

Greenie Polska Sp. z o.o. Sp. k.
ul. Wołoska 16, 02-675 Warszawa

RAPORT KOŃCOWY Z WYKONANYCH BADAŃ z dnia 30.06.2021 r.

Raport powstał w wyniku zakończenia prac badawczych w związku z realizacją projektu numer RPMA.01.02.00-14-a171/18, pt. „Prace badawczo-rozwojowe nad opracowaniem wielofunkcyjnego systemu oświetleniowego "LED Greenie Senses", Działanie 1.2 Działalność badawczo – rozwojowa przedsiębiorstw, typ projektów: „Projekty badawczo – rozwojowe”, dla beneficjentów posiadających doświadczenie w prowadzeniu prac B+R, Regionalnego Programu Operacyjnego Województwa Mazowieckiego na lata 2014-2020.

Część I: Przeprowadzone prace badawczo-rozwojowe

Dnia 30.06.2021 zakończyły się prace badawcze w wyniku których opracowany został prototyp przedprodukcyjny, innowacyjnej lampy LED. Prace badawcze rozpoczęły się w 01.02.2019 i trwały do 30.06.2021 r. Prace badawcze prowadzone w ramach badań przemysłowych i prac rozwojowych prowadzone były przez zespół pracowników badawczych Greenie Polska Sp. z o.o. Sp. k. Natomiast prace badawcze dotyczące analizy porównawczej oświetlenia sztucznego z diod LED do oświetlenia zbadanego dla poszczególnych funkcji lampy LED zostały wykonane przez zespół pracowników naukowych Politechniki Warszawskiej, Wydziału Elektrycznego, Zakładu Techniki Świetlnej.

Realizacja badań przemysłowych:

Badania przemysłowe w projekcie podzielone były na 7 zadań/ etapów:

- 1. Przeprowadzenie badań fal elektromagnetycznych (fal widzialnych - świetlnych, promieniowania podczerwonego oraz ultrafioletowego), które będą spełniać założenia funkcyjne takie jak: przyspieszona regeneracja naskórka, poprawianie samopoczucia (program antydepresyjny) oraz pozytywny wpływ na emocje. Badania będą przeprowadzone z wykorzystaniem diod LED jako emitentów odpowiednich fal elektromagnetycznych (UV-A) i światła widzialnego (funkcja lampy antydepresyjnej).**

Wyzwania technologiczne:

- Obecnie brak badań potwierdzających możliwość wykorzystania diod LED do generowania fal UV-A o długości/częstotliwości sprzyjającej syntezie kolagenu w skórze oraz poprawiających ukrwienie skóry.
- Brak badań określających ilość światła wystarczającą dla funkcji antydepresyjnej (leczenia SAD) generowanej z diod LED.
- Wybranie optymalnych diod LED w celu przeprowadzenia specjalistycznych badań.
- Potwierdzenie bezpieczeństwa określonych częstotliwości fal elektromagnetycznych wybranych do zastosowania w projekcie (zwyfikowanie danego typu diod LED w kontekście do ich zastosowania).
- Wybór takich diod LED by stwierdzić pożądaną skuteczność wybranych fal elektromagnetycznych (m.in.: skuteczność świetlną) przekładającą się na praktyczne funkcje dające określone rezultaty lecznicze i regeneracyjne oraz wpływające pozytywnie na ludzkie emocje.

Cele badawcze:

- Wykazanie, iż odpowiednia intensywność oraz długość fali światła mają praktyczne przełożenie na określone funkcje, takie jak: funkcja lecznicza (regeneracyjna skóry – przyspieszona regeneracja naskórka, pobudzenie kolagenu – przyspieszenie gojenia ran i przebarwień, uzyskanie specjalnego światła regenerującego skórę (tryb antyzmarszczkowy), funkcja antydepresyjna (światłoterapia), ułatwione wybudzanie ze snu, poprawianie samopoczucie, relaksacja.
- Wybranie odpowiednich komponentów (diod LED), które spełnią pożądane funkcje.
- Testowanie wszystkich parametrów diod LED tj.: długości fali świetlnej, intensywności światła oraz wydajności diod LED.

Metodologia badań:

W badaniach wykorzystana została aparatura naukowo-badawczej jaką był specjalny mobilny spektrofotometr UPRTEK MK350N o rozdzielczości widmowej $\pm 1\text{nm}$ i zakresie widmowym 380-780nm. Badanie było przeprowadzone przez badaczy posiadających doświadczenie w obsłudze tych urządzeń oraz wiedzy w analizie pomiarów spektroskopowych na specjalnie przygotowanym i wykalibrowanej (za pomocą źródeł wzorcowych) osi optycznej, posiadanej przez firmę Greenie Polska Sp. z o.o. Sp. k.

Opis badań i wyniki badań:

Badania widm różnych diod LED wykonane zostały przez badaczy posiadających doświadczenie w obsłudze tych urządzeń oraz wiedzy w analizie pomiarów spektroskopowych w celu późniejszego wykorzystania w pracach badawczych w projekcie. Wykonane zostały pomiary różnych diod LED pod względem dominującej długości fali jak i szerokości połówkowej (FWHM) widma by zdeterminować najlepszy typ i budowę diody w celu wykorzystania ich w prototypie i dalszych badaniach. Widma analizowane były pod kątem wyboru pod względem źródła do przyspieszenia regeneracji skóry (zwiększenia produkcji kolagenu w skórze) zgodnymi z danymi literaturowymi (DOI: 10.1016/j.sder.2008.08.003, 10.1089/pho.2013.3616, PMID: 29552272) oraz pod względem widma światła wspomagającego leczenia depresji sezonowej (DOI: 10.1176/ajp.142.2.163, 10.1080/09291010500218506, PMID: 31528147).

Wykonany został szereg pomiarów widm dla każdego typu diody LED (minimum 10 pomiarów) z zakresu od UV-a do bliskiej podczerwieni, oraz diod LED białych od temperatury barwowej 2200K do 6500K. Następnie z pomiarów widm wybierane było widmo, które najlepiej pasowało do zakresu promieniowania elektromagnetycznego sprzyjającego regeneracji skóry oraz wspomagające leczenie depresji sezonowej spowodowanej małą dawką światła naturalnego. W ten sposób uzyskano grupę diod LED do potencjalnego wykorzystania w prototypie urządzenia końcowego.

Prace te zakończyły się sukcesem.

Kamienie milowe:

Kamieniem milowym zadania badawczego było potwierdzenie skuteczności mieszanki promieniowania elektromagnetycznego danych diod LED poprzez przeprowadzenie badań. Badania miały na celu zdobycie wiedzy niezbędnej do kolejnych etapów projektowych – budowy projektu systemu oświetleniowego.

Kamień milowy przewidziany dla tego zadania został osiągnięty.

Rezultaty badań:

W rezultacie przeprowadzonych prac badawczych otrzymaliśmy dokładne widma światła diod LED z zakresu światła wspomagającego regenerację skóry i działania antydepresyjnego do potencjalnego wykorzystania w prototypie urządzenia końcowego.

Nowa wiedza jaka powstała w wyniku realizacji zadania:

W wyniku przeprowadzenia prac badawczych w tym zadaniu uzyskano wiedzę na temat, jakie typy diod LED z danego zakresu widmowego promieniowania elektromagnetycznego najlepiej nadadzą się w dalszych etapach badań, w działaniu regeneracyjnym na skórę i antydepresyjnym.

Poziom gotowości technologicznej na koniec zadania:

Poziom II – Przebadanie widm diod LED w celu wykorzystania ich w dalszych etapach badań w działaniu regeneracyjnym na skórę i antydepresyjnym.

2. Analiza porównawcza skuteczności oddziaływania na człowieka określonego wcześniej oświetlenia z diod LED, a oświetlenia badanego dla potwierdzenia skuteczności poszczególnych trybów takich jak m.in.: regeneracyjny, leczniczy, relaksacyjny, antydepresyjny, pobudzający.

Wyzwanie technologiczne:

Na podstawie wyników prac badawczych przeprowadzonych podczas etapu 1, zostały zdefiniowane i przekazane do badań diody LED celem udowodnienia poprzez badania praktyczności wybranych diod LED, tak aby spełniały swoje założone funkcje, czyli:

- Dopasowanie zestawów diod LED tak, aby źródło światła mogło oddziaływać w założony leczniczy i regeneracyjny sposób.
- Pozyskanie informacji, w tym wniosków z badań, potwierdzających poszukiwaną efektywność diod LED.
- Pozyskanie informacji skuteczności oraz użyteczności poszukiwanych funkcji: leczniczej, regeneracyjnej, uspokajającej, wyciszającej i antydepresyjnej.

Cele badawcze:

Wykazanie skuteczności oddziaływania diod LED na samopoczucie człowieka oraz potwierdzenie funkcjonalności określonych funkcji przyszłego produktu takich jak m.in.: lecznicza, regeneracyjna, relaksacyjna, antydepresyjna.

- Przeprowadzenie testów w ośrodku badawczym.
- Przeprowadzone będą m.in.: analizy medyczne, testy, sporządzenie statystyk, raportów i wniosku z wykonanych badań, przebadanie osób z depresją oraz wykonanie innych testów (np. testów świetlnych na pacjentach). Badania u zdrowych ochotników oraz u chorych pacjentów.
- Badania odpowiedniego wpływu widma światła na nastrój człowieka, w tym sposób wybudzenia i usypiania. Badania na efektywność danego trybu odpowiednio pod daną część dnia na określony program (m.in.: tryb wschód słońca / budzik świetlny / tryb antydepresyjny / tryb regeneracyjny / tryb leczniczy.)
- Przedstawienie wiarygodności przeprowadzonych badań.

Metodologia badań:

W badaniach wykorzystana została aparatura naukowo-badawczej jaką był specjalny mobilny spektrofotometr UPTEK MK350N o rozdzielczości widmowej $\pm 1\text{nm}$ i zakresie widmowym 380-780nm oraz kula całkująca ze spektrometrem własności katedry Techniki Świetlnej Politechniki Warszawskiej.

Opis badań i wyniki badań:

W tym badaniu przetestowane zostały wcześniej wybrane diody LED na wcześniej przygotowanych płytkach MCPCB z przetwornicami DC-DC typu Buck Driver, sterowane za pomocą sygnału PWM z uniwersalnego sterownika PWM. Tak przygotowany układ do testowania różnego wysterowania diod LED z zaprogramowanymi programami (regeneracyjny, leczniczy, relaksacyjny, antydepresyjny, pobudzający) został przetestowany pracowni fotometrycznej Katedry Techniki Świetlnej Politechniki Warszawskiej. Wykonany został szereg pomiarów widm, temperatury barwowej oraz strumienia świetlnego. Po analizie pomiarów

nanoszone były poprawki wysterowania diod LED w celu najlepszego odwzorowania widma danego trybu (regeneracyjny, leczniczy, relaksacyjny, antydepresyjny, pobudzający) zgodnego z danymi literaturowymi. Badania zakończyły się sukcesem, a wyniki badań zostały wykorzystane w następnych pracach badawczych.

Kamienie milowe:

Kamieniem milowym tego zadania było potwierdzenie z danymi literaturowymi, skuteczności oddziaływania diod LED na samopoczucie człowieka oraz potwierdzenie funkcjonalności określonych funkcji przyszłego produktu takich jak m.in.: lecznicza, regeneracyjna, relaksacyjna, antydepresyjna. Kamień milowy został osiągnięty przez wyselekcjonowanie diod LED o określonym widmie z zakresu UV-VIS-IR, pomiary na spektrometrze wykazały poprawnie dobranie zakresy widm, które wyznaczone zostały dla danego trybu w etapie pierwszym.

Rezultaty badań:

W rezultacie przeprowadzonych prac badawczych wyznaczono dokładnie (widma z dokładnością $\pm 10\text{nm}$ oraz temperaturę barwową z dokładnością $\pm 100\text{K}$) parametry wysterowania diod LED do odwzorowania widma spełniające funkcję: regeneracyjny, leczniczy, relaksacyjny, antydepresyjny, pobudzający. Dodatkowo wyeliminowane zostały diody LED (COB i taśmy LED), które nie spełniają warunków do otrzymania widm literaturowych.

Nowa wiedza jaka powstała w wyniku realizacji zadania:

W wyniku realizacji tego badania uzyskano wiedzę na temat widm diod LED dostępnych na rynku i za pomocą tej wiedzy wyselekcjonowaliśmy odpowiednią kombinację diod LED, dzięki czemu będzie można odwzorować dane sceny oświetleniowe z wysokim współczynnikiem CRI.

Personel zaangażowany w badania:

Wykonanie etapu badań zlecone podwykonawcy - Politechnika Warszawska (Wydział Elektryczny, Zakład Techniki Świetlnej) - zewnętrzna jednostka naukowo-badawcza. Raport z prac PW został dostarczony z datą 19.03.2021 r. ponieważ prace PW polegały także na końcowej weryfikacji zgodności długości fal światła oraz temperatury barwowej z założeniami. Raport Politechniki Warszawskiej jest załącznikiem do niniejszego raportu.

Poziom gotowości technologicznej na koniec zadania:

Poziom IV – Potwierdzenie przez podwykonawcę w badaniach, skuteczności oddziaływania diod LED na samopoczucie człowieka oraz potwierdzenie funkcjonalności określonych funkcji przyszłego produktu takich jak m.in.: lecznicza, regeneracyjna, relaksacyjna, antydepresyjna.

3. **Badanie fal dalekiej podczerwieni pod kątem działania prozdrowotnego. Pomiary temperatury i mocy niskotemperaturowego promiennika podczerwieni. Potwierdzenie, że połączenie w odpowiednich proporcjach: promieniowania UV-VIS oraz dalekiej podczerwieni IR (promieniowania termicznego) przekłada się na funkcję: leczniczą, regeneracyjną, relaksacyjną i antydepresyjną. – Dowiedzenie prawidłowej pracy włókien węglowych w formie maty grzewczej przekładających się na przyszłe funkcje systemu oświetleniowego.**

Wyzwanie technologiczne:

- Znalezienie odpowiedniego zakresu promieniowania UV-VIS oraz IR, które będzie właściwe dla potwierdzenia funkcji leczniczych / regeneracyjnych.
- Znalezienie właściwego promiennika tak aby emitował ciepło. Celem jest aby system oświetleniowy emitował przyjemne ciepło dla użytkownika.
- Sprawdzenie i potwierdzenie czy dobór odpowiednich komponentów do testów będzie właściwy do potrzeb funkcyjnych urządzenia.

- Dobór takiej długości fali elektromagnetycznej, aby całkowicie wykluczyć ryzyko wystąpienia negatywnych efektów takich jak: osłabianie włókien kolagenowych czy efekt starzenia się skóry.

Cele badawcze:

Wykazanie, iż odpowiednie połączenie mocy i proporcji trzech typów promieniowania elektromagnetycznego, czyli: 1) światła (promieniowania widzialnego) VIS, 2) UV i 3) IR - wpływa na praktyczność funkcji regeneracyjnej i leczniczej.

Udowodnienie produkcji witaminy D u osoby naświetlanej w wyniku syntezy skórnej pod wpływem promieniowania UV, które może pokryć aż 70% dziennego zapotrzebowania na witaminę D. Promieniowanie UV, pod wpływem którego zachodzi synteza witaminy D w skórze, dociera w bardzo niskim stopniu do powierzchni ziemi w okresie jesienno-zimowym. Zastosowanie promieniowania UV w terapii światłem poprzez naświetlanie promieniowaniem UV w sezonie jesienno-zimowym w celu wyprodukowania witaminy D przez organizm człowieka. Zabiegi fototerapii z wykorzystaniem promieni UV stosuje się np. do wspomagania leczenia łuszczycy i bielactwa. Zastosowanie w gabinetach rehabilitacyjnych i w ośrodkach zdrowia, sanatoriach, na oddziałach dermatologicznych, odnowy biologicznej – salony urody i SPA.

Metodologia badań:

W badaniach wykorzystane zostały elektroniczne urządzenia laboratoryjne tj. zasilacz laboratoryjny KORAD KD3005D, spektrometr światłowodowy CCD X USB Spectra LASER UV-VIS-IR(zakres 200 - 1100nm, rozdzielczość 0,5nm), multimetr UT 61 C UNI-T, komputer stacjonarny do obsługi spektrometru światłowodowego. Wykonane zostało stanowisko do pomiarów źródeł (innych niż diody LED) z zakresu IR na zmodyfikowanej do tych pomiarów osi optycznej z etapu 1.

