

Kongres Bezpieczeństwa Ruchu Drogowego, Kraków 2025

Oświetlenie przejść dla pieszych poza terenem zabudowanym z wykorzystaniem paneli fotowoltaicznych

Autorzy

dr hab. inż. Krzysztof Tomczuk – IIM, SGGW

dr inż. Marcin Chrzanowicz – WE, PW

dr hab. inż. Piotr Tomczuk, prof. PW – WT, PW



SZKOŁA GŁÓWNA
GOSPODARSTWA
WIEJSKIEGO

**Politechnika
Warszawska**

KONGRES BEZPIECZEŃSTWA RUCHU DROGOWEGO 2025

Kraków, 12-14 marca 2025 r.

www.konferencjespecjalistyczne.pl

Zakres prezentacji

- Problem wypadkowości na przejściach dla pieszych.
- Omówienie analizowanych przypadków oświetlenia przejść dla pieszych.
- Przegląd technologii magazynowania energii elektrycznej.
- Opis modelu symulacyjnego w programie Matlab-Simulink.
- Przedstawienie analizowanych scenariuszy oświetleniowych.
- Wyniki badań.
- Wnioski.

Komenda Główna Policji w raporcie pt.: „Wypadki drogowe w Polsce w 2023 roku” podaje główne czynniki sprzyjające wypadkom na przejeściach dla pieszych:

- **Najwięcej wypadków śmiertelnych** jest poza obszarem zabudowanym,
- w miesiącach **Listopad i Grudzień**,
- w godzinach **16:00 – 19:00**,
- w **piątki** występuje najwięcej **potrąceń**,
- w **poniedziałki** jest najwięcej **wypadków śmiertelnych**,
- najwięcej wypadków powodują **samochody osobowe**,
- główny powód wypadku – **nieustąpienie pierwszeństwa**.

Prawdopodobna
przyczyna:
Nieprawidłowo
oświetlone przejście
dla pieszych !!!

Autonomiczne przejście dla pieszych



Rys.1. Przejście dla pieszych z systemem oświetleniowym zasilanym panelami PV z akumulatorami (Zdjęcie własne).

Typowy system autonomicznego oświetlenia przejścia dla pieszych

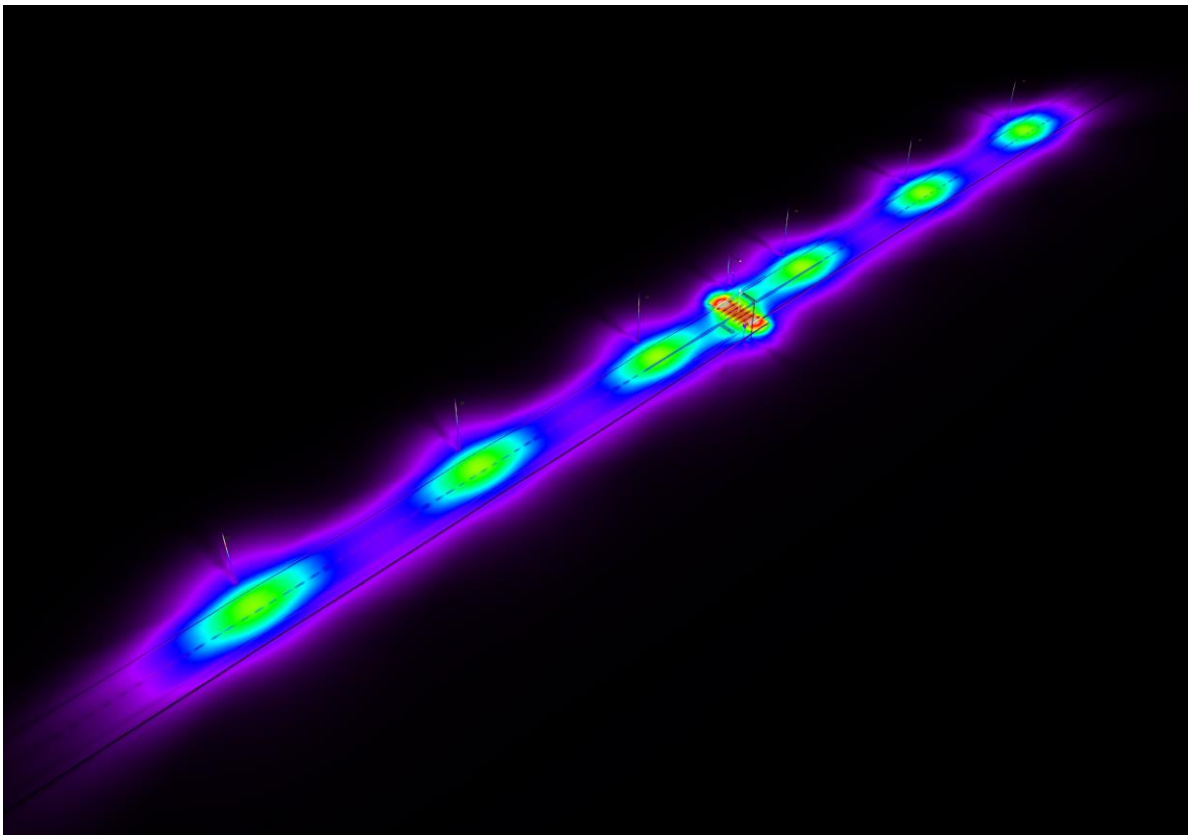
Zalety:

- LED o wysokiej skuteczności świetlnej,
- Panele PV,
- Akumulatory,
- Brak sieci elektroenergetycznej.

Wady:

- Problemy z poprawną pracą w okresie jesienno-zimowym,
- Brak oświetlonej strefy przejściowej.

