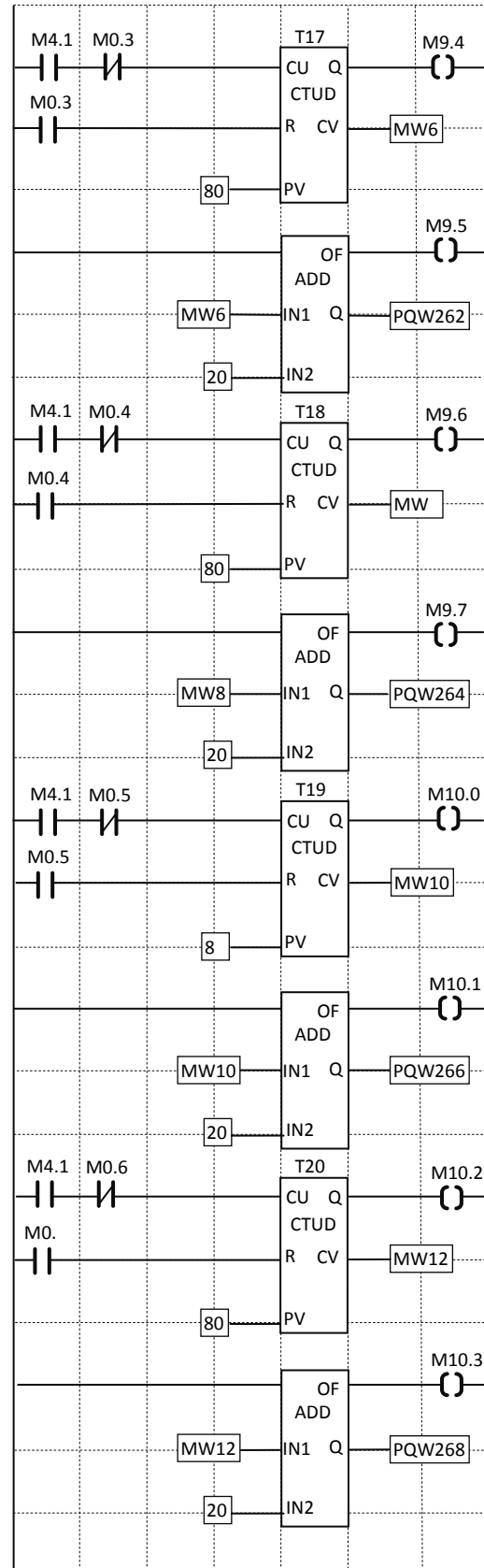




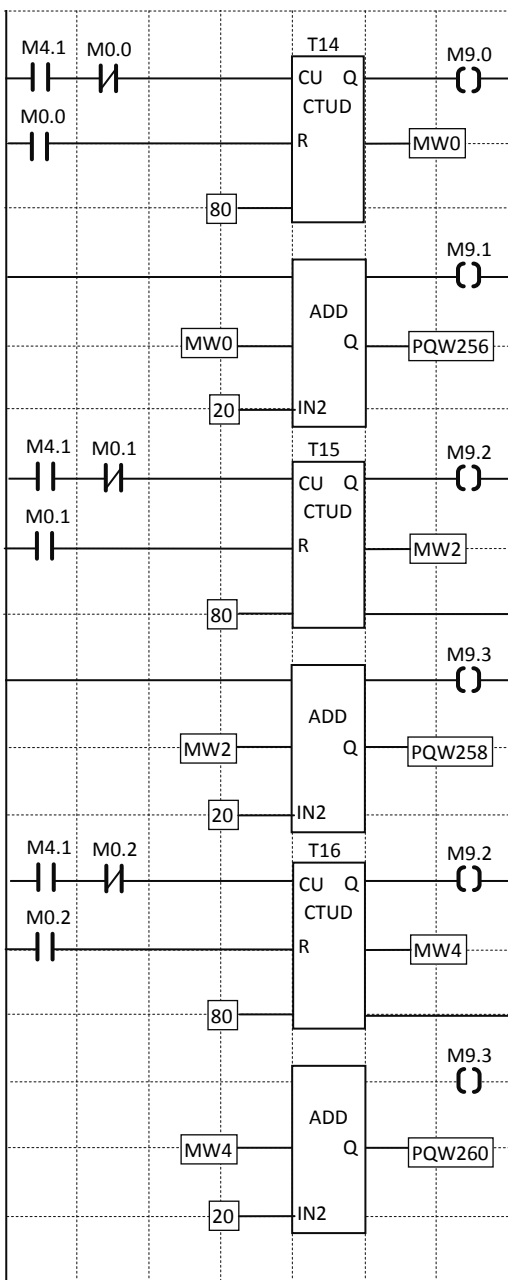
Część 3cd – Opóźnienie wyłączenia lamp



Część 4cd – łagodne gaszenie lamp

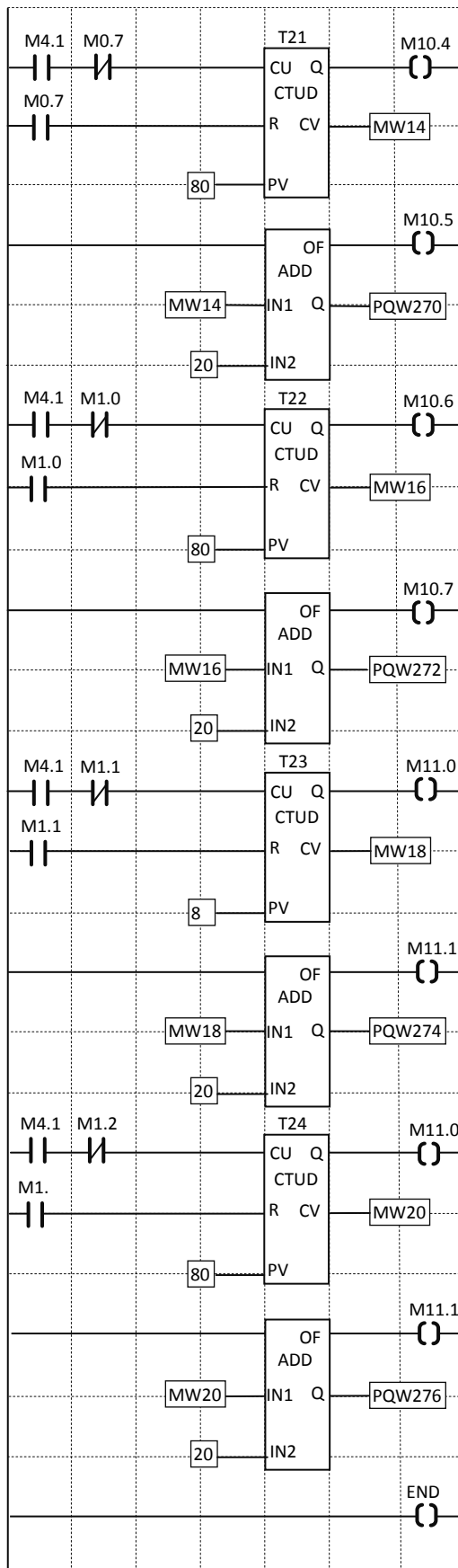


Część 4 – łagodne gaszenie lamp





Część 4cd – Łagodne gaszenie lamp





WP3 - DELIVERABLE D.T3.1.4

Koncepcja inteligentnego oświetlenia na terenie
Gminy i Miasta Lwówek Śląski

ZAŁĄCZNIK 3

Analiza opłacalności inwestycji- ulica Kombatantów

		kolejne lata									
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Splata kredytu											
1)	nakłady inwestycyjne	100%	100%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
2)	oprocentowanie (stałe)	4,36%	4,36%	4,36%	4,36%	4,36%	4,36%	4,36%	4,36%	4,36%	4,36%
3)	kapitał	54 784,00 zł	0,00 zł	0,00 zł	0,00 zł	0,00 zł	0,00 zł	0,00 zł	0,00 zł	0,00 zł	0,00 zł
4)	płatność ogółem	0,00 zł	5 129,58 zł	5 010,06 zł	4 890,54 zł	4 771,02 zł	4 651,50 zł	4 531,98 zł	4 412,46 zł	4 292,95 zł	4 173,43 zł
5)	odsetki	0,00 zł	2 390,38 zł	2 270,86 zł	2 151,34 zł	2 031,82 zł	1 912,30 zł	1 792,78 zł	1 673,26 zł	1 553,75 zł	1 434,23 zł
6)	rata kapitałowa	0,00 zł	2 739,20 zł	2 739,20 zł	2 739,20 zł	2 739,20 zł	2 739,20 zł	2 739,20 zł	2 739,20 zł	2 739,20 zł	2 739,20 zł
7)	saldo zaległości	54 784,00 zł	52 044,80 zł	49 305,60 zł	46 566,40 zł	43 827,20 zł	41 088,00 zł	38 348,80 zł	35 609,60 zł	32 870,40 zł	30 131,20 zł
Rachunek zysków i strat											
1)	koszt eksploatacji dla obecnej instalacji	4 302,81 zł	4 302,81 zł	4 302,81 zł	4 302,81 zł	4 302,81 zł	4 302,81 zł	4 302,81 zł	4 302,81 zł	4 302,81 zł	4 302,81 zł
2)	koszt eksploatacji instalacji po modernizacji	743,41 zł	743,41 zł	743,41 zł	743,41 zł	743,41 zł	743,41 zł	743,41 zł	743,41 zł	743,41 zł	743,41 zł
3)	zysk strata inwestycji	3 559,40 zł	3 559,40 zł	3 559,40 zł	3 559,40 zł	3 559,40 zł	3 559,40 zł	3 559,40 zł	3 559,40 zł	3 559,40 zł	3 559,40 zł
4)	amoryzacja	1 563,52 zł	1 563,52 zł	1 563,52 zł	1 563,52 zł	1 563,52 zł	1 563,52 zł	1 563,52 zł	1 563,52 zł	1 563,52 zł	1 563,52 zł
5)	koszty finansowe - odsetki	0,00 zł	2 390,38 zł	2 270,86 zł	2 151,34 zł	2 031,82 zł	1 912,30 zł	1 792,78 zł	1 673,26 zł	1 553,75 zł	1 434,23 zł