Opis badań i wyniki badań:

Badania polegały na pomiarze widm tj. długości fali dominującej, szerokości połówkowej widma różnych źródeł UV-VIS-IR. Do badań wykorzystano wcześniej przygotowany system sterownia diod LED z etapu 2 oraz zmodyfikowaną oś optyczną z uchwytyami do pomiaru różnych źródeł promieniowania w zakresie IR-A i IR-B.

W badaniach przeprowadzono modyfikację intensywności światła z diod LED, by światło z promienników podczerwieni uzupełniało widmo diod LED w zakresie fal powyżej 650nm. W pomiarze promienników podczerwieni wykorzystane zostały promienniki na bazie promiennika z nanorurek węglowych, kwarcowych oraz wolframowych. Z powodu braku spektrometru na promieniowanie IR-B, do określenia fali dominującej i szerokości połówkowej promienników o temperaturze barwowej poniżej 1200 K wykorzystane zostało dopasowanie lewego zbocza widma promiennika do modelu ciała doskonale czarnego:

$$B_{\nu}(\nu, T) = \frac{2h\nu^3}{c^2} \frac{1}{e^{h\nu/kT} - 1}$$

Dzięki tej analizie udało się wyznaczyć z dobrą dokładnością falę dominującą oraz temperaturę barwową promienników podczerwieni w zakresie IR-B.

Po analizie pomiarów promienników i danych literaturowych, odrzucone zostały promienniki bazujące na nanorurkach węglowych. Najlepiej dopasowane źródło promieniowania IR-B w celach relaksacyjnych, regeneracyjnych i leczniczych miały promienniki kwarcowe i wolframowe o temperaturze źródła promieniowania w zakresie 1200-1500K. Po dalszej analizie mocy promiennika i sugerowanej jego odległości 1-2m od osoby, najlepszym rozwiązaniem okazało się dobranie źródła o mocy między 175, a 250W, które emitują w zakresie IR-A i IR-B ponad 90% energii.

Po dobraniu źródła promieniowania podczerwonego zgodnego z wynikami wcześniejszej analizy (175W promiennik wolframowy 1250K+-100K) dokonano pomiarów wraz z diodami LED na zmodyfikowanej osi optycznej z etapu 2. Po analizie wyników ustalono widma zgodnymi z danymi literaturowymi. Wyniki pomiarów posłużą w kolejnych etapach badań.

Kamienie milowe:

Kamienie milowe tego zadania badawczego to:

- Dobranie parametrów promiennika podczerwieni, aby źródło podczerwieni oddziaływało w sposób leczniczy, regeneracyjny, relaksacyjny. (Dobranie długości IR-B i intensywności typu powyżej 40W.)
- Dobranie źródła promieniowania podczerwonego, które spełnia założenia funkcyjne przyszłego produktu.
- Uzyskanie systemu dającego sprawność na poziomie co najmniej 90% pod kątem jak największej ilości energii wyemitowanej w podczerwień.
- Potwierdzenie sprawności energetycznej promiennika oraz potwierdzenie przydatności w zastosowaniu w funkcjach: regeneracyjnej, leczniczej, antydepresyjnej.

Kamienie milowe przewidziane dla tego zadania zostały osiągnięte.

Rezultaty badań:

W rezultacie przeprowadzonych prac badawczych dobrano źródła promieniowania podczerwonego, które spełniają założenia funkcyjne przyszłego produktu. Wyznaczono parametry widmowe diod LED i ich intensywność w pracy z promiennikiem podczerwieni oraz potwierdzona została przydatność promiennika współpracującego z diodami LED w zastosowaniu w funkcjach: regeneracyjnej, leczniczej, antydepresyjnej.

Rezultaty badań posłużą w kolejnych etapach.

Nowa wiedza jaka powstała w wyniku realizacji zadania:

W wyniku przeprowadzenia prac badawczych w tym zadaniu zdobyto wiedzę na temat wad i zalet różnych promienników podczerwieni w celach regeneracyjnych, leczniczych i antydepresyjnych oraz wyznaczono parametry widmowe diod LED i ich intensywność w pracy z promiennikiem podczerwieni.

Poziom gotowości technologicznej na koniec zadania:

Poziom IV – Potwierdzenie przez podwykonawcę w badaniach, skuteczności oddziaływania różnych promienników podczerwieni na samopoczucie człowieka oraz w celach regeneracyjnych, leczniczych i antydepresyjnych oraz wyznaczono parametry widmowe diod LED i ich intensywność w pracy z promiennikiem podczerwieni.

4. Dokonanie selekcji pod kątem przydzielenia wybranych diod LED, biorąc pod uwagę zakres mocy i sposób świecenia na poszczególne pasma i dopasowanie ich pod określone funkcje (tryby) przyszłego produktu. Dopasowanie użycia poszczególnych komponentów do wszystkich trybów przyszłego produktu oraz ustalenie właściwych parametrów potrzebnych do dalszych etapów doboru elektroniki, co możliwe będzie po weryfikacji wyników badań przeprowadzonych wcześniej prac badawczych.

Wyzwanie technologiczne:

- Uzyskanie wielozadaniowości produktu, czyli połączenie wielu funkcji w jednym urządzeniu: powiązanie ze sobą wszystkich (różnych) przyszłych funkcji systemu lampy, po to aby w jednym urządzeniu móc uzyskać wielofunkcyjność produktu.
- Obecnie żadna z dostępnych na rynku lamp nie łączy funkcji leczniczych skóry, leczniczych depresji (z użyciem fal ciepłych podczerwieni) oraz funkcji lampy

dopasowującej się do cyklu dnia użytkownika w całość. Połączenie tych funkcjonalności w jednym urządzeniu czyni produkt Greenie całkowicie unikatowym i innowacyjnym na rynku oświetleniowym w Polsce i na świecie.

- Sprawdzanie pozostałych możliwych trybów funkcyjności urządzenia, celem potwierdzenia jej wielofunkcyjności.

System lampy umożliwiałby dopasowanie światła do samopoczucia użytkownika poprzez wybór trybu tj.:

1. tryb wschód słońca - symulowanie światła o wschodzie słońca – rozbudzanie w czasie płytkiego snu aby zmaksymalizować wypoczęcie;
2. tryb zachód słońca - symulowanie światła o zachodzie słońca – relaksacja;
3. tryb wieczorny – uspokojenie, wyciszenie do snu;
4. tryb praca – pobudzenie, motywacja, przerwa na kawę- efektywnie wyliczająca czas pracy i przerw;
5. tryb nastrój – nastrojowe światło;
6. tryb antydepresyjny – skierowany dla osób z SAD (eng. Seasonal Affective Disorder) (depresja jesienna);
7. tryb regeneracyjny – specjalne światło regenerujące skórę (tryb antyzmarszczkowy);
8. tryb leczniczy – specjalne światło bez UV przyspieszające gojenie poparzeń (np. słonecznych), gojenie przebarwień, ran, znamion po trądziku itp.;
9. tryb budzika świetlnego;
10. tryb pomagania przy zasypianiu / usypianiu - delikatne pomarańczowe światło.

Cele badawcze:

Prawidłowy wybór parametrów diod potrzebnych do dalszych etapów doboru elektroniki.

Skompletowanie użycia poszczególnych komponentów do wszystkich trybów przyszłego innowacyjnego produktu i potwierdzenie ich skuteczności w zespoleniu ich w jednym urządzeniu LED.

Lista wykazania zakresu skuteczności przyszłych funkcji systemu lampy to m.in.:

- wykazanie, że urządzenie działa antydepresyjnie,
- wykazanie, że urządzenie ma właściwości lecznicze (niwelowanie depresji jesiennej, regeneracja skóry.),
- wykazanie, że urządzenie przyspiesza gojenie poparzeń (np. słonecznych), gojenie przebarwień, ran, znamion po trądziku itp.,
- wykazanie, że urządzenie wpływa na pobudzenie, motywację, podniesienie poziomu energii, polepszenie samopoczucia i wzrost odczuwania pozytywnych emocji,
- wykazanie, że urządzenie może także działać relaksacyjnie w danym trybie,
- wykazanie, że urządzenie ma właściwości wybudzające ze snu (budzik świetlny poprzez ustawienie aplikacji),
- wykazanie, że urządzenie ma właściwości wspomagające zasypianie.

Metodologia badań:

W badaniach wykorzystane zostały elektroniczne urządzenia laboratoryjne tj. zasilacz laboratoryjny KORAD KD3005D, spektrometr UPRTEK MK350N i światłowodowy CCD X USB Spectra LASER UV-VIS-IR(zakres 200 - 1100nm, rozdzielczość 0,5nm), multimetr UT 61 C UNI-T, komputer stacjonarny do obsługi spektrometru światłowodowego. Badanie było przeprowadzone przez badaczy posiadających doświadczenie w obsłudze tych urządzeń oraz wiedzy w analizie pomiarów spektroskopowych na specjalnie przygotowanym i wykalibrowanej(za pomocą źródeł wzorcowych) osi optycznej, posiadanej przez firmę Greenie Polska Sp. z o.o. Sp. k..

Opis badań i wyniki badań:

Na tym etapie badań wykorzystano wiedzę z poprzednich etapów badań dotyczących typów i rodzajów diod LED oraz badania określonych widm i emisji światła diod LED dopasowanych do funkcji urządzenia docelowego. Po analizie wyników prac z poprzednich etapów wyznaczono grupę diod LED spełniających wszystkie kryteria pozwalające na odwzorowanie widm zgodnych z funkcjami urządzenia docelowego i danymi literaturowymi. W celu dokładnej analizy napięć i prądów wysterowania diod LED zgodnymi z wcześniej wyznaczonymi parametrami spektralnymi przygotowano specjalne płytki MCPCB pod diody LED oraz z wyjściami pomiarowymi na pomiar napięcia, prądu i wypełnienia impulsu sterującego.

Wykonano szereg pomiarów napięć, prądu i wypełnienia impulsu na diodach LED w trybach: wschód słońca, zachód słońca, wieczorny, praca, nastrój, antydepresyjny, regeneracyjny, leczniczy, budzika świetlnego, wspomagania przy zasypianiu/usypianiu. W wyniku badań uzyskano niezbędne dane do zaprogramowania inteligentnego sterownika docelowego produktu o algorytm sterowania różnymi trybami. Dodatkowo wykonano pomiary różnych dodatkowych trybów z wykorzystaniem promiennika podczerwieni i jego sterowaniem z poziomu uniwersalnego sterownika triakowego. Wyniki pomiarów pokazały, że powiązanie ze sobą wszystkich (różnych) przyszłych funkcji systemu jest możliwe, dzięki czemu uzyskano wiele funkcje przyszłego produktu, który zostaną zaimplementowane w algorytmie sterownika urządzenia.

Działanie to zakończyło się osiągniętym celem, a uzyskana wiedza została wykorzystana w następnych pracach badawczych związanych z opracowaniem prototypu i sterownika docelowego urządzenia w następnych etapach badawczych.

Kamienie milowe:

Kamieniem milowym tego zadania badawczego było opracowanie i potwierdzenie wniosków z badań nad skutecznością zastosowanych komponentów dla wszystkich funkcji systemu oświetleniowego. Uzyskanie wykazu, które diody i z jakim natężeniem będą pracowały w poszczególnych trybach lampy. Kamień milowy przewidziany dla tego zadania został osiągnięty.

Rezultaty badań:

W rezultacie przeprowadzonych prac badawczych wyselekcjonowano docelowe diody LED oraz ich parametry napięciowo-prądowe w odwzorowaniu widm różnych trybów lampy. Dodatkowo potwierdzono wielofunkcyjność połączonych funkcji lampy (źródło światła LED i promiennika podczerwieni), która zostanie wykorzystana w produkcie końcowym.

Nowa wiedza jaka powstała w wyniku realizacji tego zadania:

W wyniku przeprowadzenia prac badawczych w tym zadaniu uzyskano wiedzę na temat współpracy diod LED z promiennikiem podczerwieni i parametrów sterowania tych źródeł promieniowania elektromagnetycznego.

Poziom gotowości technologicznej na koniec zadania:

Poziom IV –przetestowania została współpracy diod LED z promiennikiem podczerwieni i wyznaczono parametrów sterowania tych źródeł promieniowania elektromagnetycznego.

5. Opracowanie efektywnej elektroniki odpowiedniej dla wybranych w poprzednich zadaniach diod LED, dobór zasilacza dla diod LED oraz maty grzewczej (promiennika podczerwieni). Zaprojektowanie płyty głównej sterownika systemu lampy.

Wyzwanie technologiczne:

Brak dostępnego poprawnie zestrojonego zestawu zasilacza diod LED, promiennika podczerwieni oraz diod LED, które zapewnią pożądany efekt świetlny w postaci odpowiedniego natężenia i mocy światła o zadanych parametrach.

- Dobór właściwego napięcia stosowanego do zasilania diod LED oraz emitera podczerwieni.
- Wylczenie sprawności zasilacza w stosunku do zastosowanych diod LED.
- Uzyskanie stałego napięcia i umiejętne wycięcie mocy w celu dostosowania do danych funkcji i programów.
- Im wyższe napięcie tym wyższe/dłuższe segmenty trzeba zastosować. Ujarzmienie ograniczenia fizycznego.
- Znalezienie odpowiedniego dostawcy części składowych produktu.
- Osiągnięcie takich parametrów prądowo-napięciowych i temperaturowych, które zapewnią długą i stabilną pracę urządzenia w niezmiennych i stałych warunkach. Pozbycie się potencjalnego migotania światła diod LED wynikającego ze sposobu zasilania (PWM) - (ang. Pulse-Width Modulation) - Modulacja szerokości impulsów.

Cele badawcze:

Celem badania było:

- Zbadanie i analiza parametrów oświetlenia (zakresów barwy i natężenia światła) dla danych programów i funkcji systemu lamp. Znalezienie konstrukcji zasilacza, która zapewnia wysoką sprawność przy każdym stopniu obciążenia. Dobranie parametrów diod LED o wysokiej efektywności – dopasowanych do nastroju człowieka czyli danej funkcji.
- Dobór parametrów działania głównie pod kątem dopasowania mocy diod LED do ilości zużywanej energii. Uzyskanie lepszych warunków pracy i ograniczenie mocy maksymalnej celem wydłużenia żywotności lamp. (Nie będzie tak szybko traciła światła w czasie – zużycie produktu na przestrzeni lat). Diody LED lubią niskie temperatury.
- Badanie nad opracowaniem diod o wysokim wskaźniku CRI (docelowo CRI > 98). Wykorzystanie pełnego spektrum widzialnego + UVA.

Metodologia badań:

W badaniach wykorzystany został spektrofotometr UPRTEK MK350N. Wykorzystane zostały też elektroniczne urządzenia laboratoryjne tj. zasilacz laboratoryjny KORAD KD3005D multimetr UT 61 C UNI-T, oraz specjalnie przygotowany układ prototypowy do sterowania jasnością diod LED (bazujący na module PCA9685 – max 16 kanałów PWM o rozdzielczości 12bit) sterowanych za pomocą komputera stacjonarnego. Badanie było przeprowadzone przez badaczy posiadających doświadczenie w obsłudze tych urządzeń oraz wiedzy w analizie pomiarów spektroskopowych na specjalnie przygotowanym i wykalibrowanej (za pomocą źródeł wzorcowych) osi optycznej, posiadanej przez firmę Greenie Polska Sp. z o.o. Sp. k..

Opis badań i wyniki badań:

W tym działaniu wykorzystano wszystkie wcześniejsze prace badawcze wraz z wykorzystaniem odpowiednio do tego przygotowanego uniwersalnego sterownika PWM, dzięki któremu można było sterować jasnością (max 16 kanałów, 12bit rozdzielczości PWM) danego kanału barwowego diod LED. Sterowanie jasnością diod LED wykonane zostało metodą PWM, czyli za pomocą regulacji szerokości impulsu prądu zasilania danego kanału barwowego diod LED. W ten sposób testowane były różne źródła prądowe diod LED.

W badaniu przygotowano kilka płytek PCB pod wcześniej wyselekcjonowane przetwornice stałoprądowe typu step-down i buck-driver. Wykonano pomiary następujących układów scalonych: ALT80802KEJTR, AL5890-40D-13, AL5822W6-7, AL8806MP8-13, LT3950JMSE#PBF, STCS05DR, MCP1643-I/MS, HV9918K7-G, MIC2297-42YML-TR oraz MBI6651GSD-A.

