

REFERENCYJNY MODEL MODERNIZACJI OŚWIETLENIA HALI SPORTOWEJ. Case study: hala w Piekarach Śląskich

Anna Musialik¹

***Komentarz profesora-opiekuna.** Raport jest częścią Projektu dydaktycznego, który został zrealizowany w ramach przedmiotu Energetyka prowadzonego przez niżej podpisanego na Wydziale Elektrycznym Politechniki Śląskiej na Kierunku Studiów Energetyka, specjalność Energetyka prosumencka. Jest to przedmiot realizowany na III semestrze, i jest pierwszym przedmiotem na Kierunku w obszarze całej, szeroko rozumianej energetyki (tematyka wykładu patrz: BŻEP, Dział 1.1.06). W programie przedmiotu formalnie jest tylko 30-godzinny wykład (nie ma ćwiczeń, laboratoriów, seminarium). Stąd wynikają bardzo silne uwarunkowania, które trzeba brać pod uwagę w budowaniu koncepcji wykładu.*

W ramach tej koncepcji prowadzący postawił sobie główny cel polegający na zainteresowaniu studentów rolą energetyki prosumenckiej w przebudowie energetyki. Uznał, że zainteresowanie to najefektywniej można pobudzić poprzez wciągnięcie każdego studenta w realizację wybranego zadania „energetycznego” (modernizacyjnego/rozwojowego) z jego najbliższego otoczenia. Stąd tytuł Projektu dydaktycznego: „Zidentyfikuj w swoim otoczeniu problem i zaproponuj jego rozwiązanie, stosując technologie i podejście charakterystyczne dla energetyki EP”. Raporty wykonane w ramach Projektu dydaktycznego, zaprezentowanego przez studentów w ramach Konwersatorium Inteligentna Energetyka, stanowią podstawę zaliczenia przedmiotu.

Projekt dydaktyczny, o którym jest tu (w komentarzu) mowa, uwzględnia dwie bardzo istotne przesłanki. Po pierwsze, nawiązuje on do istoty energetyki EP, którą jest: integracja (chodzi o prosumenckie łańcuchy wartości), nowe technologie (mało- i mikroskalowe, fabryczne), rozwiązania referencyjne (dedykowane poszczególnym segmentom energetyki EP), „chmura” (chodzi o aplikacje internetowe dla inteligentnej infrastruktury), partycypacja prosumencka. Po drugie, Projekt nawiązuje do nowej roli głównych interesariuszy w procesie kształcenia, którymi oprócz studentów i profesorów nauczycieli akademickich) są obecnie także przedsiębiorcy (przede wszystkim na rynku usług właściwych dla energetyki EP, ale także w obszarze produkcji urządzeń dla energetyki EP w fabrykach).

Nowa rola profesorów, to rola twórców rozwiązań referencyjnych dla energetyki EP, rola przewodników (mentorów) dla studentów. Jest to zdecydowanie inna rola niż w kształceniu dla potrzeb energetyki WEK. (Zasadnicza różnica wynika z faktu, że w energetyce EP wykorzystuje się bardzo zaawansowane technologicznie urządzenia, stale udoskonalane, masowo produkowane w fabrykach, a zadaniem inżyniera specjalizującego się w energetyce prosumenckiej jest „tylko” – i aż – ich integrowanie poprzez właściwy dobór i następnie instalowanie w masowo powtarzającej się indywidualnej infrastrukturze prosumenckiej. Obiekty energetyki WEK – elektrownie, sieci – potrzebują natomiast indywidualnego wieloletniego projektowania, a ich jeszcze znacznie dłuższa realizacja odbywa się na placach budowy, pełnych „zasadzek”). Nowa rola przedsiębiorców, to rola partnerów profesorów w zakresie inicjowania projektów badawczo-dydaktycznych, rola weryfikatorów efektów

* Anna Musialik, studentka na kierunku studiów Energetyka, specjalność Energetyka Prosumencka, Wydział Elektryczny, Politechnika Śląska. Raport został wykonany na sem. III studiów stacjonarnych pierwszego stopnia (studia inżynierskie).

kształcenia, ale także przewodników studentów w czasie praktyk odbywanych w ramach rzeczywistych zadań realizowanych przez przedsiębiorców. Nowa rola studentów, to duży udział samokształcenia, uczestnictwo w tworzeniu rozwiązań referencyjnych (i zarazem w projektach badawczo-dydaktycznych).

Prezentowana tu koncepcja przedmiotu Energetyka jest odpowiedzią na fakt, że dokonująca się przebudowa energetyki ma generalnie charakter innowacji przełomowej. Zatem „ugruntowana” w przeszłości wiedza profesorów staje się w energetyce coraz mniej przydatna, kluczowe znaczenie ma natomiast wskazanie studentom przez profesorów nowych zadań, wymagających rozwiązania (ważniejsze jest w przypadku profesorów wiedzieć, co trzeba zrobić, niż uczyć tego, co będzie coraz mniej przydatne). Z drugiej strony umiejętności studentów (pokolenia Internetu) dają im możliwość samokształcenia (pod uważną opieką profesora): istota energetyki EP (scharakteryzowana powyżej), zwłaszcza takie jej „składowe” jak „chmura” i partycypacja prosumencka, czyni samokształcenie efektywnym rozwiązaniem dydaktycznym.

[RAPORT] Wojciecha Kwoczaka (BŻEP, Dział 1.3.15), a także [RAPORTY] Anny Musialik (BŻEP, Dział 1.3.03) oraz Justyny Mostowskiej (BŻEP, Dział 1.3.14), razem wzięte, stanowią materiał do licznych analiz, zarówno z punktu widzenia poznawczego w obszarze energetyki EP, jak również (i to przede wszystkim) z punktu widzenia weryfikacji przedstawionej koncepcji nauczania w ramach przedmiotu Energetyka. W tym drugim aspekcie każdy z [RAPORTÓW] obrazuje potencjał koncepcji, a z drugiej strony stanowi weryfikację oczekiwań interesariuszy procesu kształcenia w dziedzinie energetyki EP: profesorów (przede wszystkim), przedsiębiorców, studentów; w tym miejscu nie wyciąga się jednak żadnych wniosków z weryfikacji (uznaje się, że na obecnym etapie interesariusze sami muszą sformułować wnioski na własny użytek, do dalszych poszukiwań w zakresie ulepszania samej koncepcji, jak również – i to przede wszystkim – w zakresie poprawy realizacji koncepcji).