6)	zysk strata brutto	1 995,88 zł	-394,50 zł	-274,98 zł	-155,46 zł	-35,95 zł	83,57 zł	203,09 zł	322,61 zł	442,13 zł	561,65 zł
7)	zysk strata z lat ubiegłych	0,00 zł	1 995,88 zł	1 601,37 zł	1 326,39 zł	1 170,93 zł	1 134,98 zł	1 218,55 zł	1 421,65 zł	1 744,26 zł	2 186,39 zł
Rachunek przepływów pieniężnych (cash flow)											
1)	środki własne	0,00 zł	0,00 zł	0,00 zł	0,00 zł	0,00 zł	0,00 zł	0,00 zł	0,00 zł	0,00 zł	0,00 zł
2)	kredyty lub pożyczki	54 784,00 zł	0,00 zł	0,00 zł	0,00 zł	0,00 zł	0,00 zł	0,00 zł	0,00 zł	0,00 zł	0,00 zł
3)	przychody z działalności inwestycji	3 559,40 zł	3 559,40 zł	3 559,40 zł	3 559,40 zł	3 559,40 zł	3 559,40 zł	3 559,40 zł	3 559,40 zł	3 559,40 zł	3 559,40 zł
4)	wartość rezydualna majątku	0,00 zł	0,00 zł	0,00 zł	0,00 zł	0,00 zł	0,00 zł	0,00 zł	0,00 zł	0,00 zł	0,00 zł
5)	całkowity roczny wpływ gotówki	58 343,40 zł	3 559,40 zł	3 559,40 zł	3 559,40 zł	3 559,40 zł	3 559,40 zł	3 559,40 zł	3 559,40 zł	3 559,40 zł	3 559,40 zł
6)	nakłady inwestycyjne	54 784,00 zł	0,00 zł	0,00 zł	0,00 zł	0,00 zł	0,00 zł	0,00 zł	0,00 zł	0,00 zł	0,00 zł
7)	koszt działalności	0,00 zł	0,00 zł	0,00 zł	0,00 zł	0,00 zł	0,00 zł	0,00 zł	0,00 zł	0,00 zł	0,00 zł
8)	odsetki	0,00 zł	2 390,38 zł	2 270,86 zł	2 151,34 zł	2 031,82 zł	1 912,30 zł	1 792,78 zł	1 673,26 zł	1 553,75 zł	1 434,23 zł
9)	rata kapitałowa	0,00 zł	2 739,20 zł	2 739,20 zł	2 739,20 zł	2 739,20 zł	2 739,20 zł	2 739,20 zł	2 739,20 zł	2 739,20 zł	2 739,20 zł
10)	podatek dochodowy	0,00 zł	0,00 zł	0,00 zł	0,00 zł	0,00 zł	0,00 zł	0,00 zł	0,00 zł	0,00 zł	0,00 zł
11)	całkowity roczny wypływ gotówki	54 784,00 zł	5 129,58 zł	5 010,06 zł	4 890,54 zł	4 771,02 zł	4 651,50 zł	4 531,98 zł	4 412,46 zł	4 292,95 zł	4 173,43 zł
12)	roczny przepływ środków pieniężnych	3 559,40 zł	-1 570,18 zł	-1 450,66 zł	-1 331,14 zł	-1 211,62 zł	-1 092,10 zł	-972,58 zł	-853,06 zł	-733,55 zł	-614,03 zł
13)	stan środków pieniężnych na koniec okresu	3 559,40 zł	1 989,22 zł	538,56 zł	-792,58 zł	-2 004,20 zł	-3 096,30 zł	-4 068,88 zł	-4 921,95 zł	-5 655,49 zł	-6 269,52 zł