Przetestowane zostały Drivery LED zasilane napięciem stałym w zakresie 4,5-40V. Z analizy pomiarów otrzymano informację, iż najwyższą sprawność w zakresie zasilania zestawu diod LED

od napięcia 16V(dla diod w zakresie 660nm) do 24V(dla diod LED 365nm) ma przetwornica AL8806MP8-13. Zostanie ona wykorzystana przy budowie prototypu.

Następnie w badaniach badacze przeszli do projektowania płytek MCPCB na diody LED, płytek PCB na Drivery LED AL8806MP8-13 w celu sprawdzenia sprawności zasilacza i jego współczynnika mocy przy różnych trybach pracy diod LED współpracujących z przetwornicami AL8806MP8-13. Po wykonaniu prototypowej instalacji LED symulującej wszystkie tryby pracy docelowego urządzenia przetestowany został szereg zasilaczy, z którego wybrany został zakres zasilaczy w przedziale 60-75W o sprawności powyżej 91%, które będą mogły zostać użyte w docelowym rozwiązaniu. Dodatkowo w tym zestawieniu przetestowany został zasilacz prototypowy jednego z dostawców firmy Greenie Polska, który może zostać przeprojektowany zgodnie z potrzebami mocy, sprawności oraz gabarytów urządzenia końcowego.

Wszystkie prace tego etapu zakończyły się sukcesem.

Kamienie milowe:

Kamieniem milowym tego zadania było:

- Wyselekcjonowanie diod LED, które będą idealnie odzwierciedlać oczekiwane warunki oświetleniowe pod kątem zaprogramowanych funkcji / trybów.
- Sukcesywne rozmieszczenie diod LED i najlepiej dobrana intensywność światła. Uzyskanie takich parametrów widmowych światła aby otrzymać skuteczność programów lampy, z których korzystać będzie użytkownik.
- Dobór parametrów pod najefektywniejszą intensywność światła (powyżej >2000 lx) – optymalne warunki oświetleniowe dla danej funkcji systemu lampy. Wyselekcjonowanie diod LED, które będą idealnie odzwierciedlać oczekiwane warunki oświetleniowe.
- Dobranie zasilacza o napięciu 24 V i współczynniku mocy wyższym niż 0,9 (PF > 0,9).

Kamienie milowe przewidziane dla tego zadania zostały osiągnięte.

Rezultaty badań:

W rezultacie przeprowadzonych prac badawczych wyselekcjonowano docelowe diody LED i wykonano dla nich płytki MCPCB z ich odpowiednim rozmieszczeniem na płytce, wybrano najsprawniejszą przetwornicę do sterowania prądem diod LED i wykonano pod nią płytkę PCB pasującą do płytki MCPCB. Wykonano projekt docelowego urządzenia oraz wykonano prototypowy szkielet nośny lampy LED(pełniący również rolę radiatora dla diod LED). Przetestowano i dobrano grupę zasilaczy spełniających warunki pracy docelowego urządzenia. Zaprojektowano, wykonano prototypowe urządzenie pozwalające na wykorzystanie go w pracach polegających na opracowaniu sterownika urządzenia docelowego.

Nowa wiedza jaka powstała w wyniku realizacji tego zadania:

Wiedzą jaką nabyto dzięki badaniom tego etapu jest określenie proporcji jasności wybranych diod LED, przy współpracy z przetwornicą AL8806MP8-13 i promienniku podczerwieni odzwierciedlające widma trybów pracy ustalonych we wcześniejszych etapach. Wyselekcjonowano grupę zasilaczy do najefektywniejszej pracy docelowego urządzenia

Poziom gotowości technologicznej na koniec zadania:

Poziom IV – Określono parametry jasności danego kanału barwnego w zależności od sceny oświetleniowej, wyselekcjonowano docelowe diody LED, zaprojektowano i wykonano prototypowe urządzenie pozwalające na wykorzystanie go w pracach polegających na opracowaniu sterownika urządzenia docelowego.

- 6. Opracowanie i zaprojektowanie bezprzewodowego sterownika oraz aplikacji na telefon/tablet/PC służących do sterowania poszczególnymi trybami pracy lamp. Także utworzenie programowalnej aplikacji dla ustawienia automatycznie zmieniających się funkcji lampy w zależności od ustawień oraz pory dnia.**

Wyzwanie technologiczne:

Stworzenie elektroniki (hardware + software) do pilota i zaprogramowanie pilota wraz z aplikacją do komunikacji pomiędzy pilotem a urządzeniem (lampą). Celem jest pilot, który będzie miał intuicyjne funkcje (inteligentny pilot i aplikacja ułatwiający klientowi indywidualnemu szybkie i łatwe sterowanie). System sterowania musi mieć możliwość zastosowania do pojedynczej lampy, jak i zespołu lamp (systemu oświetleniowego).

Wyzwaniem technologicznym jest utworzenie systemu umożliwiającego dopasowanie światła do samopoczucia użytkownika, poprzez wybór odpowiedniego programu, byłyby to:

- 1) tryb wschód słońca - symulowanie światła o wschodzie słońca – rozbudzanie w czasie płytkiego snu aby zmaksymalizować wypoczęcie;
- 2) tryb zachód słońca - symulowanie światła o zachodzie słońca – relaksacja;
- 3) tryb wieczorny – uspokojenie, wyciszenie do snu;
- 4) tryb praca – pobudzenie, motywacja, przerwa na kawę - efektywnie wyliczająca czas pracy i przerw;
- 5) tryb nastrój – nastrojowe światło;
- 6) tryb antydepresyjny – skierowany dla osób z SAD (seasonal affective disorder) - depresją jesienną;
- 7) tryb regeneracyjny – specjalne światło regenerujące skórę (tryb antyzmarszczkowy);
- 8) tryb leczniczy – specjalne światło bez UV przyspieszające gojenie poparzeń (np. słonecznych), gojenie przebarwień, ran, znamion po trądziku itp.;
- 9) tryb budzika świetlnego;
- 10) tryb pomagania przy zasypianiu / usypianiu - delikatne pomarańczowe światło).

Cele badawcze:

Opracowanie aplikacji, przetestowanie oprogramowania pod aplikację, stworzenie wizualizacji i odpowiedniej szaty graficznej - takiej która będzie przyjazna użytkownikowi pod kątem łatwej i szybkiej obsługi oraz skutecznej komunikacji z lampą. Priorytetem zadaniowym jest duża funkcjonalność urządzenia (inteligentny i łatwy wybór funkcji.)

Dlatego głównym celem badawczym etapu jest dopasowanie odpowiednich zestawów diod tak, aby jedna lampa mogła generować różnorodne programy odpowiadające funkcjom systemu lampy.

Badanie najlepszego zakresu widmowego i dobór światła pod określone samopoczucie – określony powyżej nastrój jako jeden program na pilocie do lamp.

W tym etapie prac badawczych niezbędna będzie współpraca osób tworzących hardware oraz software. Zostanie opracowane urządzenie elektroniczne, a także niezbędne przygotowanie i opracowanie oprogramowania do tego urządzenia.

Kolejnym krokiem prac badawczych będzie (przy wykorzystaniu programatorów flash) zaprogramowanie urządzenia elektrycznego, które dzięki know-how dotyczącego tworzenia elementów nadajników systemów radiowych, zostanie odpowiednio skalibrowane, aby prawidłowo przekształcać komendy użytkownika i przekazywać sygnałem bezprzewodowym do odbiornika, który będzie umieszczony przy źródle światła.

Metodologia badań:

W badaniach wykorzystane zostały elektroniczne urządzenia laboratoryjne tj. zasilacz laboratoryjny KORAD KD3005D, analizator stanów logicznych SQ50 IKALOGIC, multimetr UT 61 C UNI-T, komputer stacjonarny do obsługi analizatora stanów logicznych oraz płytki stykowe i różne podzespoły elektroniczne (tj. elementy pasywne i elementy półprzewodnikowe). Wykonane

zostało stanowisko do pomiarów elektrycznych i transmisji danych różnych interfejsów komunikacyjnych oraz do programowania pamięci Flash mikrokontrolerów PIC za pomocą interfejsu ICSP.

Opis badań i wyniki badań:

Pracą tego etapu było zaprojektowanie uniwersalnego sterownika mikroprocesorowego opartego o mikrokontroler PIC18LF4431 i układ ESP8266 do komunikacji w standardzie Wi-Fi 2,4 GHz z użytkownikiem przez urządzenie mobilne. Prace zakończyły się sukcesem. W sterowniku zaimplementowano algorytmy wszystkich trybów pracy urządzenia opracowanych we wcześniejszych etapach prac i testy potwierdziły poprawne działanie sterownika z wcześniej przygotowanymi płytkami MCPCB z diodami LED i promiennikiem podczerwieni. Dodatkowo w czasie prac opracowano funkcję *follow the day* i dzięki temu docelowe urządzenie zostanie rozszerzone o ten tryb pracy.

Dodatkowo badacze pracowali nad stworzeniem pilota sterującego pracą urządzenia. W czasie badań i projektowania urządzenia okazało się, że stworzenie takiego pilota bez wyświetlacza przy zachowaniu pełnej funkcjonalności lampy jest praktycznie nie możliwe. Użytkownik nie mógłby za pomocą takiego pilota w pełni wykorzystać funkcji lampy. Z kolei w obecnych czasach prawie każdy ma przy sobie urządzenie mobilne pozwalające połączyć się przez Wi-Fi z innymi urządzeniami, z tego powodu rozsądnym było zrezygnowanie z prac badawczych polegających na opracowaniu pilota sterującego i skupienia się na opracowaniu unikatowego algorytmu w pełni wykorzystującego możliwości urządzenia oraz przyjaznej aplikacji po stronie urządzenia mobilnego.

Prace te zakończyły się osiągnięciem postawionego celu, a uzyskaną wiedzę wykorzystano do integracji wszystkich elementów w jeden działający prototyp.

Kamienie milowe:

Kamieniem milowym tego zadania było opracowanie łatwej w obsłudze i poprawnie działającej aplikacji na telefon, tablet, komputer a także małego ergonomicznego pilota do sterowania lampami. (Obsługa systemów operacyjnych: Android, iOS, Windows - dla różnych rodzajów urządzeń np. smartfon, tablet, PC). Kamień milowy tego zadania został osiągnięty w postaci aplikacji na telefon, tablet i komputer, z wcześniej opasanych powodów nie opracowano pilota sterującego.

Rezultaty badań:

W rezultacie przeprowadzonych prac badawczych opracowano sterownik urządzenia docelowego. Napisano oprogramowanie sterownika implementując unikatowy algorytm realizujący opracowane tryby pracy urządzenia docelowego oraz napisano i przetestowano aplikację mobilną do sterowania pracą sterownika.

Nowa wiedza jaka powstała w wyniku realizacji tego zadania:

W wyniku przeprowadzenia prac badawczych w tym zadaniu uzyskano wiedzę na temat współpracy mikrokontrolera z nadajnikoodbiornikiem Wi-Fi. Dodatkowo uzyskano wiedzę na temat zakłóceń wprowadzanych przez promiennik podczerwieni i eliminacji tych zakłóceń na płytce sterownika. Opracowano efektywny algorytm przeliczający stosunki widm diod LED i promiennika podczerwieni w zależności od jasności danego trybu i zaimplementowano go 8-bitowego mikrokontrolera na którym przeprowadzono testy zakończone sukcesem. Bez tej wiedzy urządzenie na wczesnym etapie prototypowania nie działałoby poprawnie i niemożliwe byłoby wykorzystanie tego rozwiązania w kolejnych badaniach.

Poziom gotowości technologicznej na koniec zadania:

Poziom VI – Opracowano sterownik wykonujący dane(w zależności od trybu pracy) polecenie wysłane przez urządzenie mobilne z specjalnie napisanym do tego celu oprogramowaniem.

- 7. Zaprojektowanie i wykonanie odpowiedniej obudowy do urządzenia. Obudowa powinna być estetyczna, nowoczesna, relatywnie niedroga w produkcji, ale także skutecznie odprowadzająca ciepło z lamp. Istotnym aspektem jest także praktyczność instalacji oraz montażu w warunkach domowych jak i biurowych. Opracowanie odpowiedniego materiału przesłony diod lampy, który powinien rozpraszać światło, ale nie zaburzać żadnych z funkcji lampy.**

Wyzwanie technologiczne:

Połączenie estetyki i funkcjonalności obudowy pod kątem ekonomicznym i ergonomicznym. Wykonanie takiego urządzenia aby mogło pracować całą dobą przy pełnej mocy bez ryzyka przegrzania i znacznego podniesienia temperatury.

- Badania odprowadzania ciepła z diod LED (naturalna funkcja obudowy)
- Zabezpieczenie diod LED przed przegrzewaniem się od promiennika podczerwieni (maty grzewczej).
- Dowiedzenie, że promiennik podczerwieni nie przegrzewa diod.

Przesłona lamp ma za zadanie przepuszczać promieniowanie ultrafioletowe a zarazem posiadać odporność na efekt starzenia spowodowany tymże promieniowaniem.

Przesłona lamp powinna zapewnić właściwy rozsył i rozproszenie światła.

Cele badawcze:

Analiza najlepszych materiałów, opracowanie efektywnej technologii dla funkcjonalnej użyteczności systemu lamp pod kątem klientów indywidualnych, zastosowań domowych oraz medycznych. Zastosowanie zewnętrznego zasilacza stałonapięciowego o wysokiej sprawności przemiany energii.

Przykładowe materiały do sprawdzenia jako materiał przesłony LED: szczotkowane aluminium, akryl PMMA (tzw. Szkło akrylowe), Szkło opalizowane, ABS (kopolimer akrylonitrylo-butadieno-styrenowy).

Wybranie materiału obudowy, który zapewni odpowiednie rozproszenie światła przy zachowaniu efektywności świetlnej (przepuszczając ponad 90% wiązki światła).

Metodologia badań:

W prowadzonych pracach badawczych wykorzystane zostały elektroniczne urządzenia laboratoryjne tj. zasilacz laboratoryjny KORAD KD3005D, multimetr UT 61 C UNI-T. Wykonane zostało stanowisko do pomiarów elektrycznych. Do pomiarów fotometrycznych w odizolowanym od światła pomieszczeniu przygotowane zostało stanowisko do pomiarów fotometrycznych prototypów, które bazowało na odpowiednio zmodyfikowanej osi optycznej, mogącej utrzymać prototyp lampy LED, pomiary wykonywane były spektrofotometrem UPRTEK MK350N. Wykorzystano również kamerę termowizyjną FLIR ONE Android.

Opis badań i wyniki badań:

Dzięki wykorzystaniu wszystkich przeprowadzonych wcześniej prac badawczych wykonano kilka prototypów urządzeń bazujących na wewnętrznym aluminiowym szkielecie.

Prototypy powstały z różną stylistyką i kształtem. Z wielu wykonanych prototypów wybrany został ten o kształcie przypominającym płatek śniegu. Przystąpiono do zaprojektowania całej obudowy prototypu w programie CAD. Wykonano szereg wizualizacji projektu lampy samej jak i z

uchwytem ściennym/sufitowym oraz biurkowym. Następnie przystąpiono do wykonania korpusu obudowy w druku 3D z materiału ABS oraz PLA. Dyfuzor świetlny obudowy został wykonany z mlecznego poliwęglanu o transmisji 90%. Kształt dyfuzora w kształcie pojedynczego płatka śniegu został wycięty na precyzyjnej frezarce CNC. Przewody od spodniej strony wraz ze sterownikiem zostały ukryte spodnią częścią obudowy również wykonanej w druku 3D z materiału ABS oraz PLA. Prototypy uchwytów ściennych i biurkowych wykonane zostały z aluminium obrabianego na maszynach CNC, a następnie poddane anodowaniu i czernieniu.

Tak przygotowany prototyp został przebadany pod względem dyssypacji termicznej i możliwości oddawania ciepła z diod LED przez obudowę na zewnątrz. Wyniki potwierdziły wstępne obliczenia, że przy maksymalnym punkcie pracy lampy LED(56,5W) temperatura obudowy po 1h pracy osiąga temperaturę 21 stopni C powyżej temperatury otoczenia(temperatura otoczenia w chwili wykonywania pomiarów wynosiła 22 stopnie C i wilgotność powietrza wahała się między 55, a 70%). Jest to całkowicie akceptowalny i zadowalający wynik potwierdzający słuszność użytych materiałów jak i kształtu obudowy.