Z punktu widzenia poznawczego (w obszarze energetyki EP) trzy [RAPORTY] obrazują zróżnicowane możliwości przebudowy energetyki. Do najważniejszej realnej możliwości o dużym znaczeniu (wykorzystywanej już w Polsce, chociaż w zdecydowanie niewystarczającym stopniu), wskazanej w [RAPORCIE] W. Kwoczaka, należą elektrownie biogazowe (potencjalnie z zasobnikami biogazu) w wielkotowarowych gospodarstwach rolnych; natomiast kogeneracja gazowa w kościele (rozpatrywanym łącznie z domem parafialnym), a także w małej restauracji – chociaż rozpatrywana w [RAPORCIE] – nie może być rekomendowana jako dobre rozwiązanie prosumenckie. Modernizacja oświetlenia hali sportowej zaprezentowana w [RAPORCIE] Anny Musialik jest rozwiązaniem, którego celowości nie można podważyć; rozwiązanie to powinno być niezwłocznie wykorzystane wszędzie tam, gdzie dotychczas nie zostało jeszcze zastosowane (podkreśla się to w tym miejscu, chociaż brakuje w [RAPORCIE] oszacowania okresu zwrotu nakładów inwestycyjnych dla proponowanej modernizacji, co jest niewątpliwie jego usterką). Car sharing w małym mieście, przedstawiony w [RAPORCIE] Justyny Mostowskiej, musi być na razie rozpatrywany w Polsce jako przyszłość energetyki EP, zwłaszcza car sharing zintegrowany z carportami. Z drugiej strony, uwzględniając trendy – w Europie i w USA, w Japonii i w Chinach – dotyczące dynamicznego rozwoju rynku samochodów elektrycznych, nie ma wątpliwości, że penetracją tematu powinni zająć się przede wszystkim profesorowie i przedsiębiorcy. Zaprezentowana w [RAPORCIE] próba rozpoznania tematu potwierdza jednak, że studenci mogą mieć swoje propozycje adresowane do swoich lokalnych społeczności.

Z punktu widzenia poznawczego znaczenie (trzech) [RAPORTÓW] polega również na tym, że potwierdzają one pilną potrzebę prac dotyczących ukształtowania dojrzałego modelu operatora OHT wyspy WW (Wirtualna Wyspa). Operator taki musi podjąć zadanie integracji

zróżnicowanych zasobów energetyki EP. Bez operatora OHT wyspy WW zasoby te nie będą (na obecnym etapie rozwoju inteligentnej infrastruktury) efektywnie wykorzystane. W dalszej przyszłości potrzebę integrowania zasobów energetyki EP przez operatorów OHT wysp WW należy traktować jako sprawę otwartą.

Jan Popczyk

Wprowadzenie

Celem raportu jest stworzenie referencyjnego modelu oświetlenia hali sportowej, który może posłużyć jako punkt wyjściowy dla modernizacji instalacji oświetleniowej innych budynków użyteczności publicznej przeznaczonych na cele sportowe. Równocześnie chodzi o pokazanie, że warto modernizować już istniejące obiekty w celu zwiększenia ich energooszczędności, co wiąże się z redukcją wydatków przeznaczonych na energię elektryczną, które w przypadku obiektów tego typu są znaczące. Ponadto raport ma na celu dostosowanie oświetlenia modernizowanej hali sportowej do obecnie panujących norm oświetleniowych. W efekcie tych zabiegów możliwe będzie zagospodarowanie zaoszczędzonych pieniędzy na cele związane z poprawą jakości świadczonych usług, co pozytywnie wpłynie na liczbę osób korzystających z oferty hali sportowej.

Dobór odpowiedniego oświetlenia generuje mniejsze zużycie energii elektrycznej. W czasach dzisiejszej technologii najbardziej optymalnym rozwiązaniem jest zainstalowanie ledowej instalacji oświetleniowej, co w połączeniu z inteligentnym sterowaniem, (które coraz bardziej podbija rynek zarówno dużych, nowoczesnych obiektów jak i domów mieszkalnych) może znacząco przyczynić się do obniżenia kosztów związanych ze zużyciem energii elektrycznej. Wynika to z faktu, że diody LED są najbardziej efektywnym źródłem oświetlenia dostępnym na rynku, a ich cena, która z roku na rok maleje, powoduje wypieranie z rynku dotychczas używane technologie oświetleniowe, którymi w budynkach użyteczności publicznej w dużym stopniu było zastosowanie oświetlenia jarzeniowego.

Obszarem zainteresowania jest opracowanie raportu ukierunkowanego na dobór odpowiednich technologii oświetleniowych, koncepcję inteligentnego zarządzania instalacją na potrzeby hali sportowej, jak również analizę ekonomiczną takiej inwestycji, która wykaże ile będzie można zaoszczędzić przy zastosowaniu oświetlenia ledowego

1. Modernizowany obiekt

Przedmiotem modernizacji i analizy jest hala sportowa, znajdująca się w Piekarach Śląskich (woj. śląskie) przy ul. Szkolnej 1a. Działka ma powierzchnię 53,69 a. Powierzchnia użytkowa całego obiektu to 1162 m², a powierzchnia sali gimnastycznej to 553 m².

W skład obiektu wchodzi następujące pomieszczenia:

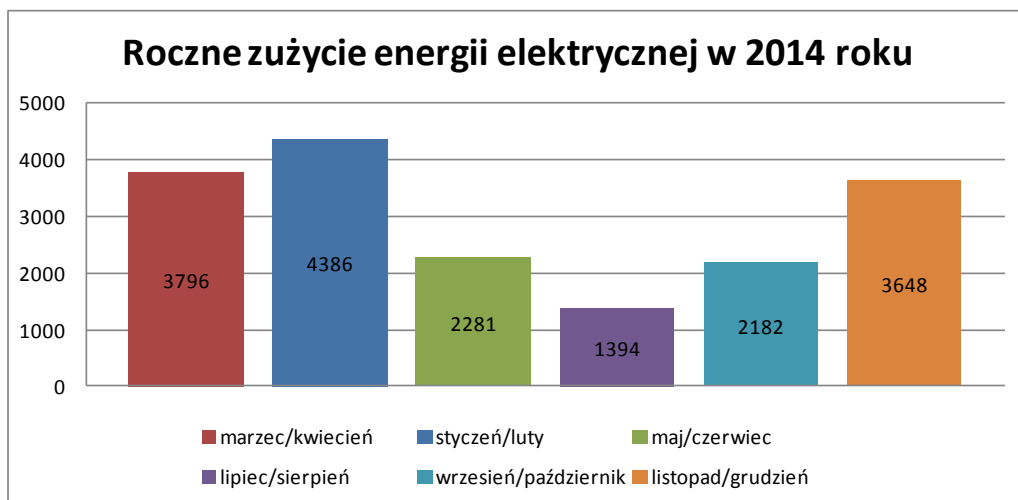
- 1.** Sala gimnastyczna.
- 2.** Siłownia.
- 3.** Szatnia damska/męska wraz z toaletami.
- 4.** WC personelu.
- 5.** Magazyn sprzętu sportowego.
- 6.** Hol.
- 7.** Korytarz.
- 8.** Pomieszczenie gospodarcze.
- 9.** Pomieszczenie socjalne.
- 10.** Pomieszczenia biurowe.
- 11.** Kotłownia.



Rys. 1. Sala gimnastyczna- widok z góry [\[Google Maps\]](#)

Roczne zużycie energii elektrycznej w roku 2014 wyniosło 17687 kWh. Obiekt ogrzewany jest za pomocą kotła olejowego. Energia elektryczna dostarczana jest przez firmę TAURON Sprzedaż GZE sp. z o.o. i jest sprzedawana w cenie 0,54 zł/1kWh. Największe zużycie energii elektrycznej przypada na okres jesienno-zimowy, od września do marca.