Scenariusz oświetleniowy nr 1



Rys 2. Widok z programu DIALUX
(Opracowanie własne)

Chodniki przed przejściem - Klasa P1 (15 lx)

Strefa przejściowa 100m przed - Klasa C3 (15 lx)

Przejście dla pieszych - Klasa PC4 (25 lx)

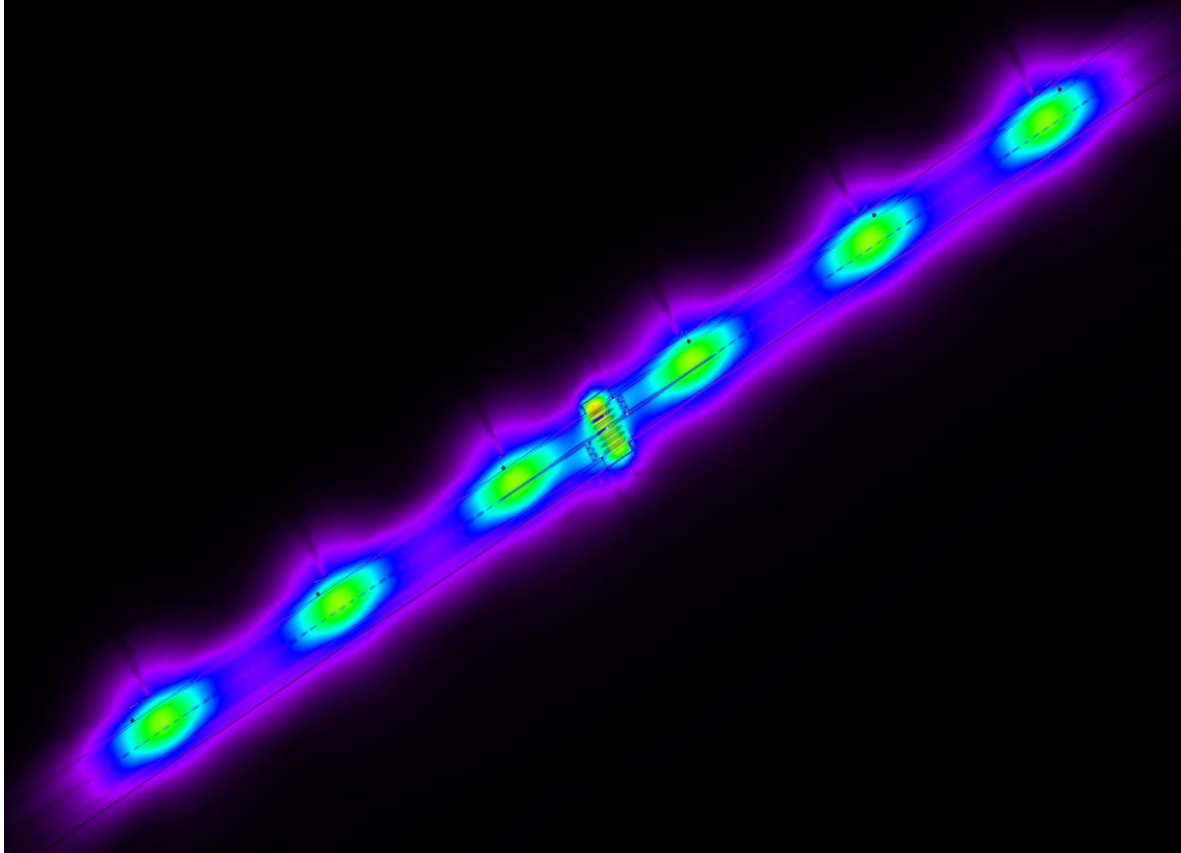
Strefa przejściowa 100m za - Klasa C3 (15 lx)

Chodniki za przejściem - Klasa P1 (15 lx)

Wymagana moc LED

483.6 W

Scenariusz oświetleniowy nr 2



Rys 3. Widok z programu DIALUX
(Opracowanie własne)

Chodniki przed przejściem - Klasa P1 (15 lx)

Strefa przejściowa 100m przed - Klasa C3 (15 lx)

Przejście dla pieszych - Klasa PC5 (15 lx)

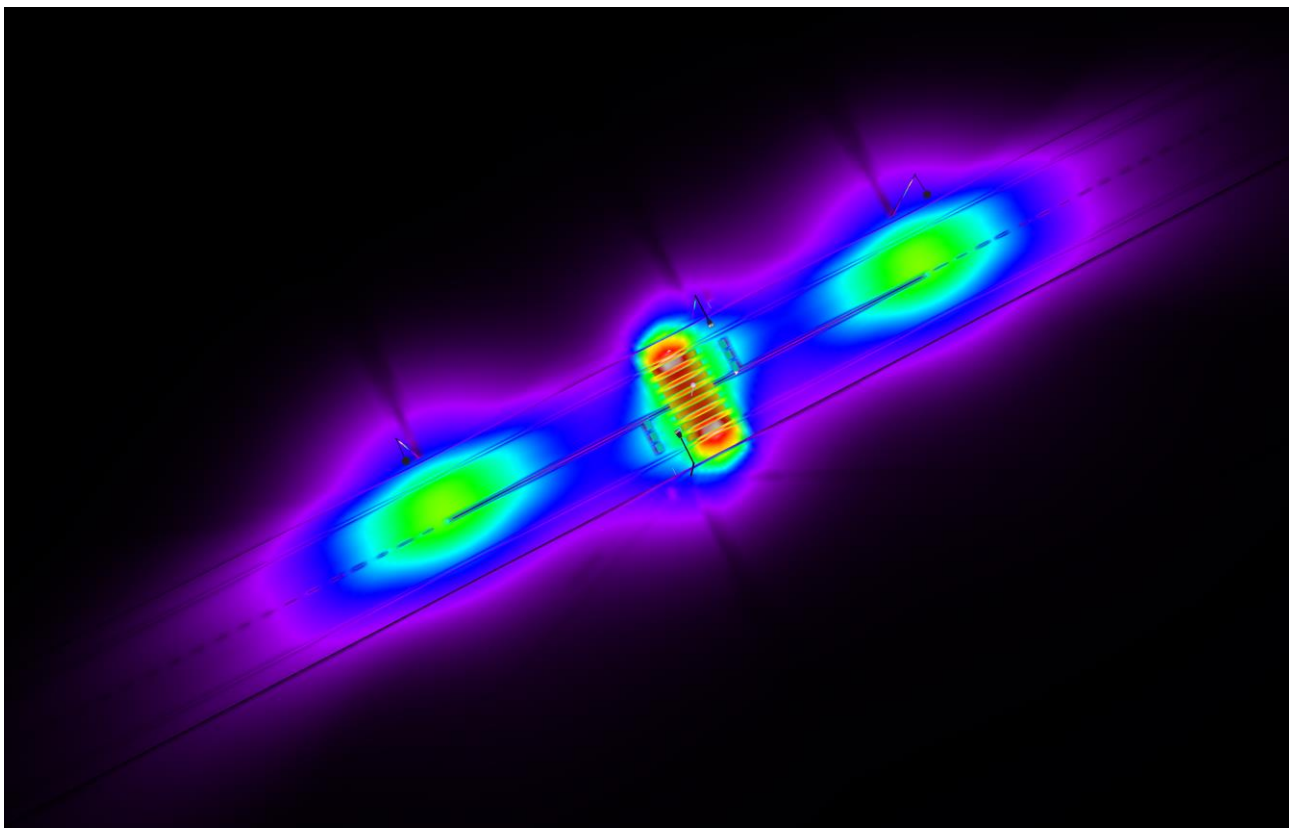
Strefa przejściowa 100m za - Klasa C3 (15 lx)

