

Krzysztof BARAN<sup>1</sup>  
Marcin LEŚKO<sup>2</sup>  
Henryk WACHTA<sup>3</sup>

## **HYBRYDOWE SYSTEMY OŚWIETLENIA DROGOWEGO**

Oświetlenie drogowe jest jednym z ważniejszych czynników bezpieczeństwa ruchu i bezpieczeństwa publicznego. Obecnie zdecydowaną większość oświetlenia drogowego stanowią oprawy z wyładowczymi źródłami światła. Gwałtowny rozwój energooszczędnej technologii LED, jak również dyrektywy unijne o wymianie mało wydajnych źródeł na źródła energooszczędne, spowodowały, że coraz częściej oprawy w technologii LED stosowane są również do oświetlenia drogowego. Oprawy LED posiadają wiele zalet m.in. wysoka skuteczność świetlna, długa żywotność często przekraczająca 50 000 godzin, odporność na wstrząsy mechaniczne czy duża energooszczędność, pozwalająca na uzyskanie do 80% oszczędności w zużyciu energii elektrycznej, w porównaniu do tradycyjnych źródeł światła wytwarzających przybliżoną wartość strumienia świetlnego. Dodatkowo diody LED są źródłami niskonapięciowymi, dzięki czemu do ich zasilania mogą być użyte źródła, które pozyskują energię z odnawialnych źródeł. Połączenie energii uzyskanej z turbiny wiatrowej i panelu fotowoltaicznego do zasilania opraw drogowych nosi nazwę hybrydowego systemu oświetlenia. Systemy takie, zasilane z energii wiatru i energii słonecznej, mogą być autonomicznymi systemami oświetlenia drogowego. Rozwiązania takie są szczególnie przydatne w miejscach, gdzie nie ma infrastruktury elektroenergetycznej i nie ma możliwości zasilania z sieci elektrycznej. W artykule przedstawiono budowę oraz zasadę działania hybrydowego systemu oświetlenia drogowego. Szczegółowo omówiono wraz z przykładowymi parametrami, elementy wchodzące w skład takiego systemu. Przedstawiono możliwość wykorzystania wymienionych systemów w warunkach klimatycznych Polski, jak również opisano aspekt optymalnego doboru poszczególnych elementów, gwarantujących prawidłowe działanie systemu hybrydowego. Szacuje się, że w ciągu następnych kilkunastu lat, wraz z sukcesywnym rozwojem technologii LED oraz systemów odnawialnych źródeł energii, systemy hybrydowe staną się w jeszcze większym stopniu konkurencyjnym i alternatywnym rozwiązaniem dla tradycyjnych opraw drogowych.

<sup>1</sup> Autor do korespondencji: Krzysztof Baran, mgr inż., Politechnika Rzeszowska, Katedra Energoelektroniki i Elektroenergetyki, ul. Wincentego Pola 2 35-959 Rzeszów, kbaran@prz.edu.pl

<sup>2</sup> Marcin Leško, mgr inż., Politechnika Rzeszowska, Katedra Energoelektroniki i Elektroenergetyki, ul. Wincentego Pola 2 35-959 Rzeszów, mlesko@prz.edu.pl

<sup>3</sup> Henryk Wachta, dr, Politechnika Rzeszowska, Katedra Energoelektroniki i Elektroenergetyki, ul. Wincentego Pola 2 35-959 Rzeszów, hwachta@prz.edu.pl

**Słowa kluczowe:** oprawa drogowa, odnawialne źródła energii, panel fotowoltaiczny, turbina wiatrowa, źródła światła LED