Dni stają się coraz krótsze, a noce dłuższe toteż światło na hali jest zapalane wcześniej niż w okresie wiosenno-letnim. Ponadto, największe obłożenie przypada na ten właśnie okres, ponieważ oprócz klientów indywidualnych z sali korzystają również szkoły i kluby sportowe działające na terenie Piekar Śląskich, a także miast ościennych, co potwierdza wykres zużycia energii elektrycznej w 2014 roku.



Rys. 2. Zużycie energii elektrycznej w 2014 roku

1.1. Aktualny stan oświetlenia

Hala została wybudowana w latach 70' ubiegłego wieku. Przez co system oświetlenia jest charakterystyczny dla ówczesnej technologii. Zastosowano dwa rodzaje opraw:

1. Oprawy żarowe.
2. Oprawy fluorescencyjne.

Jak powszechnie wiadomo tego typu oprawy cechuje wysoka energochłonność oraz stosunkowo, krótka trwałość w porównaniu do opraw typu LED. Tabela 1 przedstawia ogólną liczbę opraw, ich moc oraz całkowitą moc w poszczególnych pomieszczeniach.

Tab. 1. Liczba zainstalowanych opraw i ich moc

Pomieszczenie	Ilość opraw w sumie [sztuki]	Moc [W]	Moc całkowita [W]
Sala gimnastyczna	48	2x58	5568
Siłownia	6	2x40	480
Szatnia damska wraz z toaletą i prysznicami	8	1x60 2x18 1x100 1x60	316
Szatnia męska wraz z toaletą i prysznicami	8	1x60 2x18 1x100 1x60	316
Magazyn sprzętu sportowego	2	1x60	120
Hall	10	1x60	600
Korytarz	8	1x40 1x60	380
Pomieszczenie gospodarcze	2	1x100	200
Pomieszczenie socjalne	2	1x100	200
WC personelu	2	1x40	80
Pomieszczenia biurowe	3	1x100	100
Kotłownia	5	1x100	500

Tabela 2 przedstawia zużycie energii elektrycznej, przez poszczególne oprawy w poszczególnych pomieszczeniach w przeciągu jednego tygodnia w listopadzie. Wartość czasu użytkowania została oszacowana na podstawie obserwacji użytkowania sali gimnastycznej przez okres jednego tygodnia w listopadzie 2014 roku. Zużycie energii zostało obliczone jako iloczyn mocy całkowitej i czasu użytkowania, natomiast koszt zużytej energii to iloczyn ceny energii (0,54 PLN) i zużytej energii.

Tab. 2. Zużycie energii i jej tygodniowy koszt w poszczególnych pomieszczeniach

Pomieszczenie	Oprawa	Moc całkowita [kW]	Czas użytkowania [h]	Zużycie energii elektrycznej [kWh]	Koszt zużytej energii [PLN]
Sala gimnastyczna	48	5,568	88	490	264,59
Siłownia	6	0,48	2	1	0,52
Szatnie (męska i damska wraz z toaletą i natryskami)	16	0,632	8	5,1	2,73
Magazyn sprzętu	1	0,12	0,5	0,1	0,03
Hall	10	0,6	50	30	16,2
Korytarz	8	0,38	57	21,7	11,69
Pomieszczenie gospodarcze	2	0,2	0,5	0,1	0,05
WC personelu	1	0,08	1	0,1	0,04
Pomieszczenie socjalne	2	0,2	57	11,4	6,15
Pomieszczenie biurowe	3	0,3	4	1,2	0,64
Kotłownia	5	0,5	0,5	0,3	0,14

Tabela 3 przedstawia szacunkowe roczne zużycie energii elektrycznej i jej koszt w poszczególnych pomieszczeniach.

Tab. 3. Roczne zużycie energii i jej koszt w poszczególnych pomieszczeniach

Pomieszczenie	Szacunkowy roczny czas użytkowania [h]	Szacunkowe zużycie energii elektr. [kWh]	Szacunkowy roczny koszt zużycia energii elektr. [PLN]
Sala gimnastyczna	3168	17639	9525,06
Siłownia	72	34,56	18,66
Szatnie (męska i damska)	288	182	98,28
Magazyn sprzętu	18	2,16	1,16
Hall	1800	1080	583,2
Korytarz	2052	779,76	421,07
Pomieszczenie gospodarcze	18	3,6	1,94
WC personelu	36	2,88	1,55
Pomieszczenie socjalne	2052	410,4	221,61
Pomieszczenie biurowe	144	43,2	23,32
Kotłownia	18	9	4,86
Suma	9666	20187	10901

W półroczu ciepłym marca do sierpnia możemy oszacować, że czas użytkowania oświetlenia spada o ok 50%.

Tabela.4. przedstawia szacunkowe zużycie energii i jej koszt w półroczu letnim i zimowym.

Tab. 4. Szacunkowe porównanie zużycia energii elektrycznej i jej kosztu w półroczu letnim i zimowym

Półrocze letnie	Półrocze zimowe
Zużycie energii: 5857 kWh	Zużycie energii: 11830 kWh
Koszt: 3162,8 PLN	Koszt: 6388,2 PLN

2. Modernizacja

Jeszcze do niedawna istotą oświetlenia była zasada "widzieć i być widzianym", dzisiaj jest to już bezpieczeństwo i komfort oraz koszty eksploatacyjne. W przyszłości najważniejszy będzie "styl życia" a także wpływ światła na człowieka i otoczenie.

Wraz z postępowaniem czasu, zwiększa się świadomość konsumentów dotycząca doboru oświetlenia. W związku z powyższym, dzisiejsze oświetlenie oprócz swojej podstawowej funkcji czyli oświetlenia przestrzeni, musi zapewniać odpowiedni komfort dla oka użytkownika, a także powinno być wydajniejsze w porównaniu do poprzednich technologii, orz nie zawierać szkodliwych substancji takich jak rtęć, a także być energooszczędne i przyjazne środowisku. Wobec tego modernizacja obiektu będzie przeprowadzona za pomocą źródeł światła LED. Technologia ta została wybrana ponieważ ma wiele zalet. Mianowicie, jest ona:

1. Energooszczędna – pozwala obniżyć zużycie energii elektrycznej w stosunku do tradycyjnych żarówek.
2. Długowieczna – jej żywotność jest nawet 50-krotnie dłuższa w porównaniu z tradycyjnymi żarówkami.
3. Odporna na wstrząsy.
4. Przyjazna dla środowiska i zdrowia – nie zawiera rtęci ani innych szkodliwych substancji.
5. Zapewnia optymalną jasność.

Ze względu na fakt, że ceny energii będą rosły a ceny źródeł światła LED z roku na rok maleją, to nastąpi obniżenie kosztów eksploatacji przy podwyższeniu komfortu użytkownika w porównaniu do poprzednich technologii.