Chodniki za przejściem - Klasa P1 (15 lx)

Wymagana moc LED

459.8 W

Scenariusz oświetleniowy nr 3



Rys 4. Widok z programu DIALUX
(Opracowanie własne)

Chodniki przed przejściem - Klasa P1 (15 lx)

Strefa przejściowa 35 m- Klasa C3 (15 lx)

Przejście dla pieszych - Klasa PC4 (25 lx)

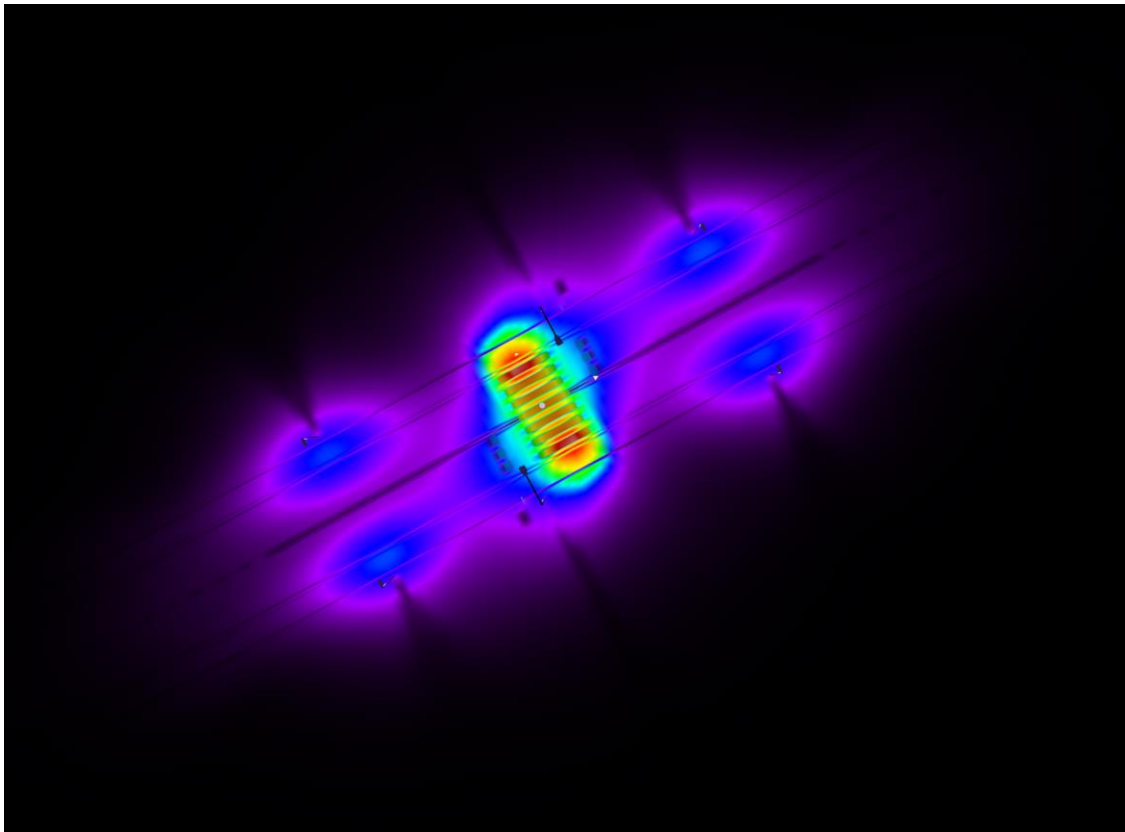
Strefa przejściowa 35 m- Klasa C3 (15 lx)

Chodniki za przejściem - Klasa P1 (15 lx)

Wymagana moc LED

191.6 W

Scenariusz oświetleniowy nr 4



Rys 5. Widok z programu DIALUX
(Opracowanie własne)

Chodniki 25m przed przejściem - Klasa P1 (15 lx)

Strefa przejściowa - BRAK

Przejście dla pieszych - Klasa PC4 (25 lx)

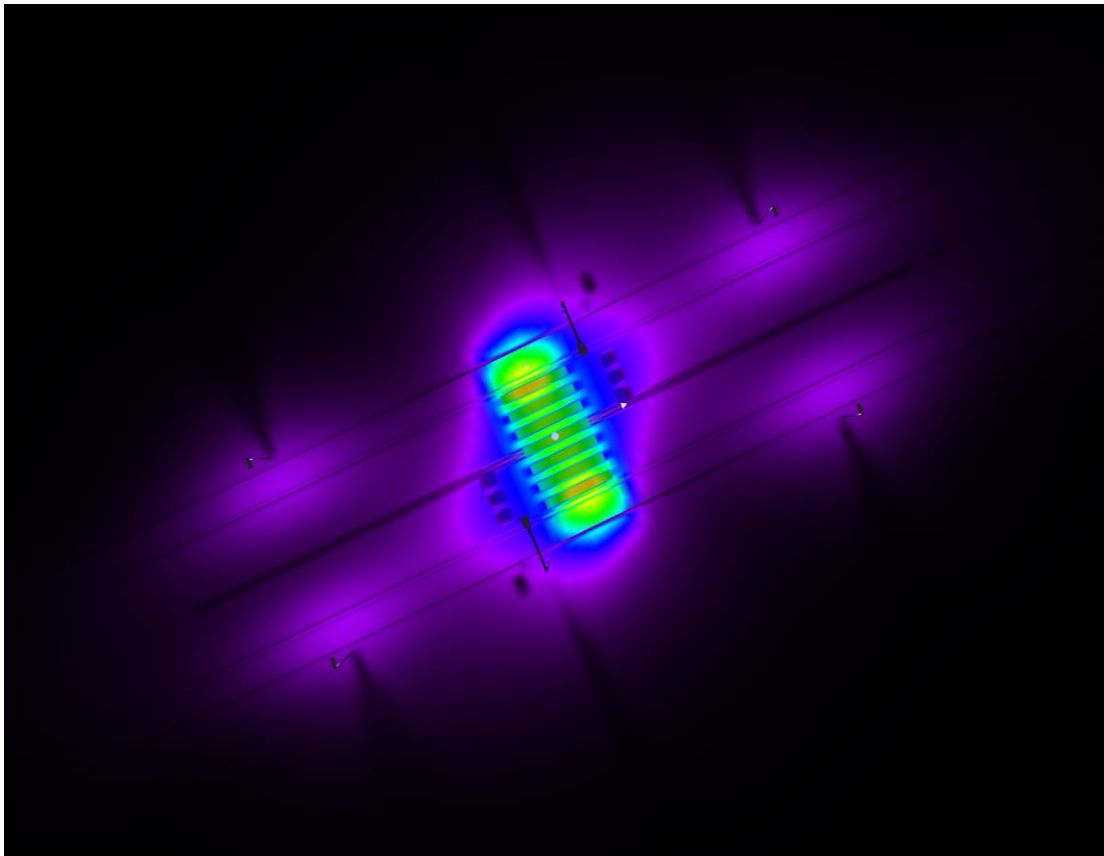
Strefa przejściowa - BRAK

Chodniki 25m za przejściem - Klasa P1 (15 lx)