14)	Nadwyżka rocznych przepływów środków pieniężnych	3 559,40 zł	-1 570,18 zł	-1 450,66 zł	-1 331,14 zł	-1 211,62 zł	-1 092,10 zł	-972,58 zł	-853,06 zł	-733,55 zł	-614,03 zł
15)	stopa dyskontowa	7,35%	7,35%	7,35%	7,35%	7,35%	7,35%	7,35%	7,35%	7,35%	7,35%
16)	wartość czynnika dyskontowego dla stopy procentowej	0,9315	0,8677	0,8082	0,7529	0,7013	0,6533	0,6085	0,5668	0,5280	0,4918
17)	Zdyskontowana nadwyżka rocznych przepływów środków	3 315,56 zł	-1 362,41 zł	-1 172,48 zł	-1 002,18 zł	-849,70 zł	-713,42 zł	-591,82 zł	-483,53 zł	-387,30 zł	-301,99 zł
18)	zaktualizowana wartość nakładów inwestycyjnych	51 030,98 zł	0,00 zł	0,00 zł	0,00 zł	0,00 zł	0,00 zł	0,00 zł	0,00 zł	0,00 zł	0,00 zł
		11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
Splata kredytu											
1)	nakłady inwestycyjne	100%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
2)	oprocentowanie (stałe)	4,36%	4,36%	4,36%	4,36%	4,36%	4,36%	4,36%	4,36%	4,36%	4,36%
3)	kapitał	0,00 zł	0,00 zł	0,00 zł	0,00 zł	0,00 zł	0,00 zł	0,00 zł	0,00 zł	0,00 zł	0,00 zł
4)	płatność ogółem	4 053,91 zł	3 934,39 zł	3 814,87 zł	3 695,35 zł	3 575,83 zł	3 456,31 zł	3 336,79 zł	3 217,28 zł	3 097,76 zł	2 978,24 zł
5)	odsetki	1 314,71 zł	1 195,19 zł	1 075,67 zł	956,15 zł	836,63 zł	717,11 zł	597,59 zł	478,08 zł	358,56 zł	239,04 zł
6)	rata kapitałowa	2 739,20 zł	2 739,20 zł	2 739,20 zł	2 739,20 zł	2 739,20 zł	2 739,20 zł	2 739,20 zł	2 739,20 zł	2 739,20 zł	2 739,20 zł
7)	saldo zaległości	27 392,00 zł	24 652,80 zł	21 913,60 zł	19 174,40 zł	16 435,20 zł	13 696,00 zł	10 956,80 zł	8 217,60 zł	5 478,40 zł	2 739,20 zł
Rachunek zysków i strat											
1)	koszt eksploatacji dla obecnej instalacji	4 302,81 zł	4 302,81 zł	4 302,81 zł	4 302,81 zł	4 302,81 zł	4 302,81 zł	4 302,81 zł	4 302,81 zł	4 302,81 zł	4 302,81 zł
2)	koszt eksploatacji instalacji po modernizacji	743,41 zł	743,41 zł	743,41 zł	743,41 zł	743,41 zł	743,41 zł	743,41 zł	743,41 zł	743,41 zł	743,41 zł
3)	zysk strata inwestycji	3 559,40 zł	3 559,40 zł	3 559,40 zł	3 559,40 zł	3 559,40 zł	3 559,40 zł	3 559,40 zł	3 559,40 zł	3 559,40 zł	3 559,40 zł