W raporcie, szczegółowa analiza została przeprowadzona dla istotnych pomieszczeń pod względem zużycia energii elektrycznej. W ostatecznym rozliczeniu uwzględnione zostały jednak wszystkie pomieszczenia. Wizualizacje pomieszczeń oraz rozkład natężenia światła uzyskano po przeprowadzeniu analizy za pomocą oprogramowania służącego do planowania oświetlenia Dialux.

2.1. Sala gimnastyczna

Według normy PN-EN12193:2007 – "Oświetlenie stosowane w obiektach sportowych" obiekt kwalifikuje się do III klasy oświetleniowej – zawody lokalne lub mecze w małych klubach bez udziału publiczności oraz podstawowy trening, szkolne zajęcia sportowe i rekreacja.

Jak powszechnie wiadomo tego typu obiekty spełniają różne funkcje – nie są przeznaczone do uprawiania tylko jednej dyscypliny sportowej lecz mają takie wymiary, które sprawiają, że sala staje się funkcjonalna; w zależności od potrzeby użytkowników można grać to na większym bądź na mniejszym polu gry. Z tej przyczyny zastosowane oświetlenie nie może być zaprojektowane tylko dla jednej dyscypliny sportowej. Musi być ono na tyle funkcjonalne, aby pozwalało na grę zarówno w siatkówkę jak i w tenisa stołowego. Tabela 5 przedstawia wymagania oświetlenia dla oświetlenia sportowego w obiektach sportowych - zamkniętych dla III klasy oświetleniowej.

Tab. 5. Wymagania dla III klasy oświetleniowej

	Klasa III
Poziome natężenie oświetlenia dla głównego pola gry PA	>200lx
Równomierność oświetlenia	>0,7
Współczynnik oddawania barw Ra	>60
Poziome natężenie oświetlenia dla całkowitego pola gry TA	>75%

W przypadku sali gimnastycznej przeznaczonej dla szkół norma nakazuje jako minimalne natężenie oświetlenia 300 lx. W związku z faktem, iż obiekt spełnia również funkcję szkolnej sali gimnastycznej natężenie oświetlenia dla PA zostało ustawione w programie Dialux na 300 lx.

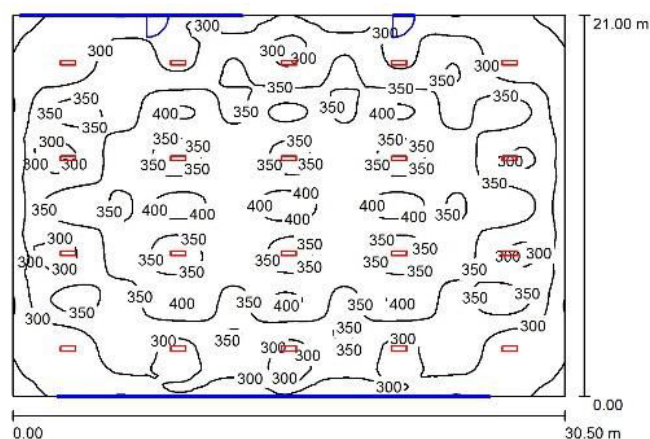
Tab. 6. Parametry proponowanego źródła oświetlenia LED



Rys. 3. Oprawa ADQUEN ON [\[Brilum\]](#)

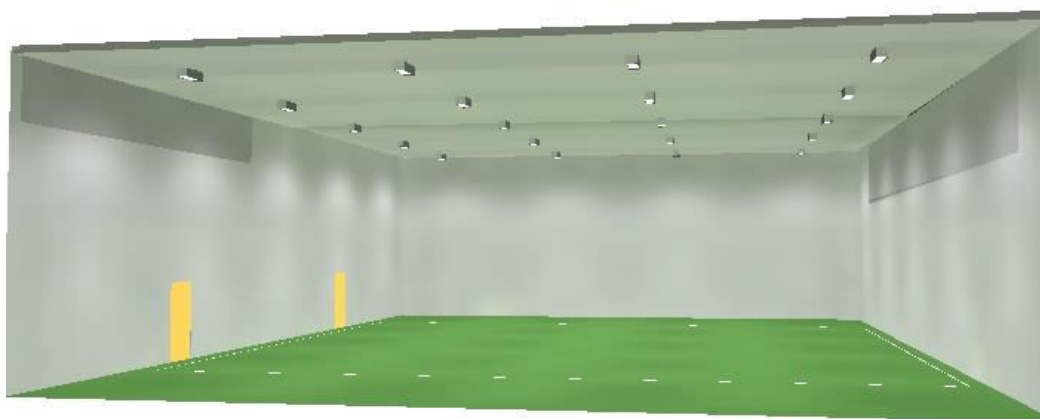
Model	ADQUEN ON
Strumień świetlny oprawy LED	20400 lm
Temperatura barwowa	3700-5000 K
Ra	>70
Moc oprawy	170 W
Wymiary	1587x140 mm

Wymiary sali gimnastycznej: 30,5x21x7,5 m. Po wykonaniu symulacji w programie Dialux uzyskano rozkład natężenia światła, który prezentuje poniższy rysunek. Aby spełnić wymaganą normę minimalnego natężenia oświetlenia na sali gimnastycznej zostanie zainstalowanych 20 opraw (5 rzędów po 4 oprawy w każdym rzędzie).



Rys. 4. Rozkład natężenia oświetlenia

Średnie natężenie na płaszczyźnie pracy wynosi 332 lx.



Rys. 5. Wizualizacja sali sportowej w 3D z zastosowanym oświetleniem LED

Następnie zostało obliczone zużycie energii i jej koszt przy zastosowaniu oświetlenia LED. Wyniki przeprowadzonych obliczeń przedstawia poniższa tabela.

Tab. 7. Zużycie energii i jej koszt po zainstalowaniu oświetlenia LED

Pomieszczenie	Oprawa [sztuki]	Moc całkowita [kW]	Czas użytkowania [h]	Zużycie energii [kWh]	Koszt zużytej energii [PLN]
Sala gimnastyczna	20	3,4	3168	10771	5816

2.2. Siłownia

Siłownia ma wymiary 7 x 9,15x3,5 m. Natężenie oświetlenia zostało ustawione na 200 lux.