## 1. Wprowadzenie

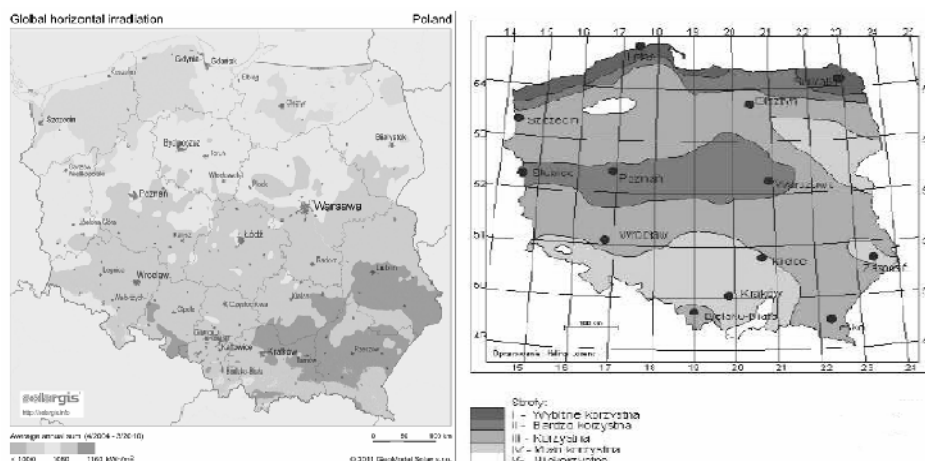
Energia elektryczna pozyskiwana z odnawialnych źródeł energii, w coraz większym stopniu, staje się alternatywnym sposobem zasilania wielu urządzeń elektrycznych. Otrzymana w ten sposób energia może być dopełnieniem istniejącego już, tradycyjnego sposobu zasilania, jak również może stać się jedynym i niezależnym źródłem energii. Możliwość takiego rodzaju zasilania znalazła zastosowanie m.in. w technice świetlnej do oświetlenia zewnętrznego. Rozwój nowych, efektywnych źródeł światła w technologii LED i zastosowanie ich do oświetlenia drogowego, pozwoliło na wykorzystanie odnawialnych źródeł energii do autonomicznego zasilania opraw drogowych. Poprawna praca takiej oprawy drogowej, możliwa jest dzięki wykorzystaniu energii uzyskanej z panelu fotowoltaicznego, jak również z turbiny wiatrowej. Połączenie tych dwóch źródeł odnawialnej energii do zasilania opraw drogowych, nosi nazwę tzw. hybrydowego systemu oświetlenia drogowego.

W artykule przedstawiono ideę działania takiego systemu, jak również omówiono przykładowe komponenty wchodzące w skład hybrydowego systemu oświetlenia drogowego.

## 2. Idea wykorzystania odnawialnych źródeł energii do oświetlenia drogowego

Wykorzystanie energii odnawialnej pochodzącej z hybrydowych, czyli słoneczno-wiatrowych systemów zasilania, stało się możliwe dzięki przeanalizowaniu wyników badań meteorologicznych. Warunki klimatyczne Polski pod względem możliwości wykorzystania energii wiatru i Słońca są relatywnie korzystne. Charakteryzują się jednak znaczną zmiennością w cyklu rocznym, jak i nierównomiernym rozkładem dla różnych rejonów Polski.

Wielkość energii słonecznej, która dociera do dowolnego odbiornika jest bardzo zróżnicowana w zależności od lokalizacji. Częste zachmurzenia oraz duże opady jesienią i wiosną, a także niskie temperatury powietrza zimą, wpływają na bardzo nierównomierny rozkład napromieniowania w cyklu rocznym. Około 80 % całkowitego rocznego napromieniowania przypada na siedem miesięcy okresu wiosenno-letniego ( od kwietnia do października), przy czym czas operacji słonecznej w okresie letnim wydłuża się do 16 godzin dziennie, natomiast w zimie skraca się do 8 godzin dziennie [2,4,5].



Rys. 1. Średnie nasłonecznienie oraz strefy wiatrowe dla Polski [7]

Fig. 1. Average solar radiation energy and wind zones for Poland [7]

Również rozkład energii wiatru w Polsce charakteryzują się znaczną zmiennością, zarówno w cyklu rocznym, gdzie średnia prędkość wiatru w okresie jesienno-zimowym jest większa niż w okresie letnim, jak również zmiennym rozkładem dla różnych rejonów Polski [1].

Roczna analiza pod względem dni wietrznych i dni słonecznych wykazuje pewne niedostatki, jednego jak i drugiego źródła energii. Kilka dni bezwietrznych zatrzymuje działanie turbiny wiatrowej, podobnie, jak kilka dni pochmurnych nie generuje odpowiedniej ilości energii z paneli fotowoltaicznych. Dopiero połączenie tych dwóch systemów, które wzajemnie się dopełniają, daje możliwość autonomicznego zasilenia oprawy drogowej pracującej przez cały rok.

Znaczącym czynnikiem rozwojowym hybrydowych systemów oświetlenia drogowego, było zastosowanie źródeł światła w najnowszej technologii LED. Duża energooszczędność, pozwalająca na uzyskanie do 80% oszczędności w zużyciu energii elektrycznej, w porównaniu do tradycyjnych źródeł światła wytwarzających przybliżoną wartość strumienia świetlnego [6], jest kluczowym elementem poprawnego działania takiego systemu.