4)	amoryzacja	1 563,52 zł	1 563,52 zł	1 563,52 zł	1 563,52 zł	1 563,52 zł	1 563,52 zł	1 563,52 zł	1 563,52 zł	1 563,52 zł	1 563,52 zł
5)	koszty finansowe - odsetki	1 314,71 zł	1 195,19 zł	1 075,67 zł	956,15 zł	836,63 zł	717,11 zł	597,59 zł	478,08 zł	358,56 zł	239,04 zł
6)	zysk strata brutto	681,17 zł	800,69 zł	920,21 zł	1 039,72 zł	1 159,24 zł	1 278,76 zł	1 398,28 zł	1 517,80 zł	1 637,32 zł	1 756,84 zł
7)	zysk strata z lat ubiegłych	2 748,04 zł	3 429,20 zł	4 229,89 zł	5 150,10 zł	6 189,82 zł	7 349,06 zł	8 627,83 zł	10 026,11 zł	11 543,91 zł	13 181,23 zł
Rachunek przepływów pieniężnych (cash flow)											
1)	środki własne	0,00 zł	0,00 zł	0,00 zł	0,00 zł	0,00 zł	0,00 zł	0,00 zł	0,00 zł	0,00 zł	0,00 zł
2)	kredyty lub pożyczki	0,00 zł	0,00 zł	0,00 zł	0,00 zł	0,00 zł	0,00 zł	0,00 zł	0,00 zł	0,00 zł	0,00 zł
3)	przychody z działalności inwestycji	3 559,40 zł	3 559,40 zł	3 559,40 zł	3 559,40 zł	3 559,40 zł	3 559,40 zł	3 559,40 zł	3 559,40 zł	3 559,40 zł	3 559,40 zł
4)	wartość rezydualna majątku	0,00 zł	0,00 zł	0,00 zł	0,00 zł	0,00 zł	0,00 zł	0,00 zł	0,00 zł	0,00 zł	0,00 zł
5)	całkowity roczny wpływ gotówki	3 559,40 zł	3 559,40 zł	3 559,40 zł	3 559,40 zł	3 559,40 zł	3 559,40 zł	3 559,40 zł	3 559,40 zł	3 559,40 zł	3 559,40 zł
6)	nakłady inwestycyjne	0,00 zł	0,00 zł	0,00 zł	0,00 zł	0,00 zł	0,00 zł	0,00 zł	0,00 zł	0,00 zł	0,00 zł
7)	koszt działalności	0,00 zł	0,00 zł	0,00 zł	0,00 zł	0,00 zł	0,00 zł	0,00 zł	0,00 zł	0,00 zł	0,00 zł
8)	odsetki	1 314,71 zł	1 195,19 zł	1 075,67 zł	956,15 zł	836,63 zł	717,11 zł	597,59 zł	478,08 zł	358,56 zł	239,04 zł
9)	rata kapitałowa	2 739,20 zł	2 739,20 zł	2 739,20 zł	2 739,20 zł	2 739,20 zł	2 739,20 zł	2 739,20 zł	2 739,20 zł	2 739,20 zł	2 739,20 zł
10)	podatek dochodowy	0,00 zł	0,00 zł	0,00 zł	0,00 zł	0,00 zł	0,00 zł	0,00 zł	0,00 zł	0,00 zł	0,00 zł
11)	całkowity roczny wypływ gotówki	4 053,91 zł	3 934,39 zł	3 814,87 zł	3 695,35 zł	3 575,83 zł	3 456,31 zł	3 336,79 zł	3 217,28 zł	3 097,76 zł	2 978,24 zł
12)	roczny przepływ środków pieniężnych	-494,51 zł	-374,99 zł	-255,47 zł	-135,95 zł	-16,43 zł	103,09 zł	222,61 zł	342,12 zł	461,64 zł	581,16 zł