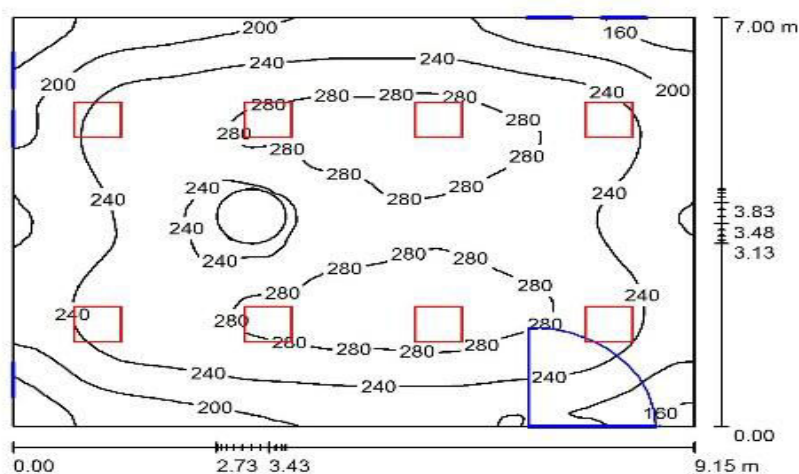


Rys. 6. Oprawa OREGA LED 40B [\[Brilum\]](#)

Tab. 8. Parametry proponowanego źródła oświetlenia LED

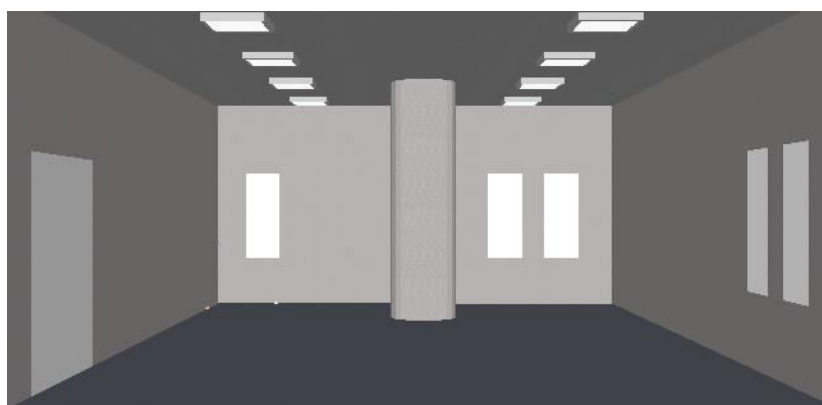
Model	OREGA LED 40B
Strumień świetlny oprawy LED	2790 l m
Temperatura barwowa	2900-3100 K
Ra	80
Moc oprawy	40 W
Wymiary	600x600 mm

Po przeprowadzonej symulacji w programie Dialux, w siłowni zostanie zainstalowanych 8 opraw – 4 rzędy po 2 oprawy w każdym rzędzie.



Rys. 7 Rozkład natężenia oświetlenia

Średnie natężenie oświetlenia na płaszczyźnie pracy wynosi 242 lx.



Rys. 8. Wizualizacja siłowni w 3D z zastosowanym oświetleniem LED

Tabela 9 zawiera obliczone zużycie energii i jej koszt przy zastosowaniu lampy LED.

Tab. 9. Zużycie energii i jej koszt po zainstalowaniu oświetlenia LED

Pomieszczenie	Oprawa [sztuki]	Moc całkowita [kW]	Czas użytkowania [h]	Zużycie energii [kWh]	Koszt zużytej energii [PLN]
Siłownia	8	0,32	72	23,04	12,44

2.3. Korytarz

Zgodnie z normą PN-EN 12464-1:2012 natężenie oświetlenia w strefach komunikacji i na korytarzach powinno wynosić 100 lx. Korytarz na sali gimnastycznej ma wymiary 32x1.75x3,5 m.

Tab. 10. Parametry proponowanego źródła oświetlenia LED

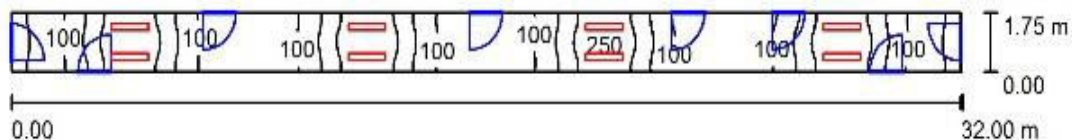


Model	LUMINAeco 120-2/1
Strumień świetlny oprawy LED	2x1600 lm
Temperatura barwowa	2900-1300 K
Ra	>80
Moc	2x20 W
Wymiary	1249x202 mm

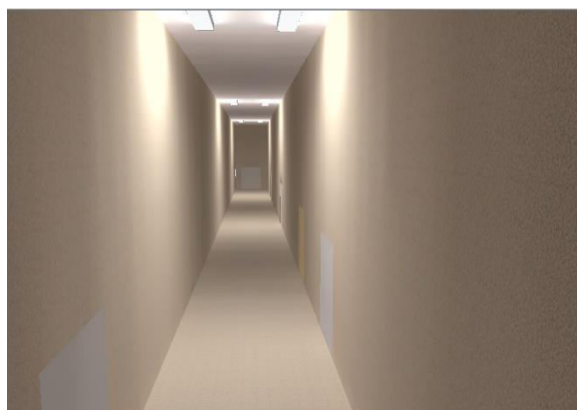
Rys. 9. Oprawa Luminaeco 120-2/1

[\[Brilum\]](#)

Za pomocą programu Dialux zostało zaprojektowane oświetlenie korytarza. W korytarzu proponuje się zainstalowanie czterech rzędów po dwie oprawy w rzędzie.



Rys. 10 Rozkład natężenia oświetlenia



Rys. 11. Wizualizacja korytarza w 3D z zastosowanym oświetleniem LED

Tabela 11 zawiera obliczone zużycie energii i jej koszt przy zastosowaniu lampy LED.

Tab. 11. Zużycie energii i jej koszt po zainstalowaniu oświetlenia LED

Pomieszczenie	Oprawa [sztuki]	Moc całkowita [kW]	Czas użytkowania [h]	Zużycie energii [kWh]	Koszt zużytej energii [PLN]
Korytarz	8	0,32	2052	656,64	355

2.4. Pomieszczenie socjalne

Natężenie światła w pomieszczeniu socjalnym powinno wynosić 100 lx. Ponadto, takie same oprawy zostały wybrane dla w magazynie sprzętu sportowego oraz pomieszczenia gospodarczego.

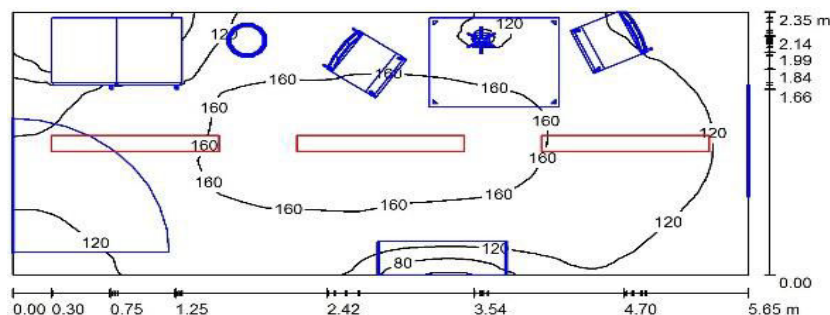


Rys. 12. Oprawa HERMETICeco [Brilum]

Tab. 12. Parametry proponowanego źródła oświetlenia LED

Model	HERMETICeco
Strumień świetlny oprawy LED	2x1600 lm
Temperatura barwowa	4000 K
Ra	>80
Moc	2x20 W
Wymiary	1287x140 mm

Za pomocą programu Dialux zostało zaprojektowane oświetlenie korytarza. W pomieszczeniu gospodarczym proponuje się zainstalowanie trzech opraw w jednym rzędzie.