Wymagana moc opraw LED

83.6 W

Scenariusz oświetleniowy nr 5



Rys 6. Widok z programu DIALUX
(Opracowanie własne)

Chodniki 25 m przed przejściem - Klasa P3 (7.5 lx)

Strefa przejściowa - BRAK

Przejście dla pieszych - Klasa PC5 (15 lx)

Strefa przejściowa - BRAK

Chodniki 25 m za przejściem - Klasa P3 (7.5 lx)

Wymagana moc opraw LED

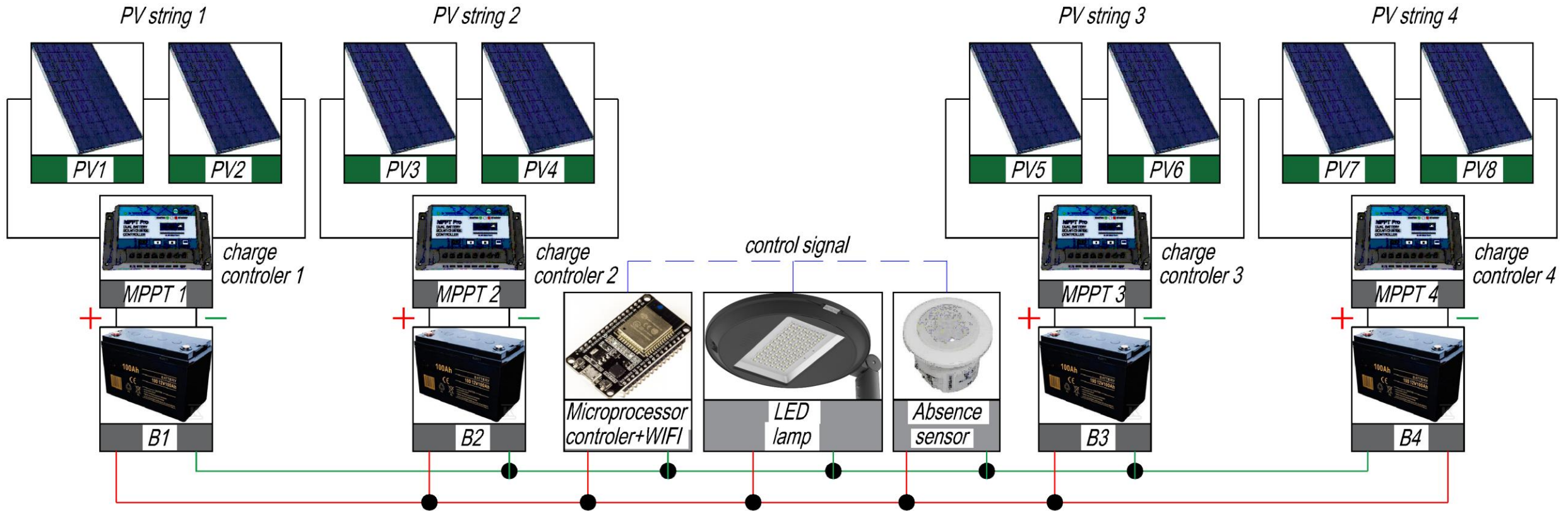
83.6 W <---> 47.7 W

Dzienny czas pracy systemów oświetleniowych

Numer scenariusza	Opis działania systemu w przyjętym scenariuszu oświetleniowym
1	Oświetlenie załącza się zgodnie ze wschodem i zachodem słońca. Podczas pracy oprawa pracuje ciągle ze stałą mocą o wartości 483.6 W.
2	Oświetlenie załącza się zgodnie ze wschodem i zachodem słońca. Podczas pracy oprawa pracuje ciągle ze stałą mocą o wartości 459.84 W.
3	Oświetlenie załącza się zgodnie ze wschodem i zachodem słońca. Podczas pracy oprawa pracuje ciągle ze stałą mocą o wartości 191.56 W.
4	Oświetlenie załącza się zgodnie ze wschodem i zachodem słońca. Podczas pracy oprawa pracuje ciągle ze stałą mocą o wartości 83.56 W.
5	Oświetlenie załącza się zgodnie ze wschodem i zachodem słońca. Podczas rozpoznania pieszego na przejściu moc zwiększa się z 47.68, W do 83.56 W na czas 45 s. Zasymulowano 200 przekroczeń ulicy, czas działania pełną mocą to 2.5h dziennie.