Pierwsze rozwiązania hybrydowego oświetlenia drogowego zastosowane w Polsce, nie zawsze gwarantowały pewność świecenia: elementy były często dobierane przypadkowo bez dokładnej analizy. Zdarzało się, że oświetlenie takie działało krótko w porze letniej a zimą nie działało wcale. Niestety, rozwiązania takie spotkać można jeszcze w obecnym czasie, dlatego bardzo ważny jest optymalny dobór podzespołów systemu hybrydowego, gwarantujący poprawne działanie dla danych warunków klimatycznych. Przy obecnym poziomie technologicznym i prawidłowym doborze elementów systemu hybrydowego, można praktycznie zagwarantować 100-procentową pewność świecenia opraw [3].



Rys. 2. Widok dzienny oraz nocny poprawnie działającego hybrydowego systemu oświetlenia [7]

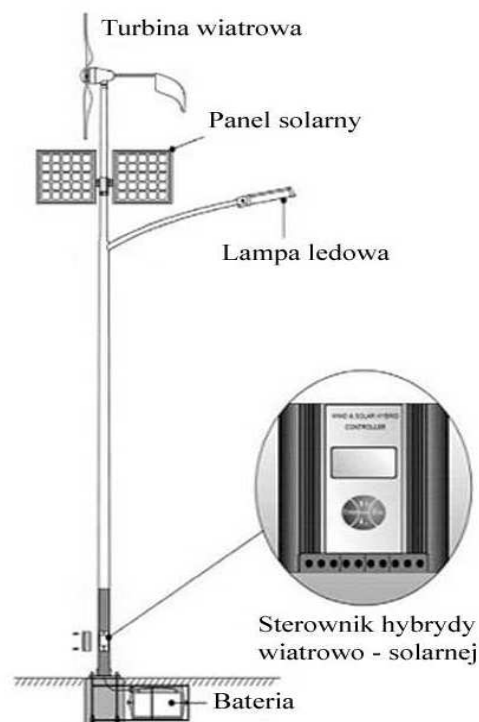
Fig. 2. Day and night view of the properly functioning hybrid lighting system [7]

W chwili obecnej hybrydowe systemy oświetlenia, wykorzystujące energię Słońca i wiatru, stają się dużą konkurencją dla systemów tradycyjnego oświetlenia z wyładowczymi źródłami światła. Systemy takie są również niezwykle użyteczne w miejscach, gdzie nie ma infrastruktury elektroenergetycznej i nie ma możliwości zasilania z sieci energetycznej. Gminy oraz samorzady coraz chętniej decydują się na wykorzystanie tego typu systemów do oświetlenia drogowego. Duża efektywność oraz znaczna długość życia takich systemów w szybkim tempie zwraca nakład finansowy na tego typu systemy. Dodatkowo, zastosowanie energooszczędnych i ekologicznych rozwiązań powoduje, że samorzady starając się o tego typu inwestycje, mogą liczyć na różnego rodzaju dopłaty i finansowe wsparcie.

### 3. Budowa hybrydowego systemu oświetlenia

Zaproponowany system oświetlenia hybrydowego składa się z następujących elementów:

- panele fotowoltaiczne (PV) wykonane w technologii krzemu monokrystalicznego lub polikrystalicznego, jako źródło energii elektrycznej otrzymywanej z energii słonecznej,
- turbina wiatrowa jako źródło energii elektrycznej otrzymywanej z energii wiatrowej,
- oprawa oświetleniowa typu LED,
- akumulator do gromadzenia energii Słońca i wiatru, jak również do zasilania oprawy LED,
- sterownik do sterowania pracą wszystkich komponentów systemu hybrydowego,
- słup jako konstrukcja nośna dla elementów systemu.