Rys. 13. Rozkład natężenia oświetlenia



Rys. 14. Wizualizacja pomieszczenia socjalnego w 3D z zastosowanym oświetleniem LED

Tabela 13 zawiera obliczone zużycie energii i jej koszt przy zastosowaniu lampy LED.

Tab. 13. Zużycie energii i jej koszt po zainstalowaniu oświetlenia LED

Pomieszczenie	Oprawa [sztuki]	Moc całkowita [kW]	Czas użytkowania [h]	Zużycie energii [kWh]	Koszt zużytej energii [PLN]
Pomieszczenie socjalne	3	0,12	2052	246	133

2.5. Szatnia damska/ męska wraz z toaletami i natryskami

Zgodnie z normą PN-EN 12461-1:2012 natężenie w łazience powinno wynosić 200 lx. Wymiary to: 7,8x3,5x3,5 m.

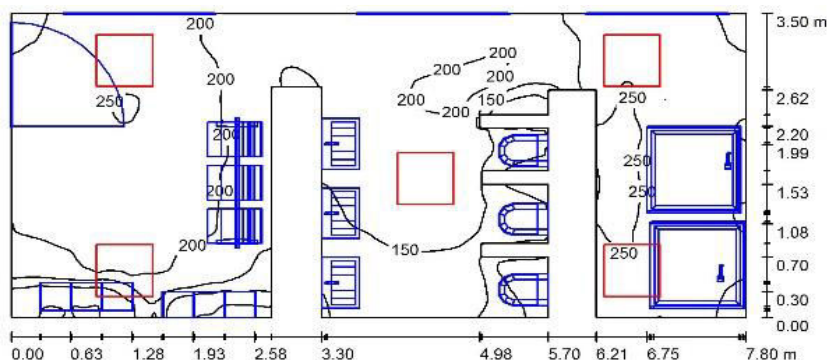
Tab. 14. Parametry proponowanego źródła oświetlenia LED

Model	LUGCLASSIC Eco LED
Strumień świetlny oprawy LED	3420 lm
Temperatura barwowa	4000 K
Ra	>80
Moc	37 W
Wymiary	595x595 mm



Rys. 15. Oprawa LUGCLASSIC ECO LED [LUG]

Dla optymalnego natężenia światła w pomieszczeniu zostanie zainstalowanych pięć opraw.



Rys. 16. Rozkład natężenia oświetlenia

Średnie natężenie oświetlenia na płaszczyźnie pracy wynosi 200 lx.



Rys. 17. Wizualizacja szatni wraz z natryskami i toaletami w 3D z zastosowanym oświetleniem LED

Tabela 15 zawiera obliczone zużycie energii i jej koszt przy zastosowaniu lampy LED.

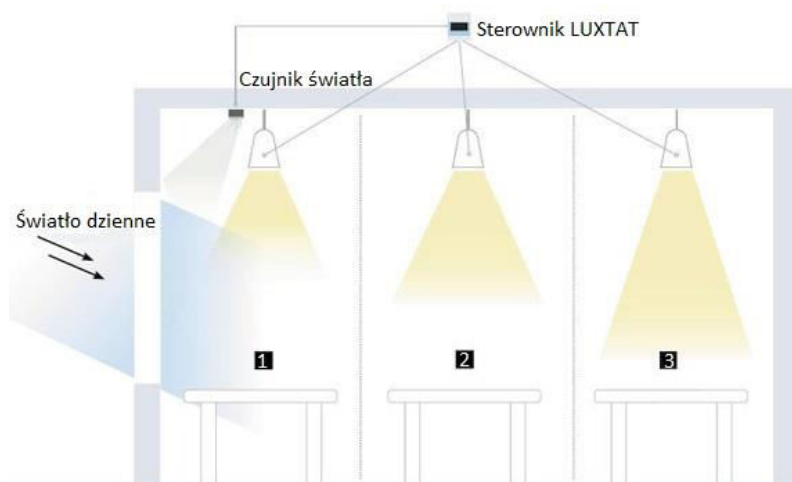
Tab. 15. Zużycie energii i jej koszt po zainstalowaniu oświetlenia LED

Pomieszczenie	Oprawa [sztuki]	Moc całkowita [kW]	Czas użytkowania [h]	Zużycie energii [kWh]	Koszt zużytej energii [PLN]
Szatnia damska i męska wraz z toaletami i natryskami	5x2	0,37	288	107	58

3. Koncepcja programowalnego sterowania

Inteligentne sterowanie oświetleniem staje się coraz bardziej popularne nie tylko w nowopowstałych obiektach ale także w domach jak i w budynkach użyteczności publicznej, które poddanej takiej modernizacją stają się bardziej energooszczędne ponieważ zużywają mniej energii elektrycznej, co prowadzi do obniżenia kosztów eksploatacyjnych.

W celu inteligentnego sterowania oświetleniem, zostanie zastosowany system marki SERVODAN Luxstat, którego zasada działania oparta jest na podzieleniu oświetlanego pomieszczenia na trzy strefy. Takie rozwiązanie pozwala na najefektywniejsze zarządzanie oświetleniem, ponieważ na pierwszym miejscu wykorzystywane jest w sposób optymalny dzienne światło docierające do pomieszczenia.

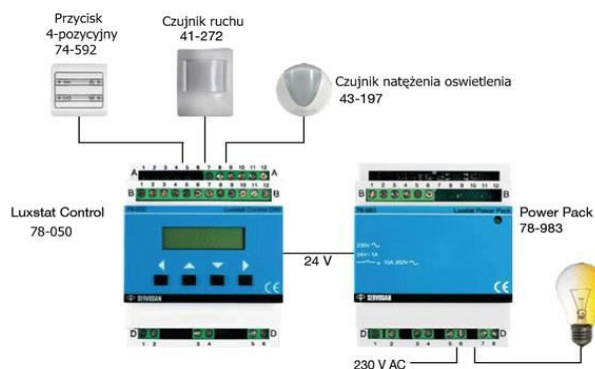


Rys. 18. Schemat działania sterownika Luxtat Control [\[Astat\]](#)

Pomieszczenie objęte działaniem sterownika zostaje podzielone na trzy strefy oświetleniowe. Pierwsza strefa to obszar położony najbliżej naturalnego źródła światła (okna). W tym obrębie zostaje zamontowany czujnik światła, dzięki czemu w dzień dzienne światło zostaje wykorzystane w sposób maksymalny.

Strefa druga położona jest dalej od naturalnego źródła światła dlatego występuje jego mniejsze natężenie w porównaniu do strefy pierwszej. Dlatego przeprowadzone przez czujnik światła pomiary natężenia światła są analizowane przez czujnik światła dziennego dzięki czemu sterownik może ustawić odpowiedni poziom natężenia światła (np. poprzez odpowiednie przyciemnienie strefy) w stosunku do natężenia oczekiwanego.