13)	stan środków pieniężnych na koniec okresu	-6 764,03 zł	-7 139,02 zł	-7 394,49 zł	-7 530,44 zł	-7 546,87 zł	-7 443,78 zł	-7 221,18 zł	-6 879,05 zł	-6 417,41 zł	-5 836,25 zł
14)	Nadwyżka rocznych przepływów środków pieniężnych	-494,51 zł	-374,99 zł	-255,47 zł	-135,95 zł	-16,43 zł	103,09 zł	222,61 zł	342,12 zł	461,64 zł	581,16 zł
15)	stopa dyskontowa	7,35%	7,35%	7,35%	7,35%	7,35%	7,35%	7,35%	7,35%	7,35%	7,35%
16)	wartość czynnika dyskontowego dla stopy procentowej	0,4581	0,4267	0,3975	0,3703	0,3449	0,3213	0,2993	0,2788	0,2597	0,2419
17)	Zdyskontowana nadwyżka rocznych przepływów środków	-226,55 zł	-160,02 zł	-101,55 zł	-50,34 zł	-5,67 zł	33,12 zł	66,62 zł	95,37 zł	119,88 zł	140,57 zł
18)	zaktualizowana wartość nakładów inwestycyjnych	0,00 zł	0,00 zł	0,00 zł	0,00 zł	0,00 zł	0,00 zł	0,00 zł	0,00 zł	0,00 zł	0,00 zł

		kolejne lata										
		21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	
Splata kredytu												
1)	nakłady inwestycyjne	100%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	
2)	oprocentowanie (stale)		4,36%	4,36%	4,36%	4,36%	4,36%	4,36%	4,36%	4,36%	4,36%	
3)	kapitał		0,00 zł	0,00 zł	0,00 zł	0,00 zł	0,00 zł	0,00 zł	0,00 zł	0,00 zł	0,00 zł	
4)	płatność ogółem		2 858,72 zł	0,00 zł	0,00 zł	0,00 zł	0,00 zł	0,00 zł	0,00 zł	0,00 zł	0,00 zł	
5)	odsetki		119,52 zł	0,00 zł	0,00 zł	0,00 zł	0,00 zł	0,00 zł	0,00 zł	0,00 zł	0,00 zł	
6)	rata kapitałowa		2 739,20 zł	0,00 zł	0,00 zł	0,00 zł	0,00 zł	0,00 zł	0,00 zł	0,00 zł	0,00 zł	
7)	saldo zaległości		0,00 zł	0,00 zł	0,00 zł	0,00 zł	0,00 zł	0,00 zł	0,00 zł	0,00 zł	0,00 zł	
Rachunek zysków i strat												
1)	koszt eksploatacji dla obecnej instalacji		4 302,81 zł	4 302,81 zł	4 302,81 zł	4 302,81 zł	4 302,81 zł	4 302,81 zł	4 302,81 zł	4 302,81 zł	4 302,81 zł	
2)	koszt eksploatacji instalacji po modernizacji		743,41 zł	743,41 zł	743,41 zł	743,41 zł	743,41 zł	743,41 zł	743,41 zł	743,41 zł	743,41 zł	
3)	zysk strata inwestycji		3 559,40 zł	3 559,40 zł	3 559,40 zł	3 559,40 zł	3 559,40 zł	3 559,40 zł	3 559,40 zł	3 559,40 zł	3 559,40 zł	
4)	amoryzacja		1 563,52 zł	1 563,52 zł	1 563,52 zł	1 563,52 zł	1 563,52 zł	1 563,52 zł	1 563,52 zł	1 563,52 zł	1 563,52 zł	