Następnym pomiarem był pomiar widma światła wszystkich trybów i ewentualne korekcje ustawień sterownika spowodowane rosnącą absorpcją światła przez dyfuzor poliwęglanowy dla fal krótszych promieniowania widzialnego i UV. Z pomiary wykazały, iż 2 mm dyfuzor wykonany z mlecznego poliwęglanu ma transmisję na poziomie 88% co jest zadowalającym wynikiem. W badaniach zauważono, że dyfuzor zmieniał temperaturę barwową dla trybów z barwą ciepłą(1800-3300K) o 100-200K w stronę barwy cieplej, zaś dla trybów powyżej 5000K było to już 400-550K. Wykonane zostały niezbędne korekcje w widmowe każdego z trybów, następnie wykonane zostały pomiary i po korekcjach zmiany w widmie różniły się od zakładanych o maksymalnie 50K co jest nie zauważalne dla ludzkiego oka i w pełni akceptowalne dla produktu końcowego.

Po przeprowadzonych badaniach obliczony został wstępny koszt wytworzenia obudowy dla 10000 szt. docelowego urządzenia i koszt obudowy wraz z kosztami form, obróbki CNC i materiałów nie przekroczy 110 zł netto.

Prace te zakończyły się osiągnięciem postawionego celu, a uzyskana wiedza zostanie wykorzystana do produkcji nowych urządzeń.

Kamienie milowe:

Kamieniami milowymi tego zadania były:

- Uzyskanie kosztu produkcji obudowy poniżej 120 zł netto przy zachowaniu estetycznego i nowoczesnego wyglądu. (Wygląd odpowiadający najnowszym trendom, ekonomiczna i ekologiczna obudowa w produkcji).
- Opracowanie wstępnego prototypu, sukcesywnie zainstalowanie go w obudowie.

Kamień milowy tego zadania zostały osiągnięte

Rezultaty badań:

W rezultacie przeprowadzonych prac badawczych opracowano design obudowy docelowego urządzenia oraz wstępny prototyp urządzenia.

Nowa wiedza jaka powstała w wyniku realizacji tego zadania:

W wyniku przeprowadzenia prac badawczych w tym zadaniu uzyskano wiedzę na temat parametrów termicznych obudowy i odprowadzania nadmiaru ciepła wytworzonego przez pracę diod LED oraz właściwości spektralne mlecznego poliwęglanu wpływającego na zmianę temperatury barwowej danego trybu i wprowadzenia niezbędnych poprawek w celu ich korekcji.

PERSONEL ZAANGAŻOWANY W BADANIA PRZEMYSŁOWE:

Personel badawczy spółki Greenie Polska realizujący prace badawcze w okresie od 01.02.2019 do 31.01.2021 w składzie:

Badacz wiodący – specjalista ds. techniki świetlnej – Kamil Cechosz (do 09.2019),

Badacz wiodący – specjalista ds. techniki świetlnej - Maria Lik (od 11.2019),
Badacz – specjalista ds. techniki świetlnej – Małgorzata Radomska,
Badacz – specjalista ds. techniki świetlnej – Marcin Żero.
Badacz – specjalista ds. elektroniki – Tomasz Kacprowski.
Badacz – specjalista ds. techniki radiowej – Marcin Ostrowski.
Badacz – specjalista ds. fotometrii – Michał Paszkowiak.
Badacz – specjalista ds. ogrzewania podczerwienią – M. Bilnicki (do 10.2019).
Badacz – specjalista ds. ogrzewania podczerwienią – Aleksandra Sadowska (od 07.2020).
Badacz – specjalista ds. fal elektromagnetycznych – Anna Skóra (do 3.2019),
Badacz – specjalista ds. fal elektromagnetycznych – Jan Majchrzak (od 10.2019),
Badacz – specjalista ds. fal elektromagnetycznych – Ł.Rejniewicz (do 4.2020).
Badacz – specjalista ds. projektowania układów elektronicznych – M.Kalińska (do 08.2019).
Badacz – specjalista ds. projektowania układów elektronicznych – Rafał Cabaj (od 01.2020).
Badacz – specjalista fizyk-optoelektronik – K. Ciszak (do 01.2020)
Prace badawcze prowadzone były w siedzibie firmy Greenie Polska Sp z o.o. Sp.k..

Poziom gotowości technologicznej na koniec zadania :

Poziom VIII - Wykonany został prototyp testowy wraz z designem docelowej obudowy finalnego produktu. Prototypowa obudowa została przetestowana w warunkach laboratoryjnych.

PODSUMOWANIE:

- ✓ Zaplanowane prace badawcze w ramach prowadzonych badań przemysłowych zostały w pełni zrealizowane w zaplanowanym terminie, a **cel badań przemysłowych został osiągnięty.**
- ✓ Osiągnięty został TRL VIII.

Realizacja prac rozwojowych:

Prace rozwojowe w projekcie składały się z jednego etapu, których celem było:

- 1) Wykonanie prototypu finalnego produktu – wielofunkcyjnego systemu oświetleniowego „LED Greenie Senses”.
- 2) Przeprowadzenie testów sprawdzających i potwierdzających skuteczność wszystkich funkcji systemu oświetleniowego.
- 3) Ostateczne dopracowanie produktu.
- 4) Testy produktu końcowego jeszcze przed wprowadzeniem na rynek tj.: m.in.: finalne badanie kompatybilności, testowanie odporności mechanicznej urządzenia, wykluczenie wszystkich potencjalnych błędów konstrukcyjnych, sprawdzenie płynności obsługi zdalnej aplikacji, zebranie i analiza opinii osób testujących urządzenie.

Wyzwanie technologiczne:

- Integracja wszystkich elementów oraz podzespołów, aby finalnie uzyskać produkt gotowy do użycia, czyli wielofunkcyjny system oświetleniowy „LED Greenie Senses”.
- Przygotowanie urządzenia pod weryfikację kompatybilności elektromagnetycznej.
- Dostosowanie produktu finalnego pod badania niskonapięciowe.
- Dobór mocy pod względem funkcjonalności danych programów i funkcji lamp. Funkcje danego programu będą zapewniać daną intensywność światła oraz odpowiedni stosunek widm diod LED. Np. tryb zachodu słońca będzie generował niepełną moc lampy zaś tryb antydepresyjny oddawać będzie pełną moc lamp i diod zainstalowanych w lampie.
- Dopracowanie produktu pod względem wizualnym i technicznym.
- Dopracowanie systemu sterowania i zdalnej aplikacji.

Cele badawcze:

Celem badań było:

- Opracowanie prototypu produktu, czyli innowacyjnego wielofunkcyjnego systemu oświetleniowego pozbawionego wad, czyli połączenie wszystkich elementów elektrycznych, łącznie z obudową tak, aby działały bez zakłóceń.
- Uzyskanie produktu zgodnego z normami EMC i LVD. Dyrektywa 2006/95/WE Sprzęt elektryczny przewidziany do stosowania w niektórych granicach napięcia (LVD) oraz Dyrektywa 2004/108/WE Kompatybilność elektromagnetyczna (EMC).
- Dobranie najlepiej współpracujących ze sobą elementów poprzez wybranie różnych zestawów zasilaczy, sterowników i zestawów diod.
- Sprawdzenie czy prototyp odniesie w warunkach rzeczywistych zamierzoną efektywność wszystkich trybów oświetleniowych oraz wykazanie, że system oświetleniowy jest już w ostatecznej formie i może zostać wprowadzony na rynek.
- Wykonanie wstępnych testów wewnątrz firmowych wraz z ankietami badawczymi.
- Oddanie do testowego używania prototypu wraz z przekazaniem testerom specjalnie przygotowanych ankiet badawczych dzięki którym wykluczemy ewentualne błędy konstrukcyjne.
- Zauważenie wśród użytkowników korelacji naświetlania wraz z polepszeniem się nastroju i samopoczucia.
- Sprawdzenie różnych programów świetlnych, trybów pracy, sterowania zdalnego.

Opracowane w wyniku przeprowadzonych prac badawczych rozwiązania technologiczne umożliwią wysoką sprawność wielofunkcyjnego systemu oświetleniowego, który można zastosować w praktyce – w postaci uruchomienia rynkowej produkcji. Dopracowana technologia będzie mogła zostać zastosowana w warunkach rzeczywistych.

Metodologia badań:

W badaniach wykorzystane zostały elektroniczne urządzenia laboratoryjne tj. miernik podstawowych parametrów elektrycznych: napięcie wejściowe, pobór prądu oraz współczynnik mocy; multimetr UT 61 C UNI-T, GLC9000 tester prądu upływu (tester normy EN 60598-1:2015/AC:2016 - oprawy oświetleniowe) oraz oscyloskop RIGOL DS1052E z sondami pomiarowymi. Badanie było przeprowadzone przez badaczy posiadających doświadczenie w obsłudze tych urządzeń oraz wiedzy w analizie pomiarów spektroskopowych na specjalnie przygotowanym i wykalibrowanej (za pomocą źródeł wzorcowych) osi optycznej, posiadanej przez firmę Greenie Polska Sp. z o.o. Sp. k..

Opis badań i wyniki badań:

W tym działaniu opracowany został w pełni działający prototyp urządzenia docelowego, który posłuży do opracowania urządzenia i linii produkcyjnej wielofunkcyjnego systemu oświetleniowego „LED Greenie Senses”.

Prace skupiły się na opracowaniu budowy podzespołów i sposobu ich składania oraz podłączenia by koszty poszczególnych elementów urządzenia miały jak najmniejszy koszt produkcji przy zachowaniu najwyższych parametrów oświetleniowych. Dodatkowo przeprowadzone zostały symulacje składania poszczególnych podzespołów i kolejno obliczane były sekwencje złożenia elementów i sposobu składania. Celem tego zabiegu było ograniczenie liczby połączeń mechanicznych i elektrycznych minimalizując czas pracy pracownika do złożenia gotowego urządzenia. W czasie prac tego etapu wyeliminowane zostało wiele połączeń lutowanych przewodów zastępując je mechanicznymi stykami przewodów i taśm wtykowych. Dodatkowo zmieniony został sposób obróbki aluminiowego szkieletu oprawy LED Greenie Senses rezygnując z siedmioelementowego szkieletu kosztem wycięcia całości w jednym arkuszu blachy aluminiowej za pomocą cięcia laserowego, a następnie mechanicznej obróbce krawędzi na

frezarce CNC. Dodatkowo by zminimalizować koszt obudowy, zaprojektowana została obudowa wraz ze wszystkimi etapami produkcji metodą termoformowania próżniowego płyt ABS z obróbką CNC. Dzięki temu tak wykonana obudowa uzyskała szczelność klasy IP 54.

W prototypie wykorzystany został specjalnie wyspecyfikowany zasilacz przez firmę YINGJIAO ELECTRICAL CO.,LTD. na zlecenie firmy Greenie Polska. Dzięki czemu uzyskano wysoki współczynnik mocy powyżej 0,9 w każdym trybie pracy przy poborze od 15W do 56W.

Przy współpracy z firmą MST Sp. z o.o. Wykonane zostały testy kompatybilności elektromagnetycznej i niskonapięciowej finalnego prototypu. Prototyp również przeszedł pomyślnie testy upływu prądu z normą EN 60598-1:2015/AC:2016.

Po wykonaniu pierwszego finalnego w pełni działającego prototypu i pozytywnym przejściu wszystkich norm bezpieczeństwa, wykonano na jego podstawie 5 kolejnych prototypów w celu przetestowaniu ich na grupie 10 osób (pracownikach firmy Greenie Polska). Każda osoba dostała prototyp na 5 dniowy test, w czasie którego testowane były różne tryby lampy i notowane odczucia oraz ewentualne uwagi co do konstrukcji, ergonomii oraz błędów komunikacyjnych między prototypem a urządzeniem mobilnym. W wyniku tego badania wychwycono pewne błędy konstrukcyjne, które na etapie produkcji zostaną wyeliminowane. Nie odnotowano rażących problemów z komunikacją, jedynie czasem aplikacja napotykała błędy i wyłączała się, ale po ponownym uruchomieniu od razu działała, te błędy zostały odnotowane i będą poprawione w aplikacji końcowej. W przypadku analizy sensorycznej, odnotowano w 7 na 10 przypadków pozytywny wpływ na samopoczucie programów antydepresyjnych i relaksacyjnych. W przypadku motywacyjnego trybu 5 osób odczuło efekt, w przypadku funkcji sen 8 osób pozytywnie odczuło efekt tego trybu na jakość i szybkość zaśnięcia. Tryb budzika świetlnego zadziałał na 3 osoby (7 osób nie odczuły żadnej różnicy) i prawdopodobnie ten tryb będzie musiał zostać lepiej dopracowany. W przypadku funkcji leczniczej (zwiększonej produkcji kolagenu) nie odnotowaliśmy efektów z powodu zbyt krótkiego testu i braku zaplecza w postaci laboratorium dermatologicznego. W przypadku produktu produkcyjnego takie badania zostaną wykonane by potwierdzić efekt działania światła czerwonego i podczerwonego na zwiększoną produkcję kolagenu zgodnymi z danymi literaturowymi.

Prace te zakończyły się osiągnięciem postawionego celu, a uzyskana wiedza zostanie wykorzystana przy rozpoczęciu produkcji lamp **LED Greenie Senses**.

Kamienie milowe:

Opracowany sprawnie działający innowacyjny prototyp produktu pozbawiony wad.

- Pozytywna weryfikacja kompatybilności elektromagnetycznej.
- Produkt finalny dostosowany pod badania niskonapięciowe.
- Uzyskanie klasy szczelności lampy IP44 (zabezpieczenie przez wnikaniem wilgoci).
- Opracowany prototyp systemu współpracujący z pilotem i zdalną aplikacją.
- Pozytywne opinie osób testujących przed wprowadzeniem na rynek produktu końcowego.
- Pozytywne przejście ww. testów .
- Polepszenie samopoczucia osób badanych / testujących / chorych.

Rezultaty badań:

W wyniku przeprowadzenia prac rozwojowych w tym zadaniu opracowano finalny prototyp urządzenia, który posłuży do opracowania urządzenia produkcyjnego.

Personel zaangażowany w prace rozwojowe:

Personel badawczy spółki Greenie Polska realizujący prace badawcze w okresie od 01.02.2021 do 30.06.2021 w składzie:

Badacz wiodący – specjalista ds. techniki świetlnej – Maria Lik

Badacz – specjalista ds. techniki świetlnej – M. Żero, M. Radomska,

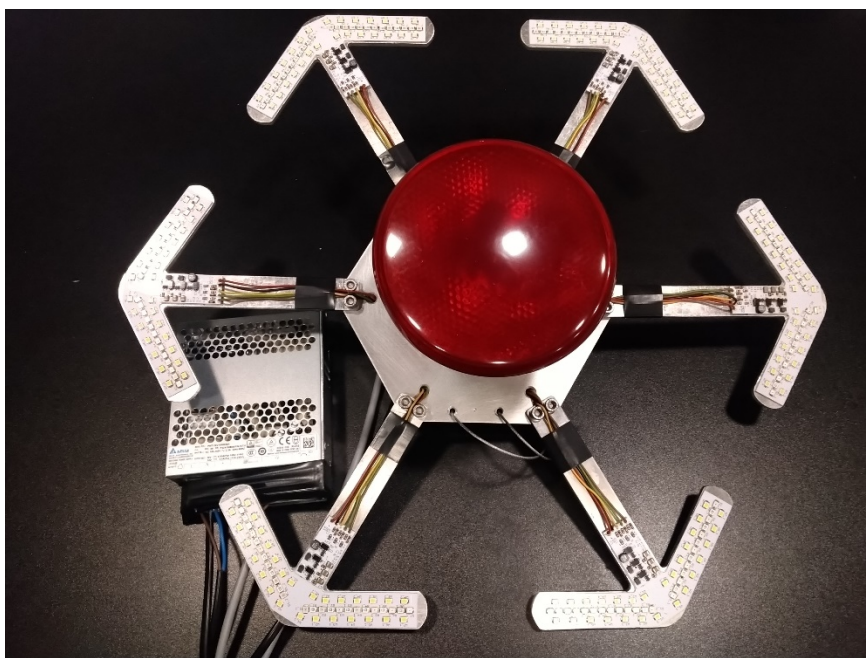
Badacz – specjalista ds. elektroniki – T. Kacprowski

Badacz – specjalista ds. techniki radiowej – M. Ostrowski
Badacz – specjalista ds. fotometrii – M. Paszkowiak
Badacz – specjalista ds. ogrzewania podczerwienią – A. Sadowska
Badacz – specjalista ds. fal elektromagnetycznych – J. Majchrzak
Badacz – specjalista ds. projektowania układów elektronicznych – R. Cabaj

Prace rozwojowe prowadzone były w siedzibie firmy Greenie Polska Sp. z o.o. Sp.k.