Ponieważ strefa trzecia znajduje się najdalej ze wszystkich stref od okna trzeba zapewnić jej odpowiedni poziom doświetlenia. Odbywa się to w taki sposób, że sterownik nadaje sygnał (1-10V), dzięki, któremu możliwe jest odpowiednio mocne doświetlenie strefy trzeciej jak również jeśli istnieje taka potrzeba to dzięki temu sygnałowi można odpowiednio ściemnić całe pomieszczenie.



Rys. 19. Schemat działania układu [Astat]

4. Efekt modernizacji

4.1. Bilans energetyczny obiektu po przeprowadzonej modernizacji

Tabela 16 przedstawia zestawienie wartości: mocy całkowitej, rocznej zużytej energii przed i po modernizacji oraz całkowite roczne zużycie energii elektrycznej w całym obiekcie przed i po modernizacji

Tab. 16. Zestawienie wartości przed i po dokonanej modernizacji

Pomieszczenie	Moc całkowita przed modernizacją [kW]	Moc całkowita po modernizacji [kW]	Zużycie energii przed modernizacją [kWh]	Zużycie energii po modernizacji [kWh]	Różnica w zużyciu energii elektrycznej [kWh]
Sala gimnastyczna	5,568	3,4	17639	10771	5816
Silownia	0,48	0,32	34,56	23,04	11,52
Szatnie (męska i damska wraz z toaletą i natryskami)	0,632	0,37	182	107	75
Magazyn sprzętu sportowego	0,12	0,08	2,16	1,44	0,72
Hall	0,6	0,222	1080	400	680
Korytarz	0,38	0,24	779,76	492,48	287
Pomieszczenie gospodarcze	0,2	0,08	3,6	1,44	2,16
WC personelu	0,08	0,037	2,88	1,33	1,5
Pomieszczenie socjalne	0,2	0,12	410,4	246	164
Pomieszczenie biurowe	0,3	0,27	43,2	39	4,2
Kotłownia	0,5	0,165	9	3	6

Zużycie energii przed modernizacją [MWh]	Zużycie energii po modernizacji [MWh]	Różnica w zużyciu energii elektrycznej [MWh]
20,2	12	8,2

Z przeprowadzonej analizy wynika, że zużycie energii elektrycznej na hali sportowej można zmniejszyć o 8,2 MWh w ciągu roku. Jednym z celów raportu było spełnienie norm oświetleniowych, które wcześniej nie były spełnione. Modernizacja oświetlenia podniosła

jakość oświetlenia, a tym samym wzrósł komfort jej użytkowania. W Piekarach Śląskich są trzy obiekty tego typu to roczne zużycie energii elektrycznej w mieście może być zmniejszone o 24 MWh. Według danych Głównego Urzędu Statystycznego w 2010 hal sportowych tego typu co modernizowany w raporcie obiekt było 814 – pozaszkolnych i 1702 – przyszkolnych. Mając te dane można stwierdzić, że w Polsce na obiektach sportowych pozaszkolnych można zmniejszyć zużycie energii elektrycznej o 6674 MWh, a na przyszkolnych o podobnej powierzchni 13956 MWh.

4.2. Analiza finansowa oszczędności wynikających z przeprowadzonej modernizacji.

Następnie, została przeprowadzona analiza ekonomiczna mająca na celu pokazanie oszczędności finansowych uzyskanych dzięki zastosowaniu nowych źródeł światła.

Tab. 18 Zestawienie kosztów za energią elektryczną

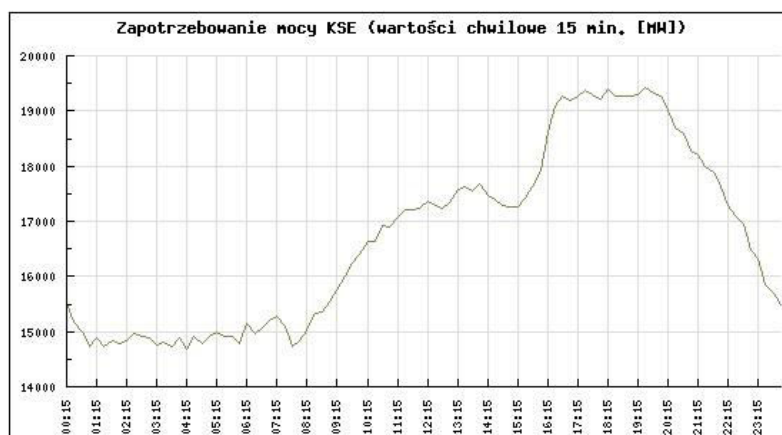
Pomieszczenie	Koszt zużytej energii przed modernizacją [PLN]	Koszt zużytej energii po modernizacji [PLN]	Oszczędność w skali roku [PLN]
Sala gimnastyczna	9525	5782	3743
Siłownia	18,66	12,44	6,22
Szatnie (męska i damska wraz z toaletą i natryskami)	98,3	58	40,3
Magazyn sprzętu sportowego	1,17	0,78	0,39
Hall	583	355	228
Korytarz	421	266	155
Pomieszczenie gospodarcze	1,94	0,78	1,16
WC personelu	1,56	0,72	0,84
Pomieszczenie socjalne	221,6	133	88,6
Pomieszczenie biurowe	23	21	2
Kotłownia	4,8	1,62	3,18
Suma	10900	6492	4269

Jak wynika z powyższej analizy przeprowadzonej w analogiczny sposób jak bilans energetyczny budynku, w skali roku można zaoszczędzić na energii elektrycznej 4269 PLN. W Piekarach Śląskich są trzy tego typu obiekty sportowe o podobnej powierzchni oraz zaliczające się do III klasy oświetleniowej obiektów sportowych. Teoretyzując, można wyciągnąć wnioski, iż w Piekarach Śląskich na energii elektrycznej zużywanej do oświetlenia hall sportowych można zaoszczędzić w przybliżeniu ok 12807 PLN w skali roku. Posługując się ponownie danymi Głównego Urzędu Statystycznego w 2010 roku hal sportowych tego typu co modernizowany w raporcie obiekt było w Polsce 814 – pozaszkolnych i 1702 – przyszkolnych.

Można stwierdzić, że w Polsce na obiektach sportowych pozaszkolnych można zaoszczędzić 3 474 966 PLN a na przyszkolnych o podobnej powierzchni aż 7 265 838 PLN. Oczywiście trzeba wziąć również pod uwagę zakup i montaż instalacji oświetleniowej.

5. Wnioski

5.1. Raport w ujęciu mapy drogowej 2050



Rys. 20. Zapotrzebowanie mocy KSE w dniu 04.01.2015r.

Przy nieustannym wzroście zapotrzebowania na moc szczytową w sytuacji, w której dostępność mocy dyspozycyjnej maleje, pojawia się zagrożenie niemożności wytworzenia odpowiedniej ilości energii elektrycznej [Fice]. Ponieważ oświetlenie stanowi, aż 19% całkowitego rynku konsumpcji energii elektrycznej, a w wielu (według danych w ponad 2/3 [Górczewska, Ślęk] obiektach użyteczności publicznej oświetlenie jest oparte na przestarzałych technologiach, można zmniejszyć zużycie energii elektrycznej, a tym samym przyczynić się do obniżenia szczytowego zapotrzebowania na moc poprzez przeprowadzenie modernizacji oświetlenia. Tego typu działania powinny być propagowane na szeroką skalę, tak aby świadomość społeczeństwa ciągle wzrastała, a szczególnie świadomość właścicieli obiektów użyteczności publicznej, ponieważ jeśli w kwestii gospodarstw domowych ten rozwój już się dokonuje i mieszkańcy odczuwają wzrost komfortu życia zarówno pod względem finansowym, a także pod względem jakości i trwałości tego typu rozwiązania w stosunku do poprzednich technologii.