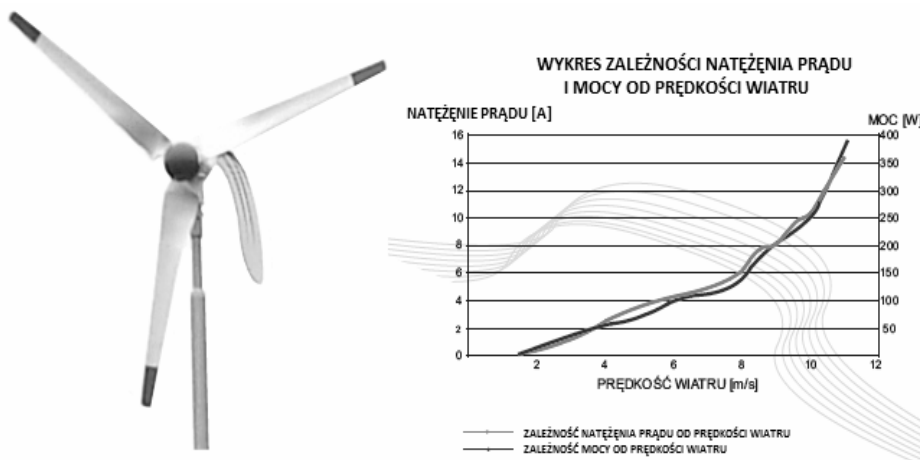
Rys. 3. Schemat strukturalny hybrydowego systemu oświetlenia [7]

Fig. 3. Structural scheme of the hybrid lighting system [7]

Na rysunku 3. przedstawiony został schemat strukturalny hybrydowego systemu oświetlenia. Energia uzyskana z panelu fotowoltaicznego oraz turbiny wiatrowej przekazywana jest do akumulatora. Kontrolę nad poprawnym działaniem całego układu sprawuje sterownik, który kieruje również pracą odbiorników energii elektrycznej. W przypadku występowania energii wiatru oprawa zasilana jest bezpośrednio z generatora wiatrowego, natomiast, gdy mamy do czynienia z bezwietrznym dniem, oprawa zasilana jest z akumulatora, który następnie jest doładowywany z panelu fotowoltaicznego. System hybrydowy zazwyczaj wyposażony jest w akumulatory żelowe, które pozwalają na nieprzerwane działanie systemu w zaprojektowanym przedziale czasowym, wynoszącym przeważnie od trzech do pięciu dni. W praktyce oznacza to, że jeśli zdarzy się pięć dni pochmurnych i zarazem bezwietrznych, to światła uliczne w tym przedziale czasu nie przestaną działać.

### 3.1. Turbina wiatrowa

Zadaniem turbiny wiatrowej jest przekształcanie energii mechanicznej generowanej przez wiatr na energię elektryczną. W systemach hybrydowych stosowane są turbiny o mocach rzędu kilkuset watów. Głównym wymaganiem stawianym generatorom wiatrowym jest zapewnienie produkcji energii przy jak najmniejszej prędkości wiatru.



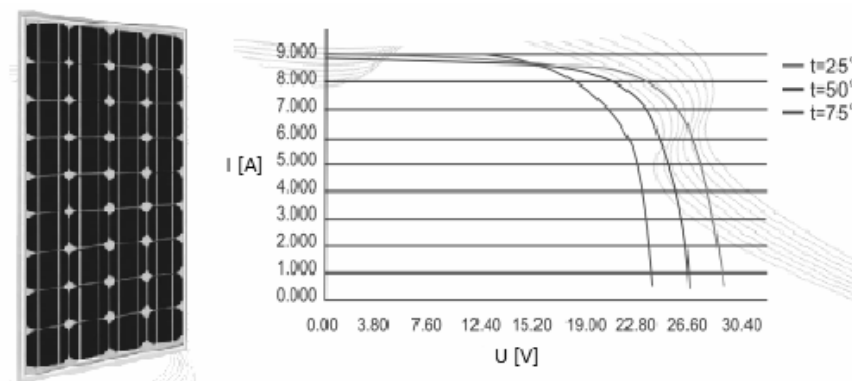
Rys. 4. Przykładowa turbina wiatrowa i jej podstawowa charakterystyka [7]

Fig. 4. Example of a wind turbine with the basic characteristic [7]

Na rysunku 4. pokazana została przykładowa turbina wiatrowa wykorzystywana w hybrydowych systemach oświetleniowych. Nominalna moc turbiny wynosi 400 W i uzyskiwana jest przy prędkości wiatru 9,5 m/s. Turbina posiada 3 specjalnie wyprofilowane łopaty, dzięki czemu jej prędkość startowa wynosi tylko 1,5 m/s. Wyposażona jest również w funkcję hamowania elektromagnetycznego i aerodynamicznego. Nominalne napięcie turbiny wynosi 24 V.