Poziom gotowości technologicznej na koniec zadania:

Poziom IX – w wyniku przeprowadzonych prac badawczych wykonano finalny prototyp przetestowany w warunkach rzeczywistych, który można zastosować w praktyce – w postaci uruchomienia rynkowej produkcji.



Zdjęcie pierwszego prototypu lampy „LED Greenie Senses”.

Część II: Rezultat przeprowadzonych prac badawczych

W wyniku przeprowadzonych prac badawczych, na podstawie pozyskanej wiedzy, firma Greenie Polska opracowała finalny prototyp lampy **LED Greenie Senses**. Lampa „LED Greenie Senses” łącząca w sobie wiele różno-zadaniowych diod LED i promiennik podczerwieni. Całość będzie sterowana za pomocą aplikacji zainstalowanej na urządzeniu multimedialnym (tj. smartphone, komputer). Lampa będzie miała nowoczesny kształt oraz estetyczną, prostą w formie elegancką obudowę. Światło będzie rozproszone, emitowane z jednej całej powierzchni lampy. Odnośnie montażu – lampa będzie wolnostojąca (na biurku, szafce nocnej, na podłodze) ale także z uchwytyami umożliwiającymi jej montaż na ścianie lub suficie. Lampa będzie wielozadaniowa wiążąc w sobie wszystkie tryby: wschód słońca, zachód słońca, wieczorny, praca, nastrój, antydepresyjny, regeneracyjny, leczniczy, budzika świetlnego, wspomaganie przy zasypianiu/usypianiu. Dodatkowo w ramach prac powstał tryb *follow the day*, który imituje zmianę naturalnej temperatury barwowej światła słonecznego w ciągu dnia. Kilka lamp „LED Greenie Senses” w jednym pomieszczeniu będzie mogło tworzyć system oświetleniowy sterowany z jednej aplikacji, tworząc zintegrowany system np. w biurze, salonie SPA czy sanatorium.

Projekty wykonawcze, schematy oraz wizualizacje opracowanej lampy są załącznikiem do niniejszego raportu.

Część III: Cechy i funkcjonalności:

- uniwersalność - możliwość zastosowania systemu oświetleniowego w zależności od preferencji, samopoczucia i indywidualnej potrzeby;
- unikalne rozwiązania - opracowany w ramach niniejszego projektu system oświetlenia będzie unikatowy i nowatorski, i będzie jedynym tego typu rozwiązaniem dostępnym na rynku poprzez zastosowanie w nim możliwości uruchamiania różnych funkcji oświetleniowych;
- zastosowane rozwiązania technologiczne pozwolą na utworzenie innowacyjnych funkcji oświetleniowych LED odzwierciedlających potrzeby psychiczne i emocjonalne użytkowników lampy;
- przydatność użytkowa zastosowania systemu – w przypadku oświetlania siebie światłem, dzięki którym podczas korzystania poprawia się samopoczucie przez co lepiej się czuje. Podczas ustawienia konkretnego trybu oświetleniowego dla określonej potrzeby lub pory dnia istnieje możliwość znacznego wpływu na stan psychiczny danej osoby i jej samopoczucia przez resztę dnia;
- możliwość ustawienia trybu praca – pobudzenie, motywacja, przerwa na kawę - efektywnie wyliczająca czas pracy i przerw; co przekładać się będzie na wyższą produktywność;
- zaspokajanie potrzeb - dla osób słabo zmotywowanych i znudzonych oznaczać będzie zwiększoną motywację (tryb praca - pobudzający), dla osób zmęczonych oznaczać będzie możliwość relaksacji i regeneracji (tryb wieczorny: uspokajający i wyciszający do snu.).

Część IV: Innowacyjność osiągniętych rezultatów

Opisane cechy i funkcjonalności planowanego do wdrożenia systemu oświetlenia wykazują wysoką innowacyjność uzyskanych rezultatów, która jest na tyle duża, że wprowadzenie alternatywnych, podobnych wielozadaniowych rozwiązań na rynek przez konkurencję nie będzie łatwe.

Produkt, oparty o innowacyjny system oświetlenia pozwoli na wpływanie na nastrój użytkownika, a jednocześnie będzie pełnił funkcje lecznicze oraz antydepresyjne. Przełoży się to na innowacyjność i różnorodność oferty oraz postrzeganie spółki Greenie Polska jako tej, która inwestuje w rozwiązania innowacyjne wykorzystując jednocześnie zaplecze badawczo-rozwojowe. Przeprowadzenie zaplanowanych prac badawczo-rozwojowych zakończyły się sukcesem i zrewolucjonizowały działalność spółki Greenie Polska. Firma będzie się starać by system nowoczesnego oświetlenia stał się powszechnym i łatwym w użyciu narzędziem umożliwiającym wykorzystanie go w różnych branżach.

Najważniejsze korzyści wielofunkcyjnego systemu oświetlenia odróżniające go od innych rozwiązań na rynku wpłyną na:

- Potencjalnych odbiorców, którzy będą mieli możliwość leczenia się w domu, bez konieczności wychodzenia do specjalnych gabinetów z lampami leczniczymi.
- Potencjalnych użytkowników indywidualnych, którzy otrzymają bogaty wielofunkcyjny produkt, posiadający łatwość prostej i szybkiej zmiany danej funkcji programu lampy w zależności od ich indywidualnej potrzeby i samopoczucia.
- Praktyczność w zastosowaniu w warunkach domowych (pod kątem np. prostoty obsługi i możliwości wyboru pożądanego trybu) umożliwi odbiorcom swobodny wybór wszystkich funkcji urządzenia: regeneracyjnej, leczniczej, pobudzającej, antydepresyjnej, wyciszającej do snu, uspokajającej, relaksacyjnej, przyspieszającej gojenie poparzeń, ran, znamion, gojenie przebarwień, budzika świetlnego oraz symulacji wschodu i zachodu słońca.

Dzięki zrealizowaniu badań i opracowaniu finalnego prototypu firma uzyskała możliwość w uchwycenia szansy na niszy rynkowej, która umożliwi uzyskanie silnej pozycji konkurencyjnej na rynku oświetlenia.

Koncentrując się na specjalizacji i wchodzeniu w niszę rynkowa Greenie:

- będzie mogła uniknąć bezpośredniej konfrontacji z konkurencją,
- będzie miała możliwość skoncentrowania wysiłków i zasobów badawczych na ściśle zdefiniowane obszary prac badawczych,
- uzyska przewagę konkurencyjną przy wykorzystaniu ograniczonych środków finansowych,
- będzie miała możliwość konkurowania, wykorzystywania i rozwijania umiejętności pracowników badawczych.

Dzięki realizacji projektu Firma się rozwinie i zwiększy swoją konkurencyjność na rynku europejskim, co wpłynie na rozwój gospodarczy i innowacyjny Mazowsza.

Tym samym planowany do zaprojektowania nowy produkt, czyli system oświetlenia LED pozwala na tworzenie bardzo różnorodnych scen i będzie odzwierciedlał warunki oświetlenia z różnych lokalizacji, a także pozwoli pobudzać lub relaksować odbiorcę dzięki odpowiedniemu dopasowaniu barwy światła. **Jest to innowacyjna cecha produktu wyróżniająca go ponad inne rozwiązania oświetleniowe dostępne na rynku.** Firma Greenie jest także pierwszym przedsiębiorstwem, które przyczynia się do powstania **niszy rynkowej** o tego typu konfigurowalny produkt.

Część V: Poziom gotowości technologicznej

Opracowane w projekcie w wyniku przeprowadzonych prac badawczych rozwiązania technologiczne umożliwiają osiągnięcie **IX poziomu gotowości technologicznej**, który Firma zastosowała w praktyce – w postaci uruchomienia rynkowej produkcji. Dopracowana technologia będzie mogła zostać zastosowana w warunkach rzeczywistych. Greenie Polska wdraża wyniki badań przeprowadzonych w ramach projektu do własnej działalności przedsiębiorstwa, czyli rozpoczyna produkcję na bazie uzyskanych rezultatów projektu.

Część VI: Ścieżka wdrożenia rezultatów/efektów przeprowadzonych prac B+R

Wszystkie rezultaty badań z przeprowadzonych prac B+R, zostały wykorzystane do stworzenia w pełni działających prototypów, a osiągnięty IX poziom gotowości technologicznej pozwala na komercjalizację prac B+R. Firma Greenie wdrożenie przeprowadzonych prac B+R wprowadzi do własnej działalności przez rozpoczęcie produkcji lampy LED Greenie Senses dla użytkowników domowy, biur, salonów spa czy sanatoriów

Opracowany produkt zostanie zaoferowany na rynek jako gotowa do instalacji lampa naścienna/sufitowa czy jako lampa burkowa tudzież lampa stojąca. Firma zaproponuje produkt atrakcyjne zarówno pod względem funkcjonalności, ekologii, estetyki wykonania, jak i ceny. Odnosząc się do sytuacji rynkowej i konkurencji Greenie stwierdza, że ceny produktów będą jednymi z najniższych na rynku przy zachowaniu wysokiej jakości i innowacyjności. Dodatkowym atutem Firmy jest elastyczna praca działu logistyki. Dzięki temu większość zamówień udaje się zrealizować w bardzo krótkim czasie. Dobre imię Firma zawdzięcza również profesjonalnym doradcom klienta, a także ekipom montażowym. Dzięki nim odbiorca uzyskuje wszelkie informacje na temat możliwości zastosowania systemu oświetlenia w konkretnym pomieszczeniu wewnątrz lub w scenerii czy otoczeniu zewnętrznym.

Sprzedaż produktu – lampy LED Greenie Senses, który powstał w wyniku realizacji projektu będzie prowadzona tymi samymi kanałami dystrybucji co produktów dotychczas oferowanych przez Greenie. Zaś sposób prowadzenia sprzedaży i promocji Greenie dostosowany będzie do konkretnych kanałów dystrybucji.

Sprzedaż produktów oświetleniowych odbywać się będzie kilkoma kanałami:

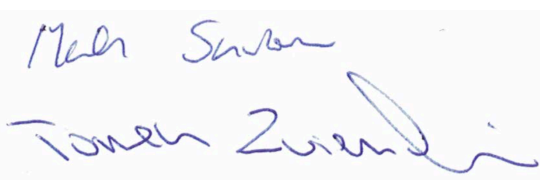
- na serwisie internetowym poprzez strony internetowych sklepów www.ekotaniej.pl i www.leduj.pl należących do Greenie. Dzięki takiemu rozwiązaniu klienci z kraju i ze świata mogą zamawiać produkty bezpośrednio z Firmy.
- bezpośrednio w salonie ekspozycyjnym w Warszawie, przy ulicy Wołoskiej
- poprzez dystrybutorów w ramach sprzedaży zagranicznych,
- poprzez obecnie funkcjonującą sieć sprzedaży, tj. hurtownie oświetleniowe oraz firmy instalatorskie,
- poprzez architektów w wyniku zastosowania produktów Greenie w projektach nowych inwestycji.

Greenie stawia przede wszystkim na nowoczesne formy sprzedaży, m.in. Internet, który jest relatywnie tani i dociera do szerokiego grona potencjalnych odbiorców.

Część VII: Prawa własności intelektualnej osiągniętych rezultatów

Prawa do własności intelektualnej opracowane w wyniku przeprowadzonych prac badawczych należą do Greenie Polska Sp. z o.o. Sp.k.

Firma dysponuje wszystkimi prawami własności intelektualnej dotyczącymi opracowania systemu oświetleniowego pozwalającego na tworzenie różnych scen oświetleniowych, który był niezbędny do prowadzenia prac B+R zaplanowanych w projekcie. Pozostałe inne prawa własności intelektualnej, niezbędne dla realizacji projektu i wdrożenia jego rezultatu nie występowały. Firma deklaruje, iż wdrożenie rezultatów projektu nie narusza praw własności intelektualnej innego podmiotu. Zaplanowane wdrożenie rezultatów projektu nie narusza praw własności intelektualnej. Greenie Polska Sp. z o.o. Sp.k. gwarantuje, że kwestie prawne są uregulowane.



Greenie Polska Sp. z o.o. Sp. k.
ul. Wołoska 16, 02-675 Warszawa
NIP: 521-36-46-533, REGON: 146615441
tel. 22-842-22-32, mail: biuro@greenie.pl