5)	koszty finansowe - odsetki		119,52 zł	0,00 zł	0,00 zł	0,00 zł	0,00 zł	0,00 zł	0,00 zł	0,00 zł	0,00 zł	
6)	zysk strata brutto		1 876,36 zł	1 995,88 zł	1 995,88 zł	1 995,88 zł	1 995,88 zł	1 995,88 zł	1 995,88 zł	1 995,88 zł	1 995,88 zł	
7)	zysk strata z lat ubiegłych		14 938,06 zł	16 814,42 zł	18 810,30 zł	20 806,17 zł	22 802,05 zł	24 797,92 zł	26 793,80 zł	28 789,67 zł	30 785,55 zł	
Rachunek przepływów pieniężnych (cash flow)												
1)	środki własne		0,00 zł	0,00 zł	0,00 zł	0,00 zł	0,00 zł	0,00 zł	0,00 zł	0,00 zł	0,00 zł	
2)	kredyty lub pożyczki		0,00 zł	0,00 zł	0,00 zł	0,00 zł	0,00 zł	0,00 zł	0,00 zł	0,00 zł	0,00 zł	
3)	przychody z działalności inwestycji		3 559,40 zł	3 559,40 zł	3 559,40 zł	3 559,40 zł	3 559,40 zł	3 559,40 zł	3 559,40 zł	3 559,40 zł	3 559,40 zł	
4)	wartość rezydualna majątku		0,00 zł	0,00 zł	0,00 zł	0,00 zł	0,00 zł	0,00 zł	0,00 zł	0,00 zł	0,00 zł	
5)	całkowity roczny wpływ gotówki		3 559,40 zł	3 559,40 zł	3 559,40 zł	3 559,40 zł	3 559,40 zł	3 559,40 zł	3 559,40 zł	3 559,40 zł	3 559,40 zł	
6)	nakłady inwestycyjne		0,00 zł	0,00 zł	0,00 zł	0,00 zł	0,00 zł	0,00 zł	0,00 zł	0,00 zł	0,00 zł	
7)	koszt działalności		0,00 zł	0,00 zł	0,00 zł	0,00 zł	0,00 zł	0,00 zł	0,00 zł	0,00 zł	0,00 zł	
8)	odsetki		119,52 zł	0,00 zł	0,00 zł	0,00 zł	0,00 zł	0,00 zł	0,00 zł	0,00 zł	0,00 zł	
9)	rata kapitałowa		2 739,20 zł	0,00 zł	0,00 zł	0,00 zł	0,00 zł	0,00 zł	0,00 zł	0,00 zł	0,00 zł	
10)	podatek dochodowy		0,00 zł	0,00 zł	0,00 zł	0,00 zł	0,00 zł	0,00 zł	0,00 zł	0,00 zł	0,00 zł	
11)	całkowity roczny wypływ gotówki		2 858,72 zł	0,00 zł	0,00 zł	0,00 zł	0,00 zł	0,00 zł	0,00 zł	0,00 zł	0,00 zł	
12)	roczny przepływ środków pieniężnych		700,68 zł	3 559,40 zł	3 559,40 zł	3 559,40 zł	3 559,40 zł	3 559,40 zł	3 559,40 zł	3 559,40 zł	3 559,40 zł	
13)	stan środków pieniężnych na koniec okresu		-5 135,57 zł	-1 576,17 zł	1 983,23 zł	5 542,63 zł	9 102,03 zł	12 661,43 zł	16 220,83 zł	19 780,23 zł	23 339,63 zł	
14)	Nadwyżka rocznych przepływów środków pieniężnych		700,68 zł	3 559,40 zł	3 559,40 zł	3 559,40 zł	3 559,40 zł	3 559,40 zł	3 559,40 zł	3 559,40 zł	3 559,40 zł	