### 3.2. Panele fotowoltaiczne

Panele fotowoltaiczne przekształcają energię promieniowania słonecznego na energię elektryczną. Najczęściej używanym materiałem do produkcji ogniw fotowoltaicznych jest krzem polikrystaliczny lub monokrystaliczny. Moc nominalna paneli fotowoltaicznych zawiera się w zakresie od 5 do 310 W, przy czym, panele wykorzystywane w hybrydowych systemach oświetlenia, przeważnie posiadają moc równą lub wyższą rzędu 200 W. Panele fotowoltaiczne generują napięcia stałoprądowe od 12 do 60 V, w celu uzyskania żądanych parametrów, mogą być łączone szeregowo lub równoległe w większe jednostki [3].



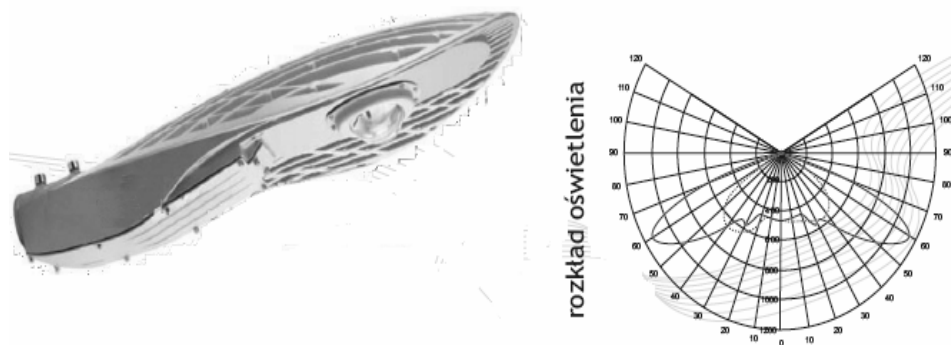
Rys. 5. Widok typowego panelu fotowoltaicznego i jego charakterystyka prądowo-napięciowa [7]

Fig. 5. View of a typical photovoltaic panel and its current-voltage characteristics [7]

Sprawność paneli monokrystalicznych jest wyższa niż paneli polikrystalicznych i wynosi ok. 14 – 16 %.

### 3.3. Oprawa drogowa

W hybrydowych systemach oświetlenia drogowego jako źródło światła najczęściej stosowane są źródła LED. Oprawy takie charakteryzują się znacznie mniejszym poborem mocy w stosunku do wyładowczych źródeł światła, przy wytworzeniu przybliżonej wartości strumienia świetlnego.



Rys. 6. Widok przykładowej oprawy drogowej LED i jej krzywa rozsyłu światłości [7]

Fig. 6. View of the example of the LED road framing and its light distribution curve [7]

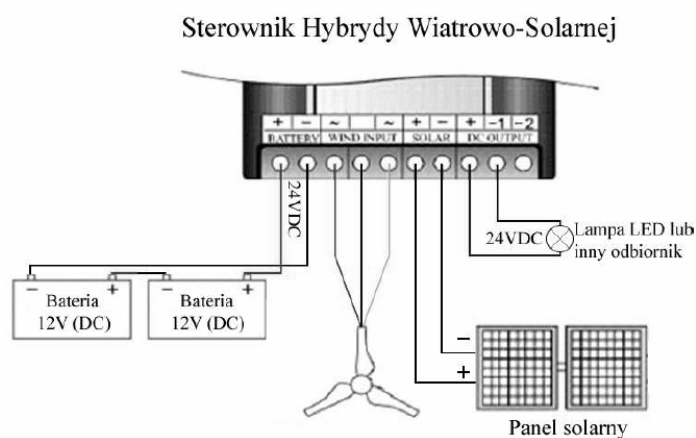
Oprawy LED oprócz wymienionej energooszczędności posiadają wiele innych zalet m.in. łatwość sterowania kolorem jak i strumieniem świetlnym, długą żywotność, często przekraczającą 50 000 godzin czy niewrażliwość na

wstrząsy. W oprawach tego typu łatwo można również kształtować charakterystykę fotometryczną i sposób świecenia oprawy, bez konieczności stosowania odbłyśników. Głównym natomiast ograniczeniem źródeł LED jest wysoka temperatura złącza wpływająca na podstawowe parametry świetlne, dlatego bardzo ważne jest odpowiednie chłodzenie źródła LED, poprzez optymalny dobór radiatora.

### 3.4. Sterownik

Istotnym elementem hybrydowego systemu oświetlenia jest sterownik, który nadzoruje poprawną pracę wszystkich komponentów. Głównym zadaniem sterownika jest nadzorowanie poprawności ładowania akumulatorów oraz kontrola poziomu rozładowania w celu przedłużenia ich trwałości.