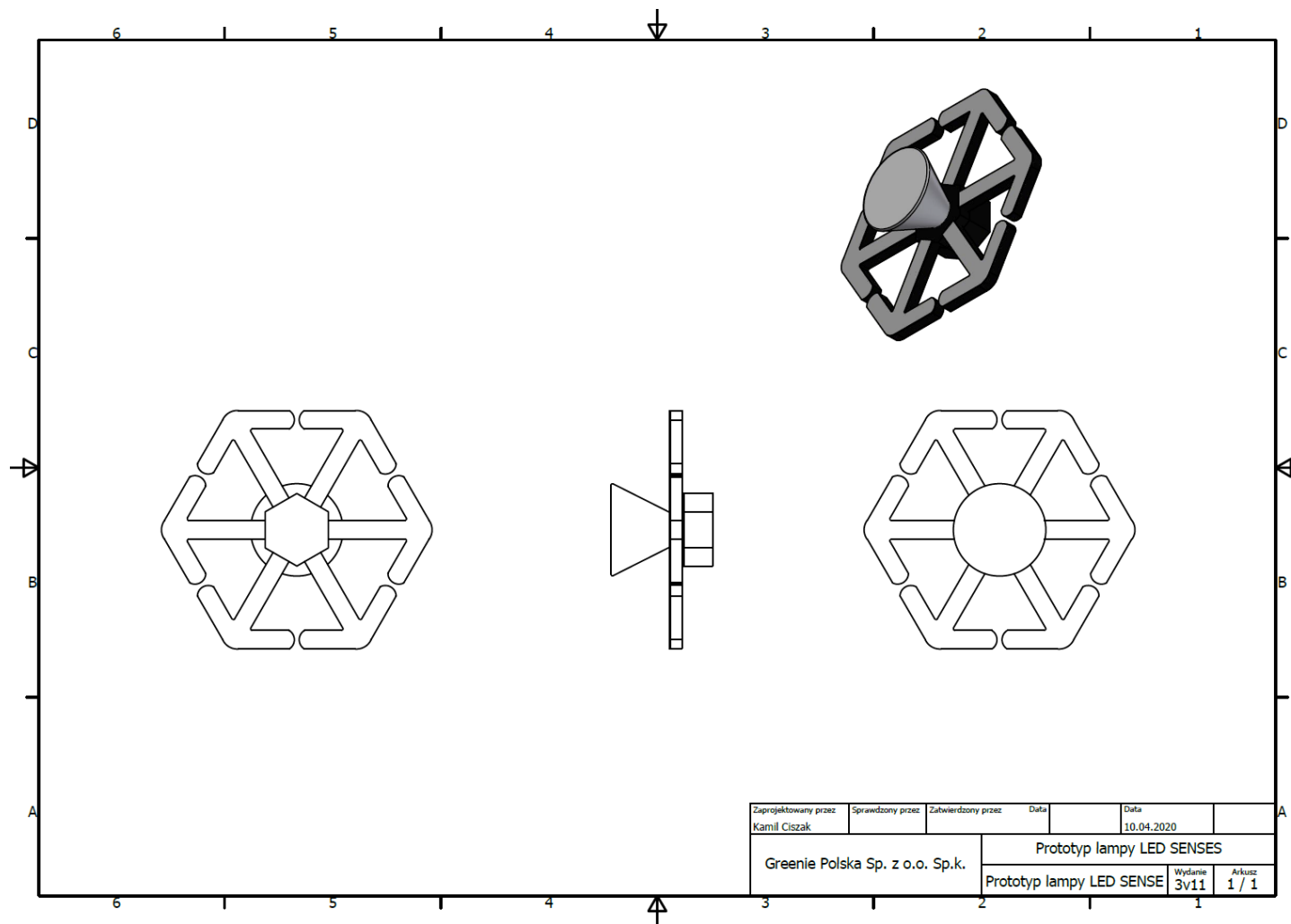
Warszawa, 30.06.2021

podpis, pieczęć

Schematy prototypów lampy LED SENSES powstałych w wyniku prac badawczych



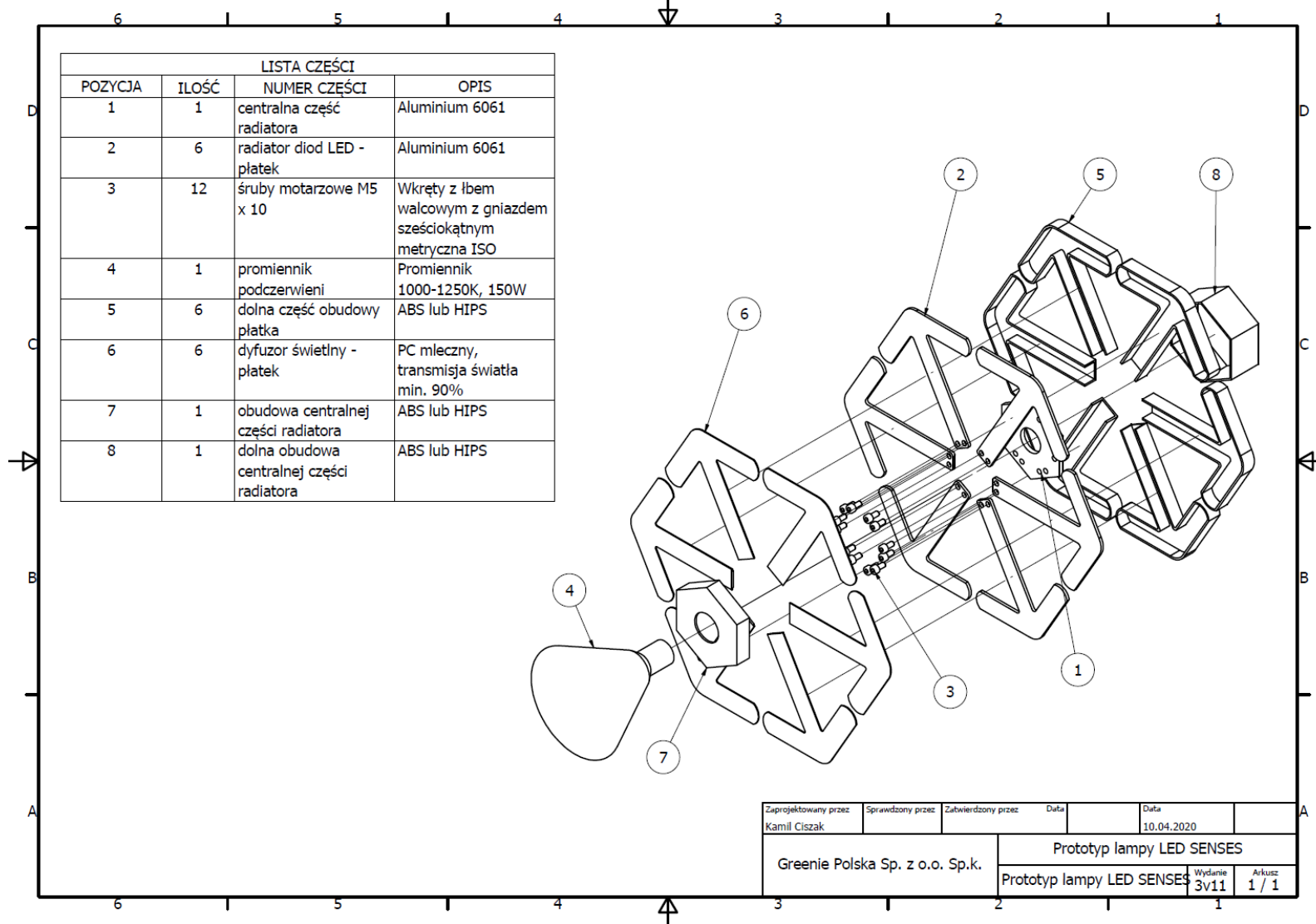
Prototyp obudowy lampy LED SENSES



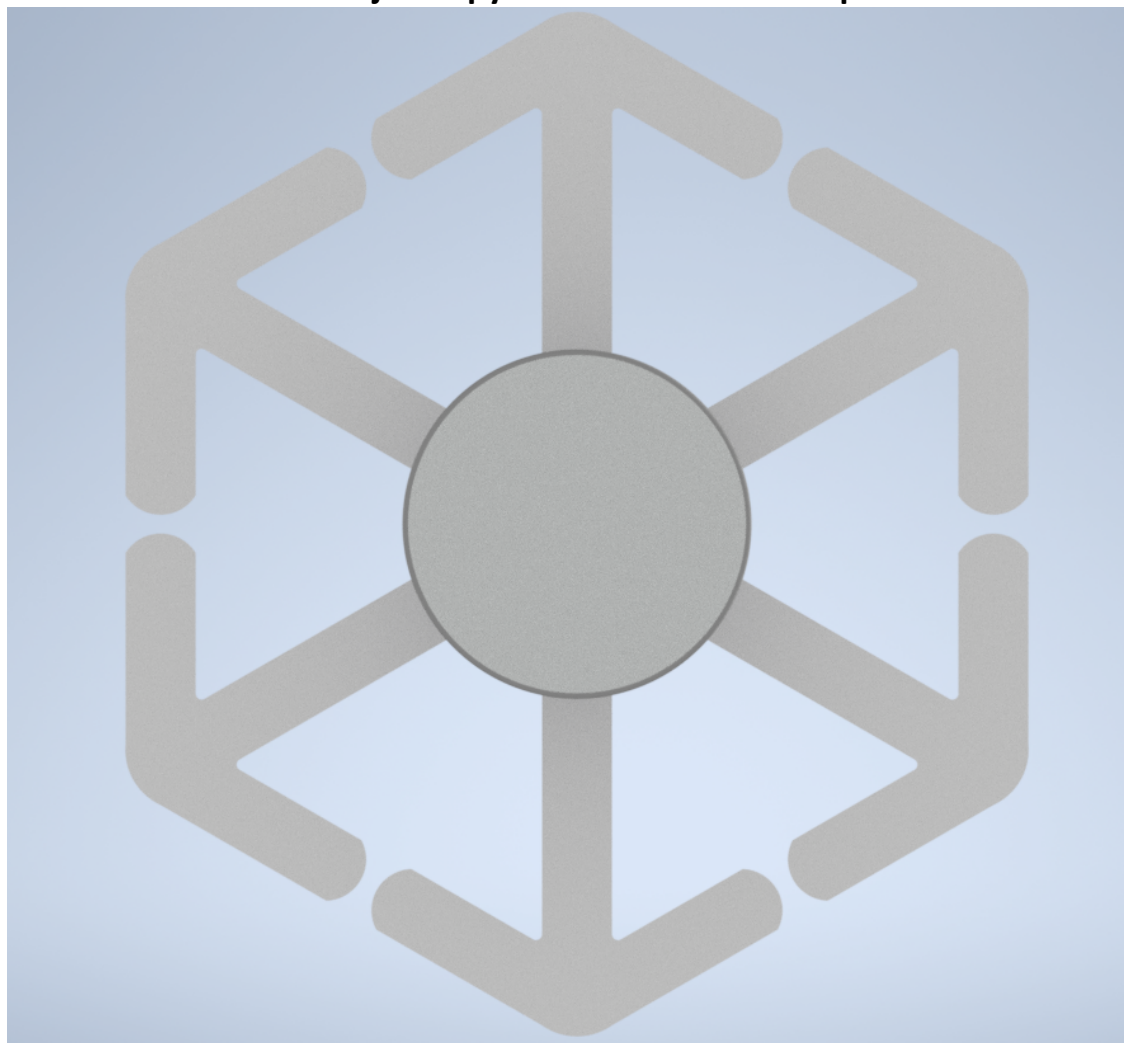
Zaprojektowany przez Kamil Ciszak	Sprawdzony przez	Zatwierdzony przez	Data	Data 10.04.2020
Greenie Polska Sp. z o.o. Sp.k.				
Prototyp lampy LED SENSES			Wydanie 3v11	Arkusz 1 / 1

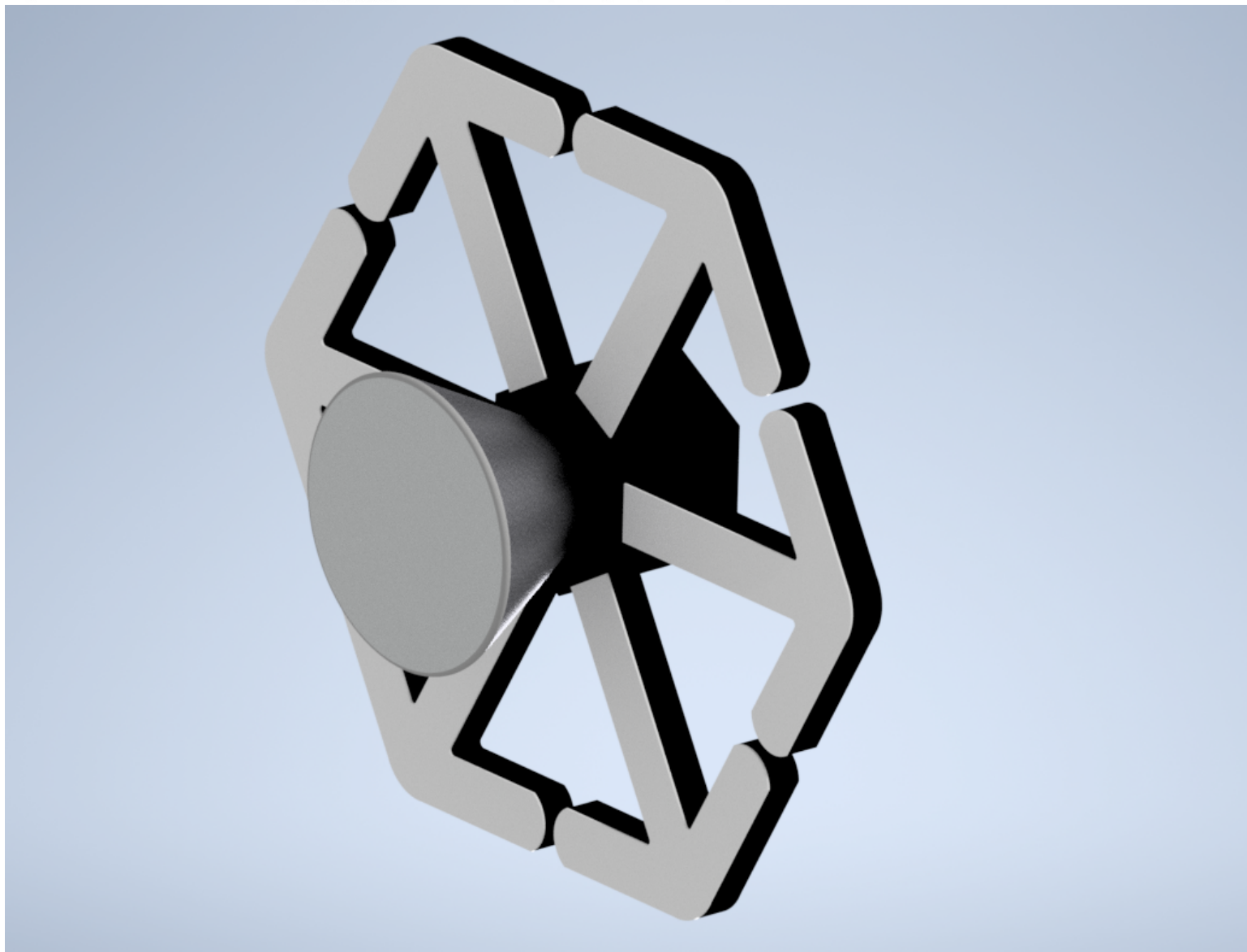


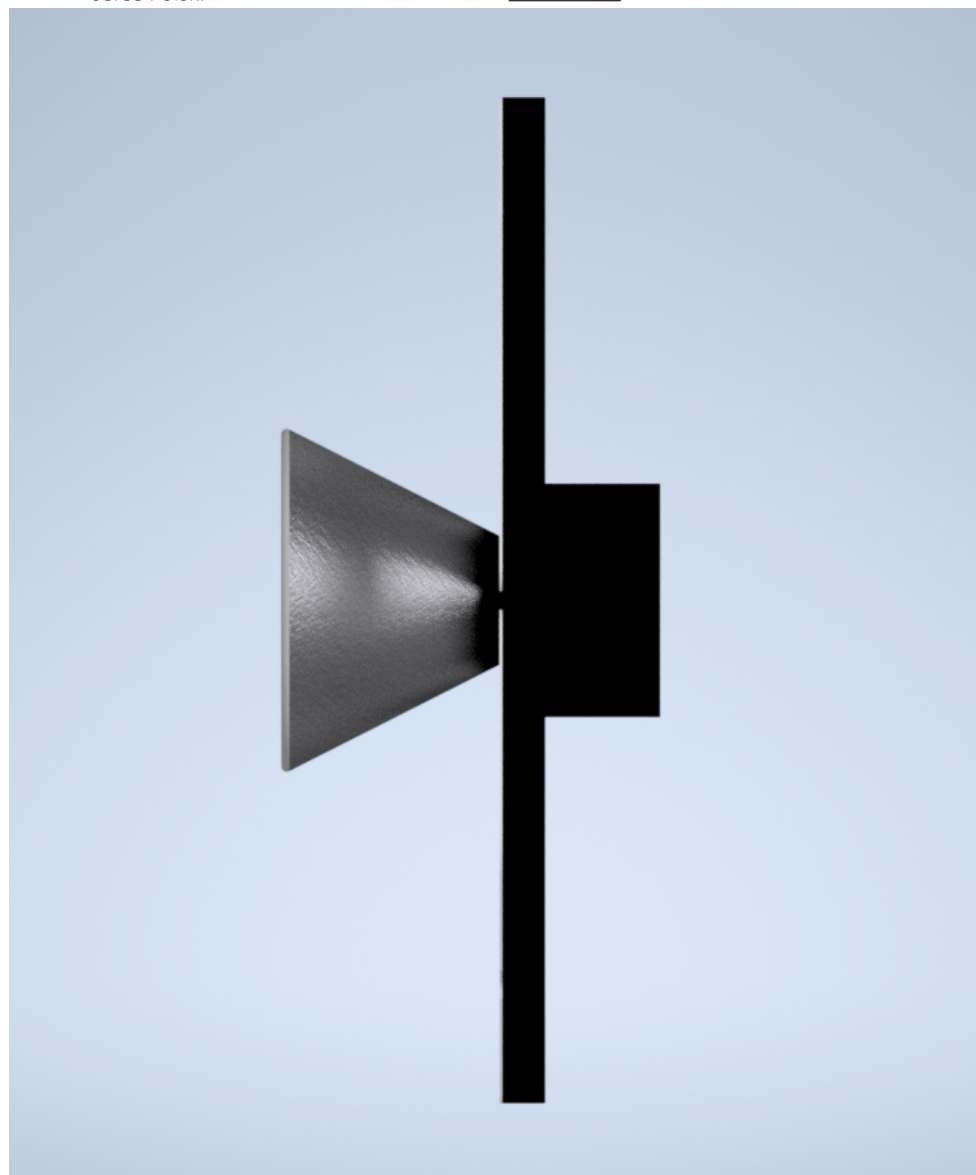
Prototyp obudowy lampy LED SENSES – schemat (bez elektroniki)