Tabela 1. Czasy pracy analizowanych systemów oświetleniowych

Schemat ideowy systemu zasilania



Rys. 7. Schemat ideowy autonomicznego systemu oświetleniowego

Magazynowanie energii elektrycznej

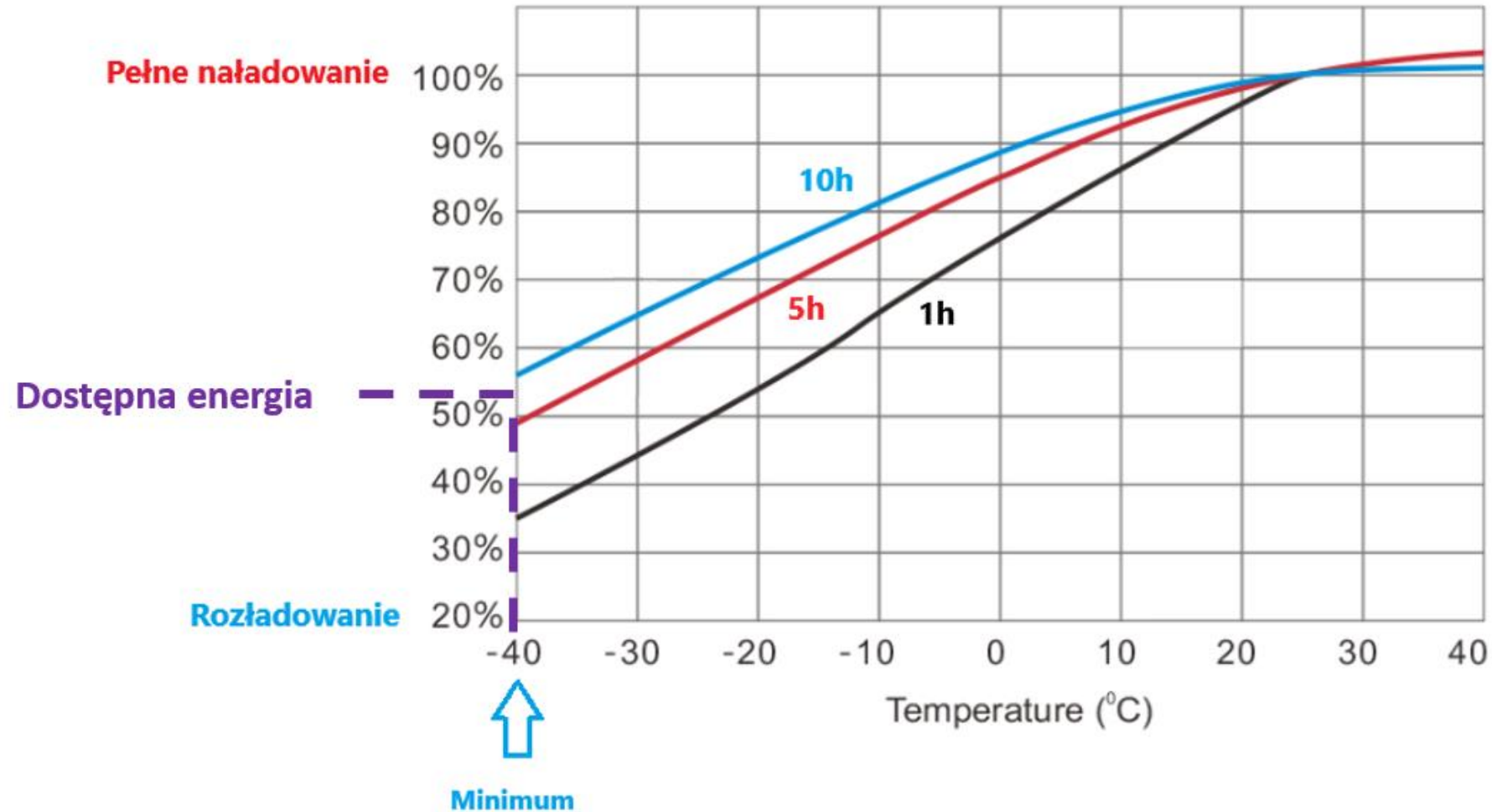
Główne parametry

Typ akumulatora	Zakres temperatur ładowania	Zakres temperatur rozładowania	Liczba cykli pracy	Gęstość energii	Szybkość ładowania
	[°C]	[°C]	[-]	[Wh/kg]	[C]
Li-ion (LFP)	0 ÷ 45	-20 ÷ 60	≥ 2000 @ 100 % DOD	90 ÷ 160	0.5 ÷ 1.3
Li-ion (NMC)	0 ÷ 45	-20 ÷ 55	≥ 3000 @ 75% DOD	180 ÷ 240	0.3 ÷ 1.0
NiMH	0 ÷ 45	-20 ÷ 50	≥ 1000 @ 50% DOD	60 - 120	0.1 ÷ 1.0
GEL Deep-cycle	0 ÷ 50	-20 ÷ 60	≥ 600 @ 50 % DOD	30 ÷ 50	0.1 ÷ 0.3
AGM	0 ÷ 50	-20 ÷ 60	≥ 600 @ 50 % DOD	30 ÷ 50	0.1 ÷ 0.3
Ni-Cd (negatywny efekt pamięci)	-20 ÷ 50	-20 ÷ 50	≥ 1000 @ 20 % DOD	12 ÷ 30	0.2 ÷ 0.4
Lead-Carbon (ołowiowo-węglowe)	-40 ÷ 65	-40 ÷ 65	≥ 2000 @ 50 % DOD	30 ÷ 50	0.1 ÷ 0.3

Tabela 2. Parametry akumulatorów wykonanych w różnych technologiach

Li-ion (LFP) - lithium ferrophosphate battery, NiMH - nickel-metal hydrate, NiCD - nickiel-cadium battery,
Li-ion (NMC) - nikiel-mangan-cobalt battery, GEL - gel battery battery, AGM - absorbent glass mat battery,
Lead Carbon - lead-carbon battery.

Magazynowanie energii elektrycznej



Rys. 8. Zależność pojemności od temperatury w **akumulatorach ołowiowo-węglowych (Lead-Carbon)**