15)	stopa dyskontowa		7,35%	7,35%	7,35%	7,35%	7,35%	7,35%	7,35%	7,35%	7,35%	
16)	wartość czynnika dyskontowego dla stopy procentowej		0,2253	0,2099	0,1955	0,1821	0,1696	0,1580	0,1472	0,1371	0,1277	
17)	Zdyskontowana nadwyżka rocznych przepływów środków		157,87 zł	747,03 zł	695,86 zł	648,19 zł	603,78 zł	562,42 zł	523,89 zł	488,00 zł	454,57 zł	
18)	zaktualizowana wartość nakładów inwestycyjnych		0,00 zł	0,00 zł	0,00 zł	0,00 zł	0,00 zł	0,00 zł	0,00 zł	0,00 zł	0,00 zł	
kolejne lata												
Splata kredytu												
1)	nakłady inwestycyjne	100%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	
2)	oprocentowanie (stale)		4,36%	4,36%	4,36%	4,36%	4,36%	4,36%	4,36%	4,36%	4,36%	
3)	kapitał		0,00 zł	0,00 zł	0,00 zł	0,00 zł	0,00 zł	0,00 zł	0,00 zł	0,00 zł	0,00 zł	
4)	płatność ogółem		0,00 zł	0,00 zł	0,00 zł	0,00 zł	0,00 zł	0,00 zł	0,00 zł	0,00 zł	0,00 zł	
5)	odsetki		0,00 zł	0,00 zł	0,00 zł	0,00 zł	0,00 zł	0,00 zł	0,00 zł	0,00 zł	0,00 zł	
6)	rata kapitałowa		0,00 zł	0,00 zł	0,00 zł	0,00 zł	0,00 zł	0,00 zł	0,00 zł	0,00 zł	0,00 zł	
7)	saldo zaległości		0,00 zł	0,00 zł	0,00 zł	0,00 zł	0,00 zł	0,00 zł	0,00 zł	0,00 zł	0,00 zł	
Rachunek zysków i strat												
1)	koszt eksploatacji dla obecnej instalacji		4 302,81 zł	4 302,81 zł	4 302,81 zł	4 302,81 zł	4 302,81 zł	4 302,81 zł	4 302,81 zł	4 302,81 zł	4 302,81 zł	
2)	koszt eksploatacji instalacji po modernizacji		743,41 zł	743,41 zł	743,41 zł	743,41 zł	743,41 zł	743,41 zł	743,41 zł	743,41 zł	743,41 zł	
3)	zysk strata inwestycji		3 559,40 zł	3 559,40 zł	3 559,40 zł	3 559,40 zł	3 559,40 zł	3 559,40 zł	3 559,40 zł	3 559,40 zł	3 559,40 zł	
4)	amoryzacja		1 563,52 zł	1 563,52 zł	1 563,52 zł	1 563,52 zł	1 563,52 zł	1 563,52 zł	1 563,52 zł	1 563,52 zł	1 563,52 zł	
5)	koszty finansowe - odsetki		0,00 zł	0,00 zł	0,00 zł	0,00 zł	0,00 zł	0,00 zł	0,00 zł	0,00 zł	0,00 zł	
6)	zysk strata brutto		1 995,88 zł	1 995,88 zł	1 995,88 zł	1 995,88 zł	1 995,88 zł	1 995,88 zł	3 559,40 zł	3 559,40 zł	3 559,40 zł	
7)	zysk strata z lat ubiegłych		34 777,30 zł	36 773,18 zł	38 769,05 zł	40 764,93 zł	42 760,80 zł	44 756,68 zł				