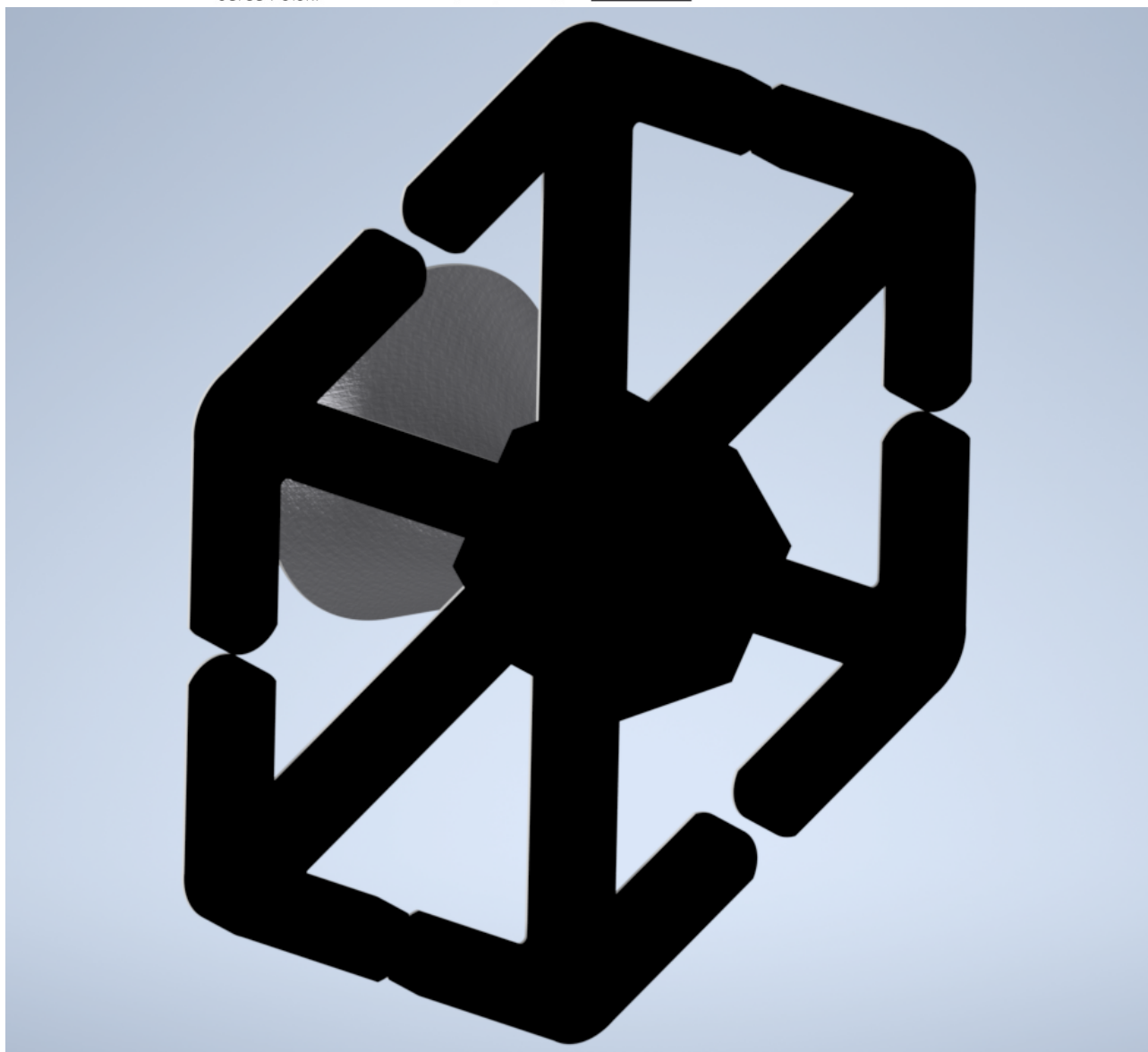


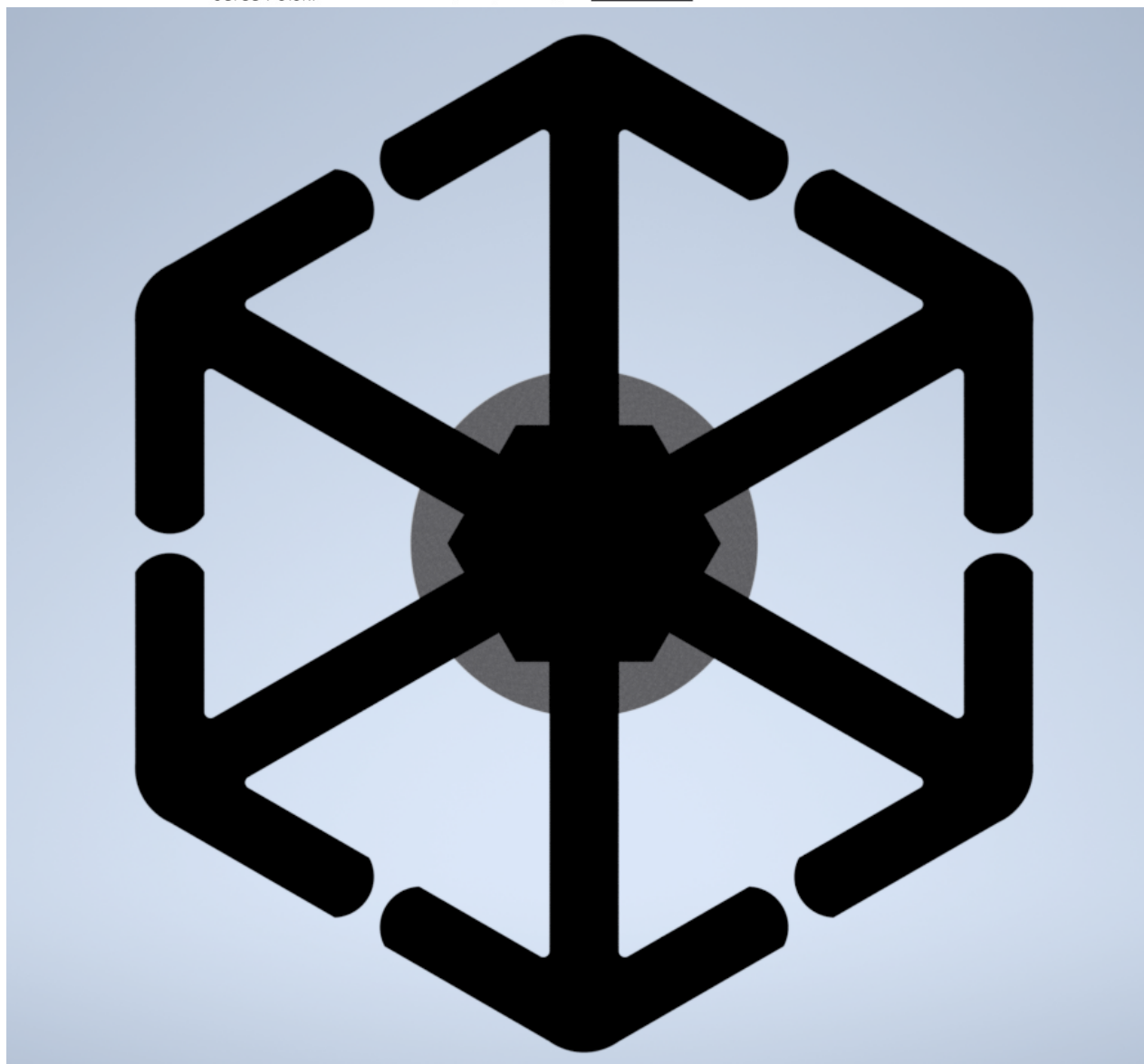
Wizualizacje lampy LED SENSES – sama oprawa