Model symulacyjny

$$E_{pv} = \int P_{pv}(t) dt$$

$$E_{led} = \int P_{led}(t) dt$$

$$E_{batt} = \int P_{pv}(t) - P_{led}(t) dt$$

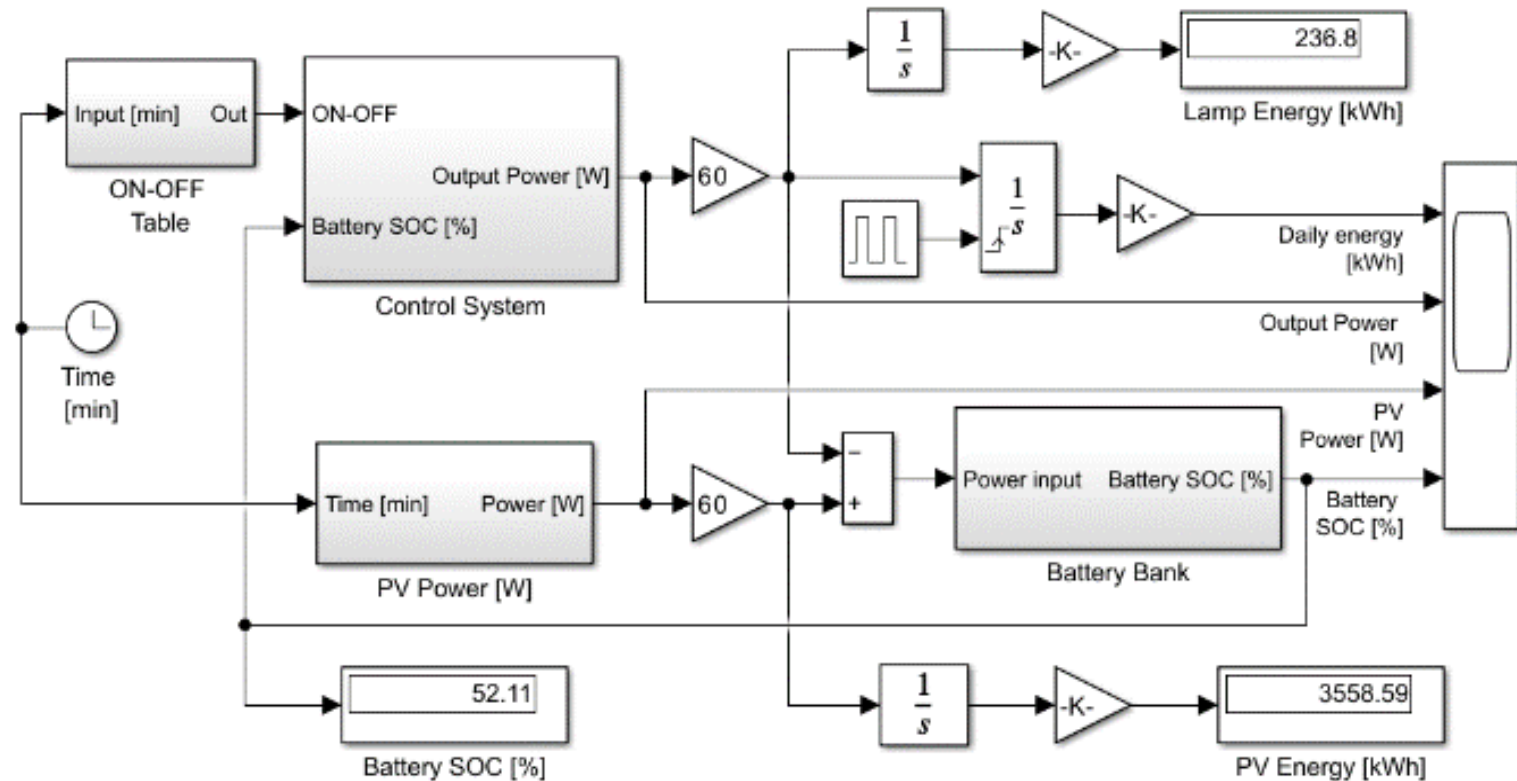
gdzie:

E_{pv} - energia produkowana przez instalację PV [J],

E_{led} - energia pobrana przez oprawę LED [J],

E_{batt} - energia zgromadzona w akumulatorze [J].

Rys. 7. Model matematyczny



Rys. 8. Widok modelu symulacyjnego w programie
Matlab – Simulink 2022b

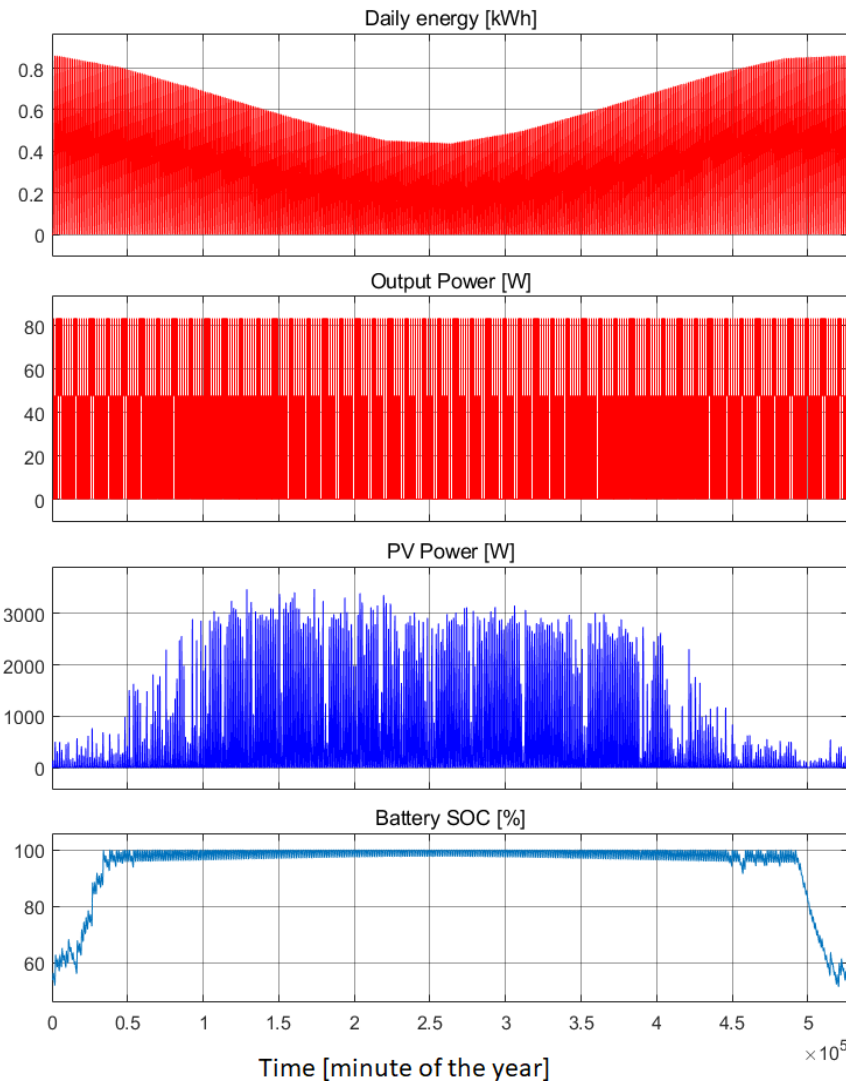
Parametry podzespołów systemu oświetleniowego

Podzespół	Parametry	Sztuk	Wartość
Panele PV	Panel PV 450 Wp	8	3,6 kWp
Akumulator	Akumulator Lead - Carbon 12V, 200Ah	8	19.2 kWh
Oprawa LED	Moc zgodna z symulowanym scenariuszem oświetleniowym	1	-
Regulator ładowania MPPT	Max Uoc=150V, Uout = 12V, Iout = 35A, P=500W	4	2,0 kW