Ponadto, przyjęty przez Unię Europejską pakiet klimatyczno-energetyczny 3x20 zakłada redukcję emisji gazów cieplarnianych do 2020 roku przynajmniej o 20% w porównaniu do roku 1990, przy wzroście efektywności wykorzystania energii o 20% oraz wzroście udziału OZE w ogólnej produkcji energii o 20% [Sanderski]. Modernizacje polegające na wymianie oświetlenia na LED przyczyniają się do wzrostu efektywności energetycznej, która jest jedną ze składowych pakietu 3x20. W dodatku, oświetlenie LED emituje mniej CO₂ niż oświetlenie poprzednich generacji (oświetlenie żarowe czy fluoroscencyjne) często stosowane w obiektach sportowych, co również ma znaczenie w nawiązaniu do "Energetycznej mapy drogowej 2050", której jednym z głównych założeń jest dekarbonizacja skutkująca redukcją emisji gazów cieplarnianych o 80%-95% do 2050 roku [Makiela].

5.2. Raport w kontekście Modelu Interaktywnego Rynku Energii Elektrycznej i Wirtualnej Wyspy

Modernizacja oświetlenia jest jednym z dwunastu filarów bezpieczeństwa elektroenergetycznego w modelu IREE. Dzięki wymianie tradycyjnego oświetlenia na oświetlenie LED będzie możliwa redukcja szczytu zimowego KSE, poprzez zmniejszenie zapotrzebowania na energię elektryczną. Jak pokazano w rozdz. 4.1 zużycie energii po modernizacji będzie na poziomie 12 MWh. Dla całej Polski wyniesie 6,7 GWh dla obiektów

sportowych pozaszkolnych, a dla hal przyszkolnych o podobnej powierzchni 14,0 GWh. Podpisanie umowy pomiędzy Operatorem Handlowo-Technicznym (OHT), (który jest integratorem i właścicielem wirtualnej wyspy) a odbiorcą, spowoduje ścisłą współpracę pomiędzy tymi podmiotami. Odbiorca (w tym przypadku właściciel modernizowanej hali gimnastycznej), zmniejsza zapotrzebowanie na energię elektryczną poprzez przeprowadzenie modernizacji oświetlenia. Na skutek takich działań niezależny inwestor nie może przeinwestować budując instalacje o coraz większej mocy, ponieważ pobór energii wytwarzanej przez jego źródła, będzie malał na skutek odbiorców redukujących zapotrzebowanie na energię elektryczną oraz prosumentów, którzy sami będą ją wytwarzać. Ponadto, rozwój WW spowoduje mniejszy nacisk na rozbudowę krajowych sieci elektroenergetycznych, co w konsekwencji przyczyni się do rozwoju i integracji większej ilości prosumentów [Popczyk].

Poprzez zastosowanie internetu rzeczy (IoT) oraz inteligentnych liczników odbiorcy będą mogli zarządzać swoim oświetleniem i wykorzystywać je w sposób optymalny. Również, dzięki zastosowaniu inteligentnego systemu sterowania oświetleniem, wpływamy na najkorzystniejsze wykorzystanie energii elektrycznej. Sterowanie oświetleniem może być realizowane za pomocą aplikacji, bądź systemowo. Możliwe jest również, wydzielenie oddzielnej instalacji na potrzeby zasilania (prądem stałym) ledowej instalacji oświetleniowej [Wójcicki].

Ponadto, dzięki zastosowaniu inteligentnych liczników, odbiorca będzie mógł precyzyjnie określić własne zużycie energii elektrycznej. Skutkiem tego będzie ciągła kontrola zużywanej energii, co przyczyni się do większej świadomości, a także dopasowania ilości zużywanej energii do aktualnych potrzeb [Dębowski].

Literatura

- [Astat] Zdjęcia schematu działania systemu sterowania, oraz schemat układu, <http://www.astat.com.pl>
- [Dębowski] Dębowski K.: [Licznik inteligentny EP wg iLab EPRO](#). BŻEP, Dział 1.2.02, <http://www.klaster3x20.pl>, podstrona CEP
- [Fice] Fice M.: [Prosumencki potencjał DSM/DSR w kształtowaniu profilu KSE](#). BŻEP, Dział 1.3.15, <http://klaster3x20.pl>, podstrona CEP
- [Google Maps] Zdjęcie satelitarne hali, <https://www.google.pl/maps>
- [Górczewska, Ślęk] Górczewska M., Ślęk B.: Analizy i ekspertyzy dotyczące źródeł światła. Fachowy elektryk. <http://www.fachowyelektryk.pl>
- Kubik M.: Modernizacja oświetlenia na przykładzie gminy Kuźnia Raciborska. Zastosowanie oświetlenia LED oraz analiza ekonomiczna inwestycji, 2014
- [Makiela] Makiela M.: Energetyczna Mapa Drogowa EU 2050, <http://www.globenergia.pl/oze-ii-ee/energetyczna-mapa-drogowa-eu-2050>, 2012
- [Pelczar] Pelczar Z.: Inteligentne systemy oświetlenia SERVODAN, <http://www.globenergia.pl/oze-ii-ee/energetyczna-mapa-drogowa-eu-2050>
- Polak K.: Projekt dydaktyczny Zastosowanie opraw LED do oświetlania obiektów użyteczności publicznej. Wydział Elektryczny 2012/2013
- [Popczyk] Popczyk J.: Model [interaktywnego rynku energii elektrycznej. Od modelu WEK-IPP-EP do modelu EP-IPP-WEK](#). BŻEP, Dział 1.1.06, <http://www.klaster3x20.pl>, podstrona CEP
- [Sanderski] Sanderski A.: Parlament Europejski zatwierdził pakiet klimatyczny <http://www.ure.gov.pl/pl/urzad/wspolpraca-miedzynarod/2829,Parlament-Europejski-zatwierdzil-pakiet-klimatyczny.html?search=94219352>, 2008

[Wójcicki] Wójcicki R.: [Informatyka w EP](#). BŻEP, Dział 1.2.06, <http://klaster3x20.pl>, podstrona CEP

[LUG] Zdjęcie i parametry techniczne oprawy, <http://www.lug.com.pl>

[Brilum] Zdjęcia i parametry techniczne opraw, <http://www.elgo-li.pl>

Dokumentacja techniczna hali uzyskana dzięki uprzejmości Miejskiego Ośrodka Sportu i Rekreacji w Piekarach Śląskich

Datowanie RAPORTU (wersja oryginalna) – 21.06.2015 r.