Rachunek przepływów pieniężnych (cash flow)												
1)	środki własne		0,00 zł	0,00 zł	0,00 zł	0,00 zł	0,00 zł	0,00 zł	0,00 zł	0,00 zł	0,00 zł	
2)	kredyty lub pożyczki		0,00 zł	0,00 zł	0,00 zł	0,00 zł	0,00 zł	0,00 zł	0,00 zł	0,00 zł	0,00 zł	
3)	przychody z działalności inwestycji		3 559,40 zł	3 559,40 zł	3 559,40 zł	3 559,40 zł	3 559,40 zł	3 559,40 zł	3 559,40 zł	3 559,40 zł	3 559,40 zł	
4)	wartość rezydualna majątku		0,00 zł	0,00 zł	0,00 zł	0,00 zł	0,00 zł	0,00 zł	0,00 zł	0,00 zł	0,00 zł	
5)	całkowity roczny wpływ gotówki		3 559,40 zł	3 559,40 zł	3 559,40 zł	3 559,40 zł	3 559,40 zł	3 559,40 zł	3 559,40 zł	3 559,40 zł	3 559,40 zł	
6)	nakłady inwestycyjne		0,00 zł	0,00 zł	0,00 zł	0,00 zł	0,00 zł	0,00 zł	0,00 zł	0,00 zł	0,00 zł	
7)	koszt działalności		0,00 zł	0,00 zł	0,00 zł	0,00 zł	0,00 zł	0,00 zł	0,00 zł	0,00 zł	0,00 zł	
8)	odsetki		0,00 zł	0,00 zł	0,00 zł	0,00 zł	0,00 zł	0,00 zł	0,00 zł	0,00 zł	0,00 zł	
9)	rata kapitałowa		0,00 zł	0,00 zł	0,00 zł	0,00 zł	0,00 zł	0,00 zł	0,00 zł	0,00 zł	0,00 zł	
10)	podatek dochodowy		0,00 zł	0,00 zł	0,00 zł	0,00 zł	0,00 zł	0,00 zł	0,00 zł	0,00 zł	0,00 zł	
11)	całkowity roczny wypływ gotówki		0,00 zł	0,00 zł	0,00 zł	0,00 zł	0,00 zł	0,00 zł	0,00 zł	0,00 zł	0,00 zł	
12)	roczny przepływ środków pieniężnych		3 559,40 zł	3 559,40 zł	3 559,40 zł	3 559,40 zł	3 559,40 zł	3 559,40 zł	3 559,40 zł	3 559,40 zł	3 559,40 zł	
13)	stan środków pieniężnych na koniec okresu		30 458,43 zł	34 017,83 zł	37 577,23 zł	41 136,63 zł	44 696,03 zł	48 255,43 zł				
14)	Nadwyżka rocznych przepływów środków pieniężnych		3 559,40 zł	3 559,40 zł	3 559,40 zł	3 559,40 zł	3 559,40 zł	3 559,40 zł	3 559,40 zł	3 559,40 zł	3 559,40 zł	
15)	stopa dyskontowa		7,35%	7,35%	7,35%	7,35%	7,35%	7,35%				
16)	wartość czynnika dyskontowego dla stopy procentowej		0,1108	0,1032	0,0961	0,0896	0,0834	0,0777				
17)	Zdyskontowana nadwyżka rocznych przepływów środków		394,42 zł	367,40 zł	342,23 zł	318,79 zł	296,95 zł	276,61 zł				
18)	zaktualizowana wartość nakładów inwestycyjnych		0,00 zł	0,00 zł	0,00 zł	0,00 zł	0,00 zł	0,00 zł	0,00 zł	0,00 zł	0,00 zł	