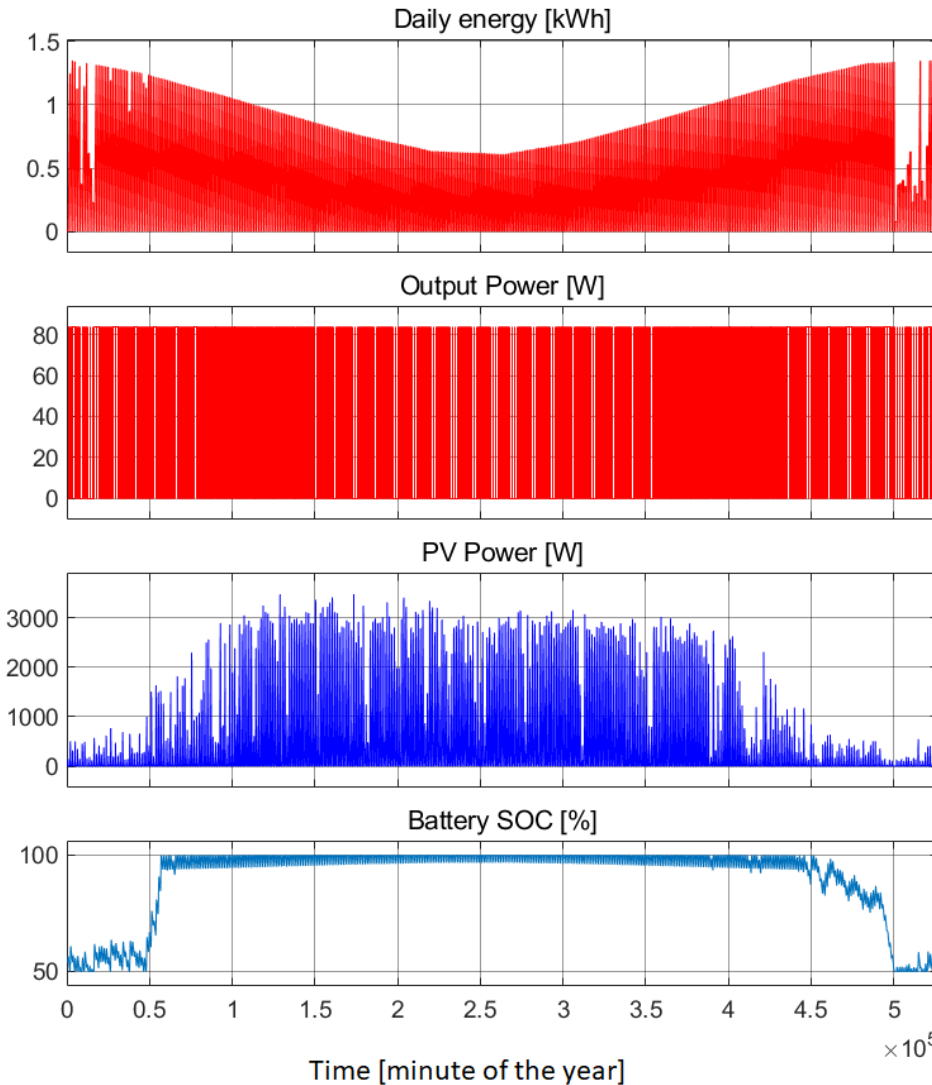
Tabela 3. Przyjęte do analizy parametry techniczne systemu oświetleniowego

Wyniki badań

Źródło: <https://doi.org/10.3390/app14073054>



Rys. 9. Wyniki analizy dla Scenariusza 5 (47W <---> 83W)



Rys. 10. Wyniki analizy dla Scenariusza 4 (83 W)

KONGRES BEZPIECZEŃSTWA RUCHU DROGOWEGO 2025

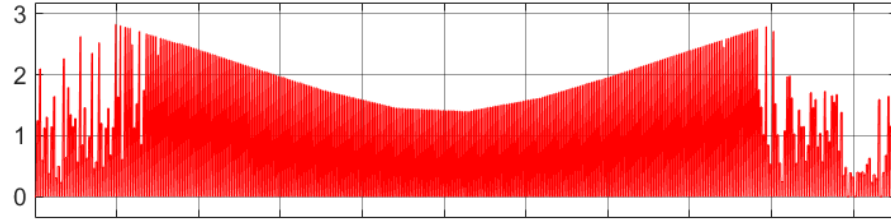
Kraków, 12-14 marca 2025 r.

www.konferencjespecjalistyczne.pl

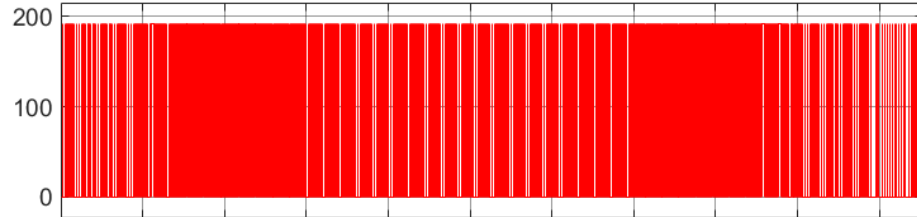
Wyniki badań

Źródło: <https://doi.org/10.3390/app14073054>

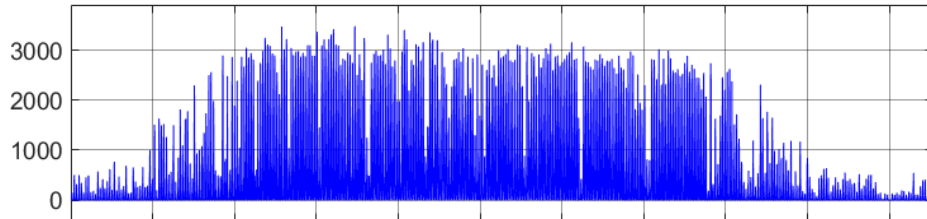
Daily energy [kWh]



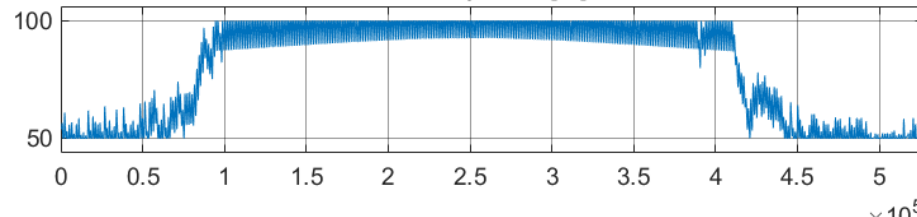
Output Power [W]



PV Power [W]



Battery SOC [%]

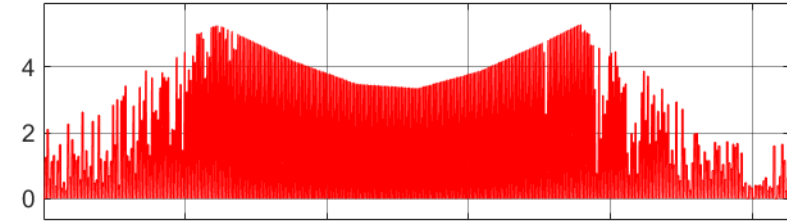


Time [minute of the year]