Sterownik zabezpiecza również akumulatory przed nadmiernym poborem prądu przez oprawę oświetleniową, celem ochrony przed nadmiernym rozładowaniem. Większość kontrolerów posiada również funkcję Maximum Power Point Tracking, która służy do śledzenia maksymalnego punktu pracy panelu fotowoltaicznego, dzięki czemu, akumulator ładowany jest najbardziej efektywnie w danych warunkach pracy panelu.



Rys. 7. Przykładowy sposób dołączenia elementów systemu hybrydowego do sterownika [7]

Fig. 7. The example of how to attach elements of the hybrid system to the controller [7]

## 4. Podsumowanie

Hybrydowe systemy oświetlenia drogowego stają się na coraz szerszą skalę alternatywnym rozwiązaniem dla tradycyjnych systemów z lampami wyładowczymi. Prawidłowe działanie systemu poprzedzone powinno być analizą poprawności doboru komponentów dla wybranej lokalizacji. Przewiduje się, że w ciągu następnych kilkunastu lat, wraz z sukcesywnym rozwojem technologii LED oraz systemów odnawialnych źródeł energii, systemy hybrydowe staną się w jeszcze większym stopniu konkurencyjnym i alternatywnym rozwiązaniem dla tradycyjnych opraw drogowych.

### Literatura

- [1] Bandzul W. : *Wpływ elektrowni wiatrowych na niezawodność pracy systemu elektroenergetycznego*. Elektroenergetyka Nr 3/2005
- [2] Baran K., Leśko M., Wachta H.: *Badania pozycjonowania paneli fotowoltaicznych na terytorium Polski*, Pomiary Automatyka Kontrola 10/2013
- [3] Pabjańczyk W. : *Hybrydowe systemy oświetlenia w technologii LED*. Spektrum, lipiec-sierpień 2012
- [4] Rodziewicz T., Waclawek M.: *Ogniwa słoneczne - wpływ środowiska naturalnego na ich pracę*. Warszawa, WNT 2011
- [5] Rodziewicz T., Ząbkowska-Waclawek M., Żdanowicz T.: *Wykorzystanie modułów fotowoltaicznych w obszarach o większych szerokościach geograficznych*, Chem. Dydak. Ekol. Metrol. 1998
- [6] Wiśniewski A., *Lampy LED – ocena podstawowych parametrów*, Przegląd elektrotechniczny 2012, nr 5a
- [7] [www.solls.pl/pl/z-energii-odnawialnej/zestaw\\_hybrydowy\\_Y2M400W.pdf](http://www.solls.pl/pl/z-energii-odnawialnej/zestaw_hybrydowy_Y2M400W.pdf) - zestaw hybrydowy Y2M400W [dostęp 10 maja 2014 r].

## HYBRID SYSTEMS FOR ROAD LIGHTING

### Summary

Road lighting is one of the most important factors of traffic safety and public safety. Currently, the vast majority of road lighting are the framings with discharge light sources. The rapid development of energy-efficient LED technology, as well as EU directives on the replacement of inefficient sources with energy-efficient sources that more and more often the framings in LED technology are also used for the road lighting. LED framings have many advantages, among others, the high luminous efficiency, long life often exceeding 50 000 hours, resistance to mechanical vibration or high energy efficiency, which allows to obtain up to 80% of savings in electricity consumption, compared to traditional light sources producing the approximate value of the luminous flux. In addition, LEDs are low-voltage sources, so to power them we can use sources, which obtain energy from renewable sources. The combination of energy obtained from

a wind turbine and photovoltaic panel to power road framings is called the hybrid lighting system. Such system, powered by wind energy and solar energy, can be the autonomous systems of road lighting. Such solutions are especially useful in places, where there is no electricity infrastructure and there is no possibility of powering from the mains. The article presents the construction and principle of operation of the hybrid system of road lighting. There are in detail discussed the elements comprising such system, with the examples of parameters. There is presented the possibility of using the mentioned systems in climatic conditions of Poland, as well as there is described the aspect of the optimal selection of particular elements, guaranteeing the proper operation of the hybrid system. It is estimated that over several next years, with the gradual development of LED technology and systems of renewable energy sources, hybrid systems will become an even more competitive and alternative solution for traditional road framings.

**Keywords:** luminaire road, renewable sources of energy, PV panel, wind turbine, LED lighting source

DOI:10.7862/rb.2014.71

*Przesłano do redakcji: 19.05.2014 r.*

*Przyjęto do druku: 02.06.2014 r.*