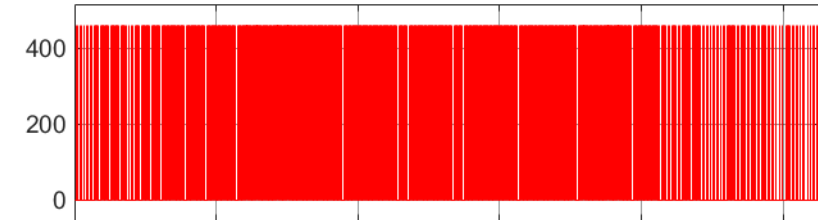
$\times 10^5$

Rys. 11. Wyniki analizy dla Scenariusza 3 (191 W)

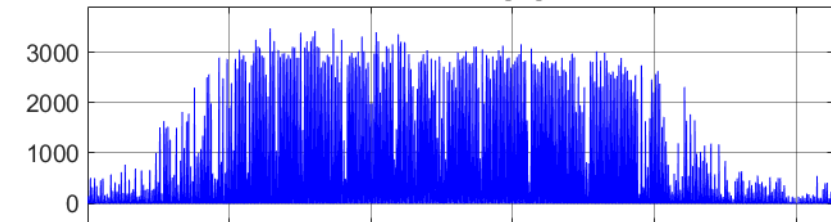
Daily energy [kWh]



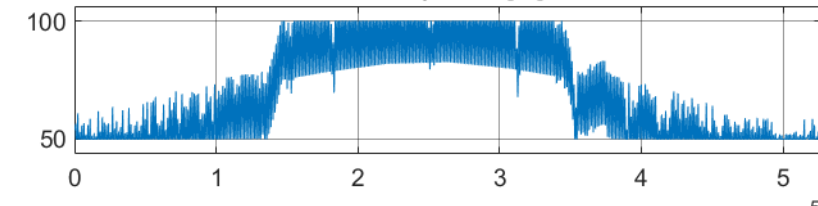
Output Power [W]



PV Power [W]



Battery SOC [%]



Time [minute of the year]

$\times 10^5$

Rys. 12. Wyniki analizy dla Scenariusza 2 (459 W)

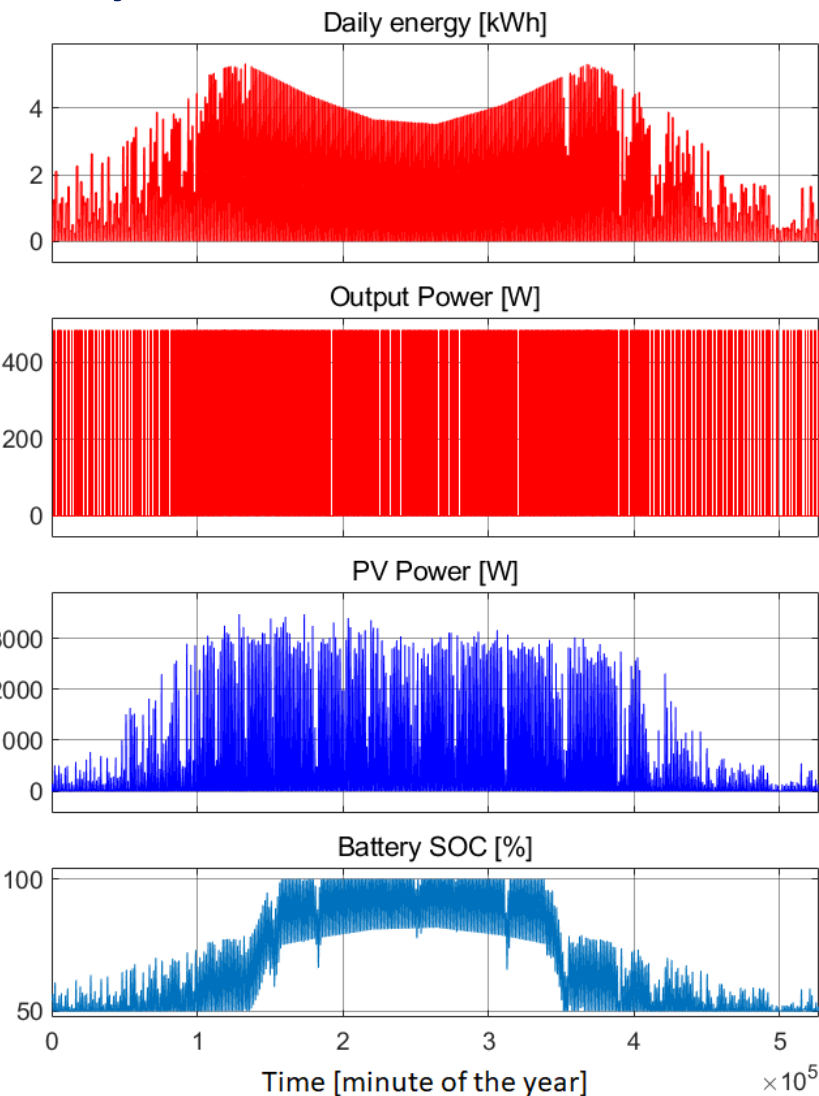
KONGRES BEZPIECZEŃSTWA RUCHU DROGOWEGO 2025

Kraków, 12-14 marca 2025 r.

www.konferencjespecjalistyczne.pl

Wyniki badań

Źródło: <https://doi.org/10.3390/app14073054>



Rys. 13. Wyniki analizy dla Scenariusza 1 (483 W)

Numer scenariusza (moc opraw)	Zakres dni w roku poprawnej pracy	Liczba dni w roku poprawnej pracy
1 (483 W)	97 ÷ 243	146 (40,0 %)
2 (459 W)	95 ÷ 267	172 (47,1 %)
3 (191 W)	48 ÷ 305	257 (70,4 %)
4 (83 W)	34 ÷ 347	313 (85,7 %)
5 (47 W <---> 83W)	1 ÷ 365	Cały rok (100 %)

Tabela 4. Czasy poprawnej pracy analizowanych systemów oświetleniowych

Wnioski

1. Scenariusze oświetleniowe 1,2,3,4 nie spełniły oczekiwań.
2. Scenariusz 5 pracujący ze zredukowaną mocą 47W i zwiększający ją do 83W przy każdym przekroczeniu ulicy umożliwia osiągnięcie zakładanych celów.
3. Przy silnym mrozie system nie powinien zużywać więcej niż 50% znamionowej energii analizowanego akumulatora ołowiowo-węglowego, co stwarza potrzebę jego przewymiarowania.
4. Nie wszystkie typy akumulatorów nadają się do stosowania na zewnątrz ze względu na **problemy z ładowaniem poniżej temperatury 0°C**.