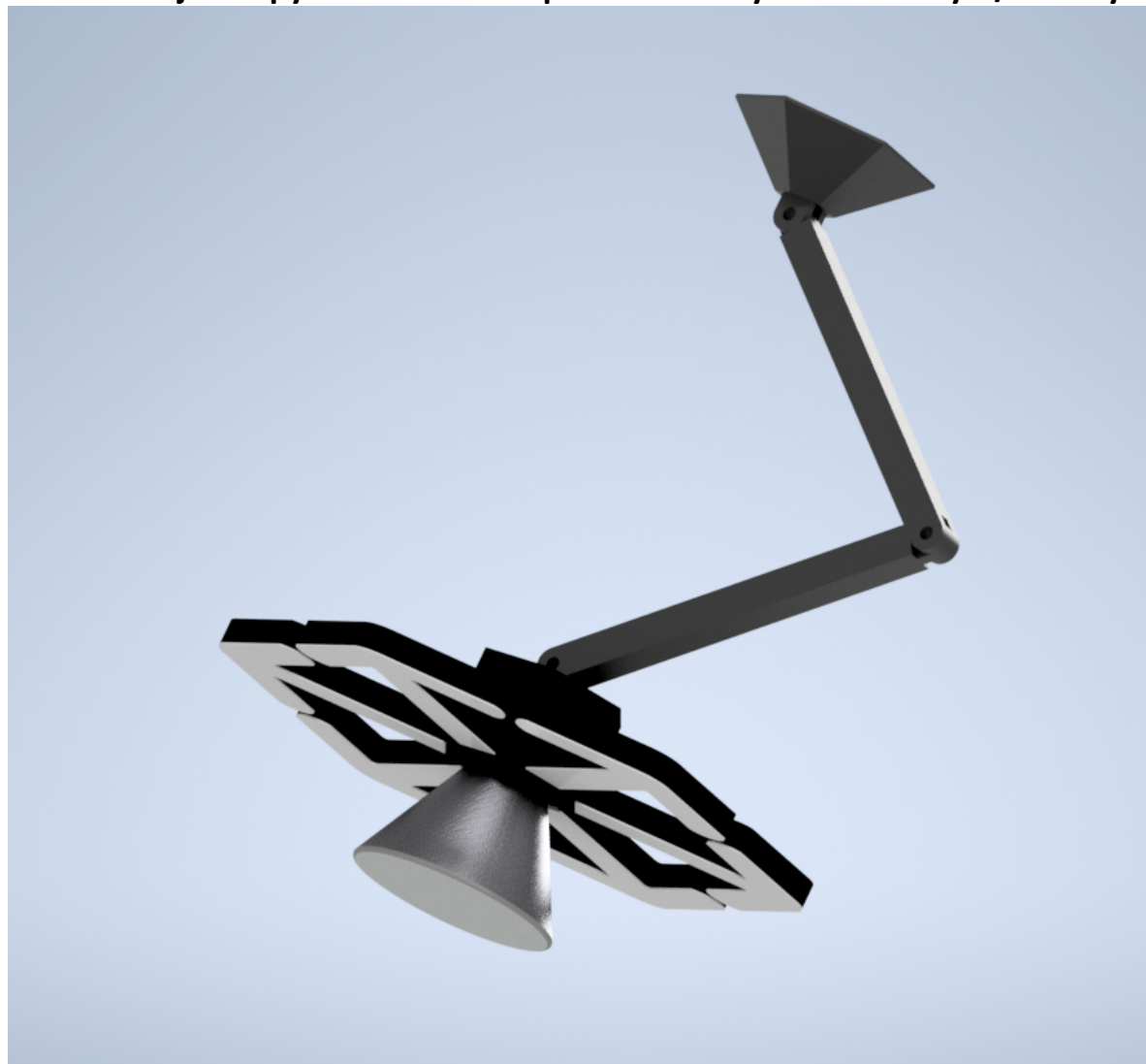


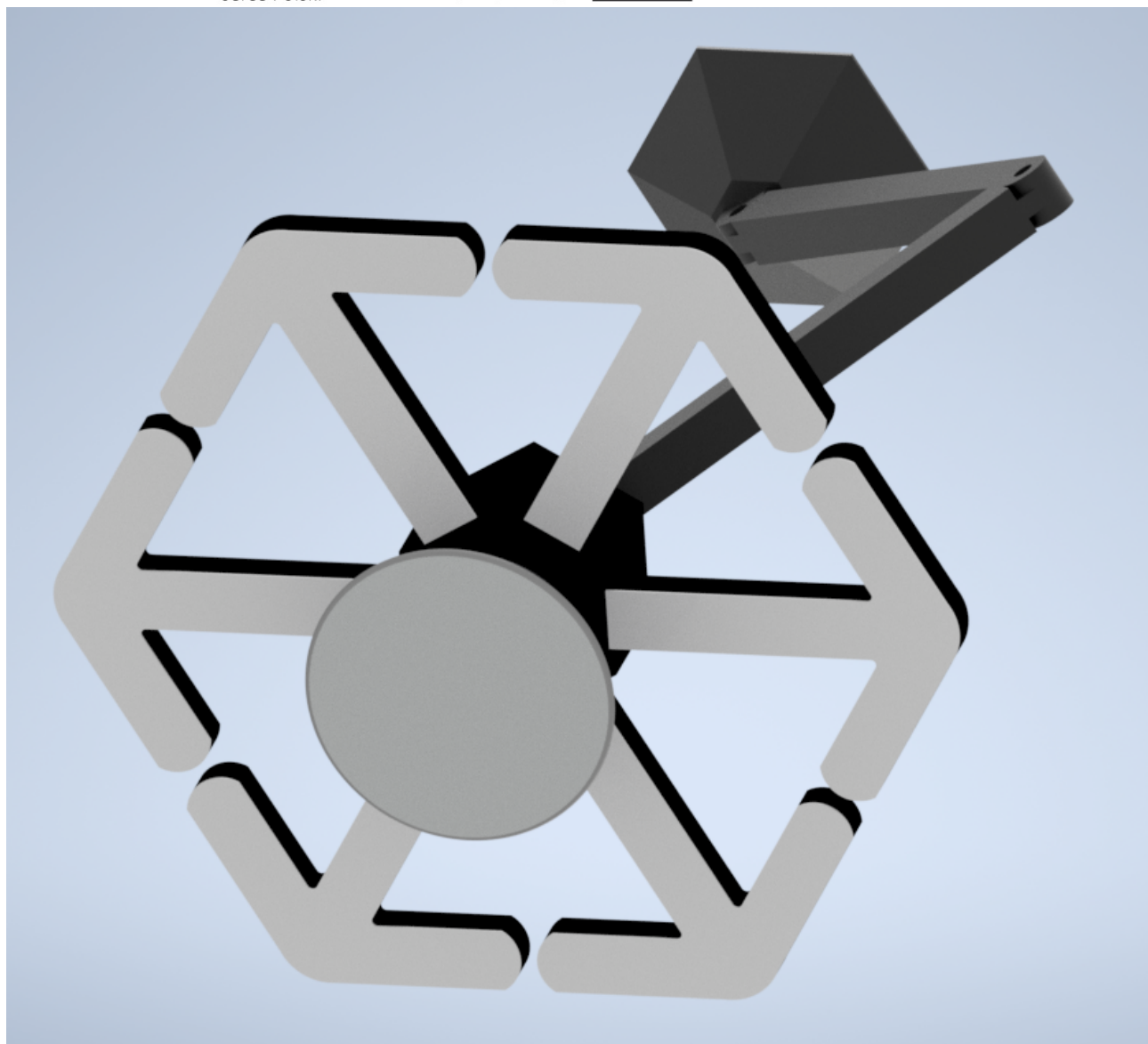


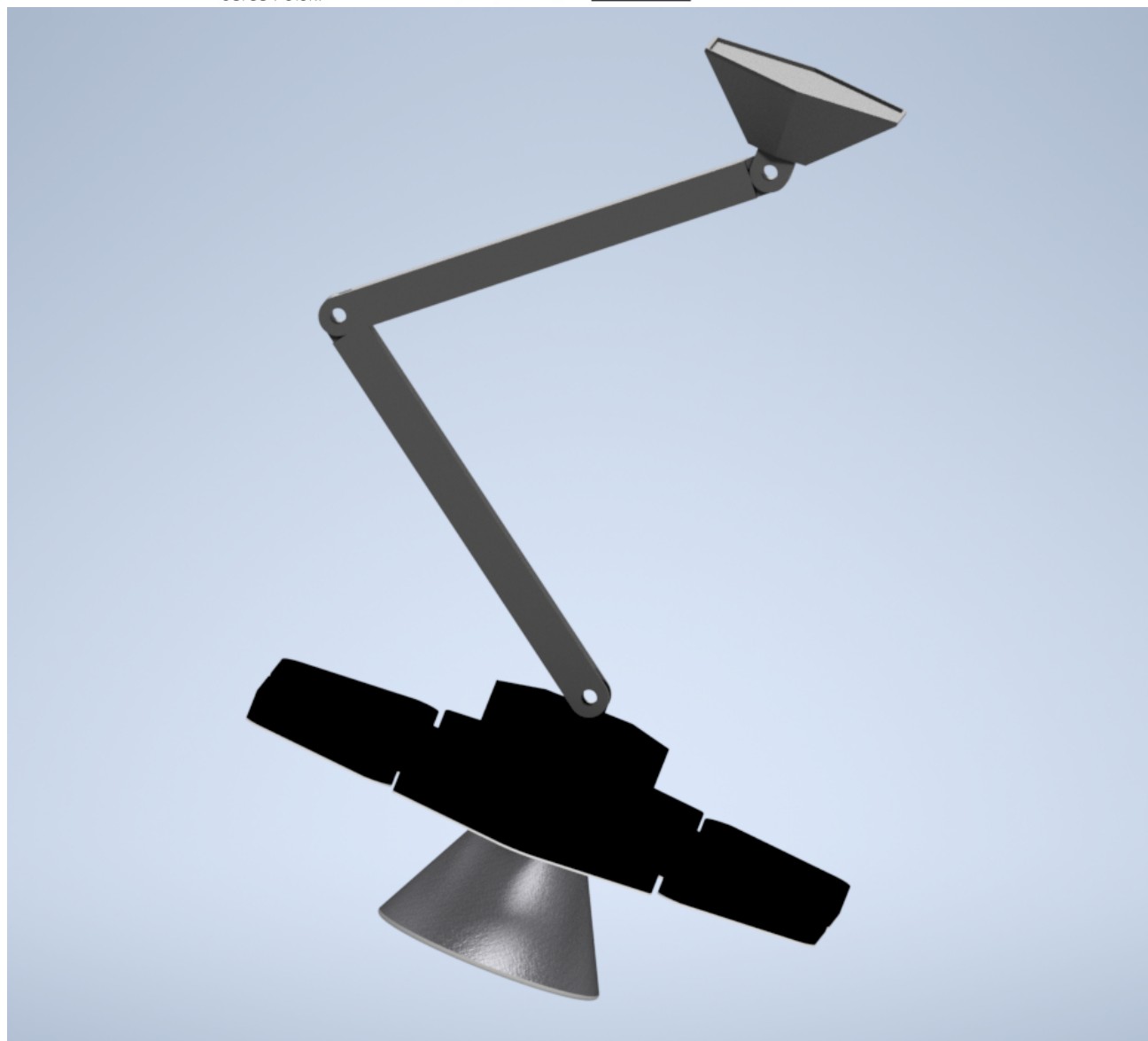


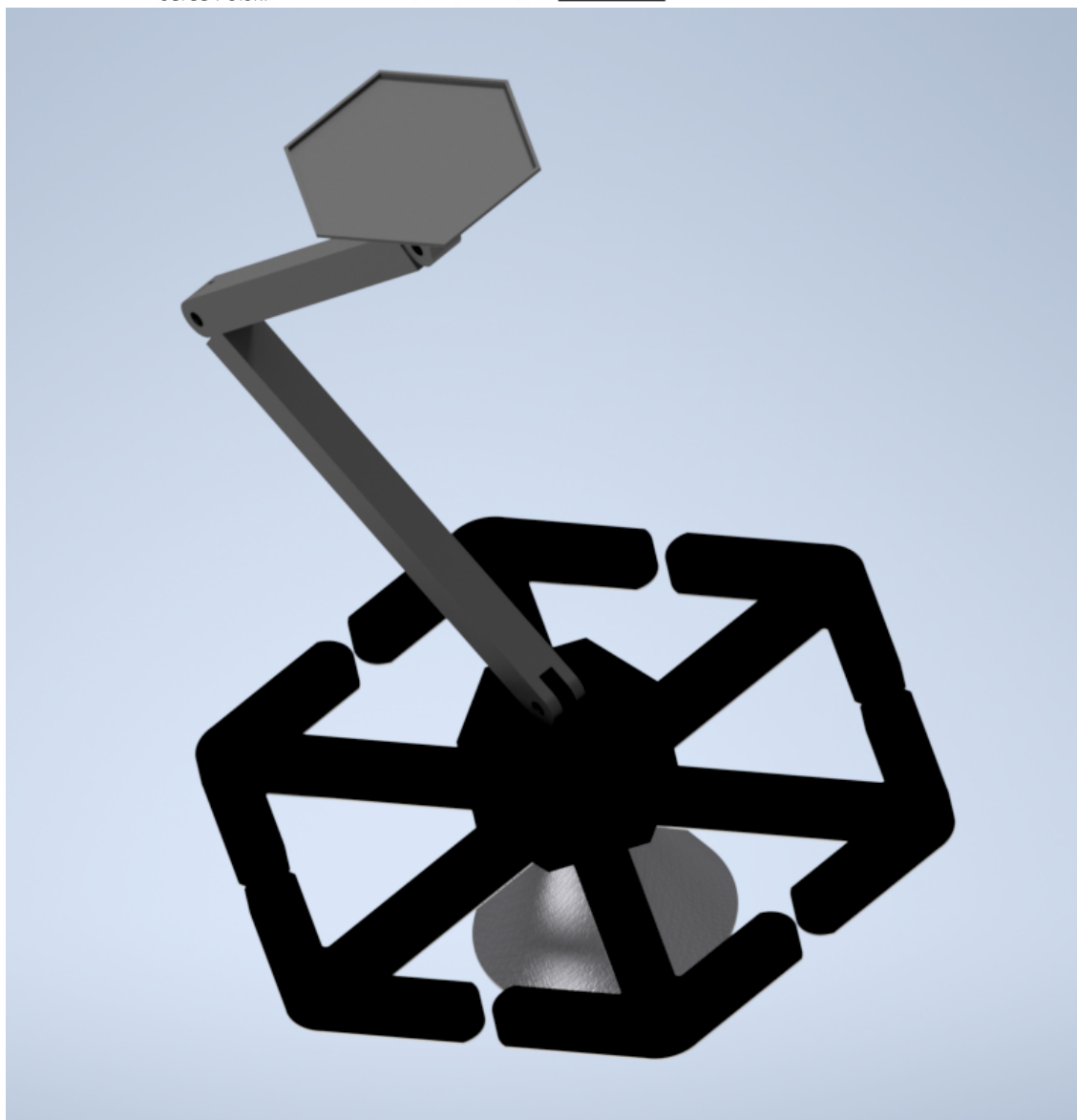


Wizualizacje lampy LED SENSES – oprawa z uchwytem sufitowym/ściennym

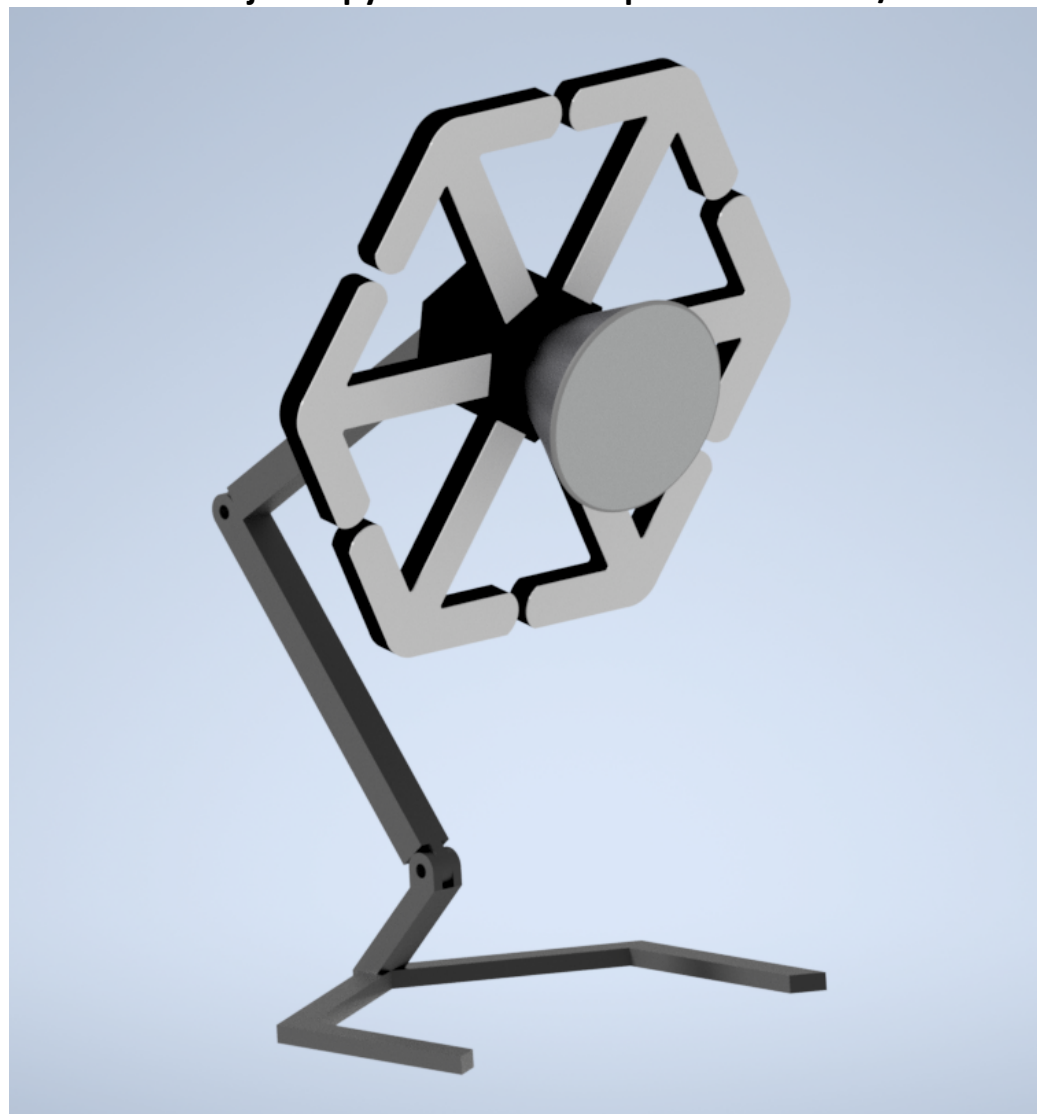


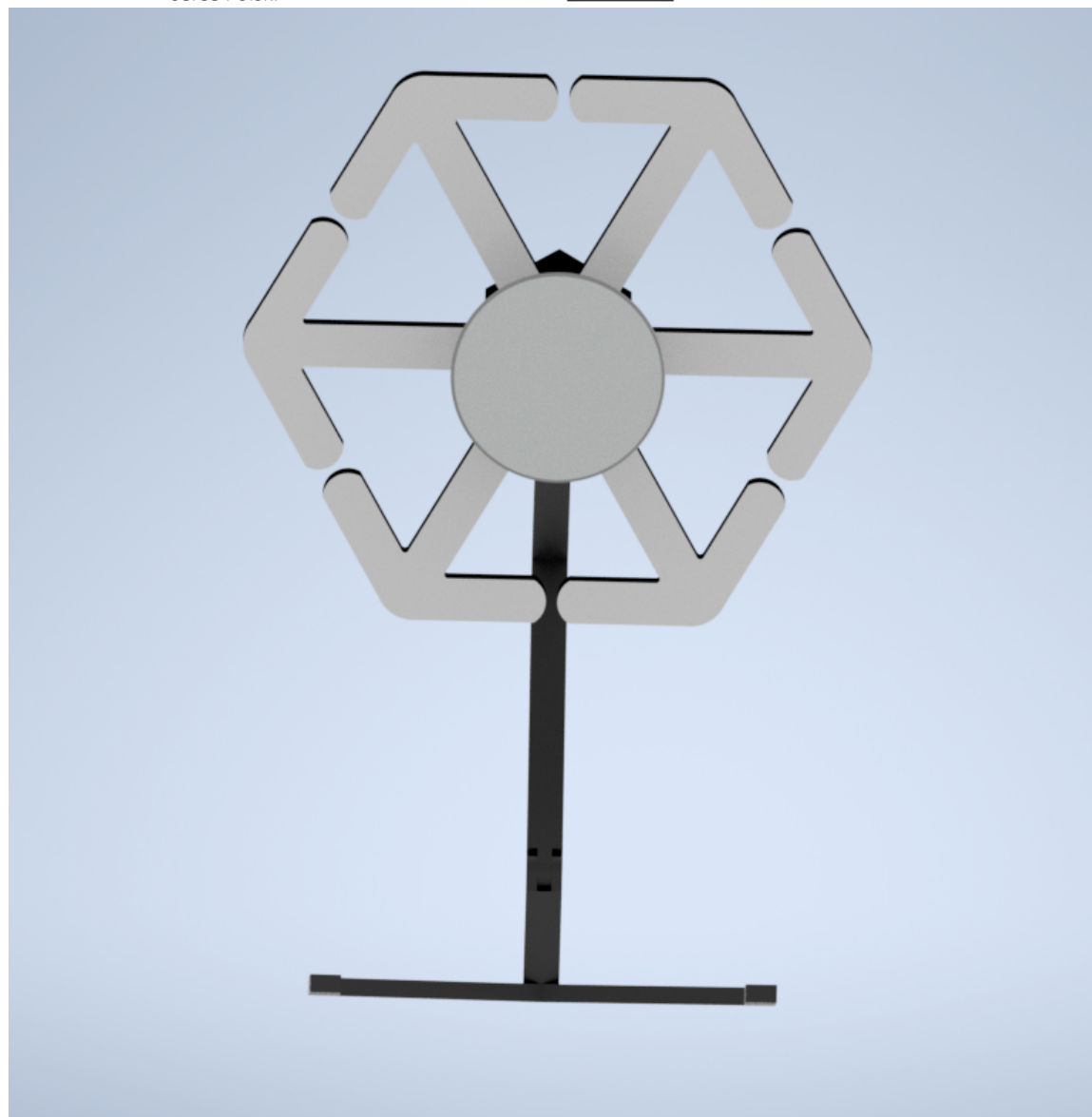


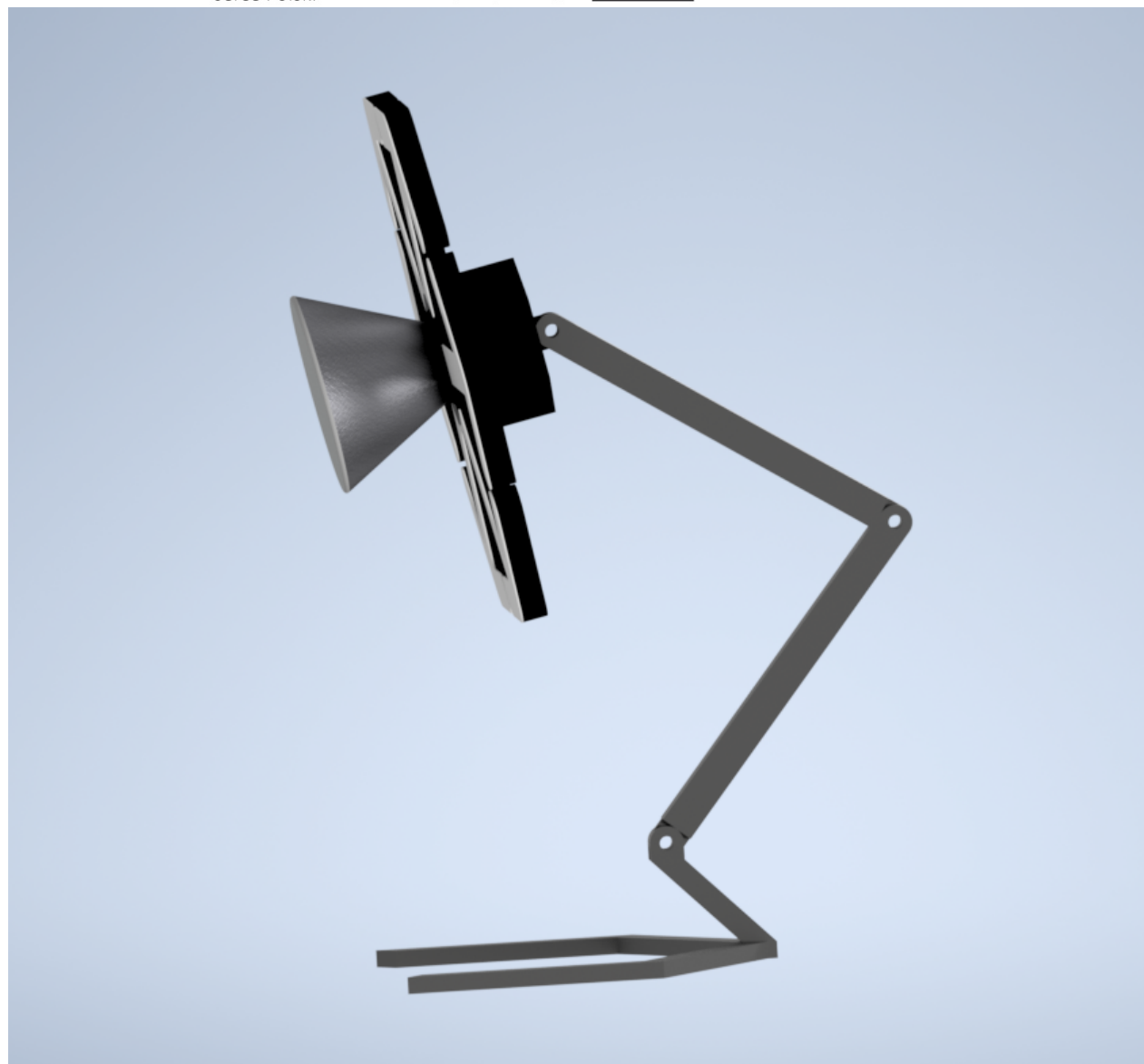


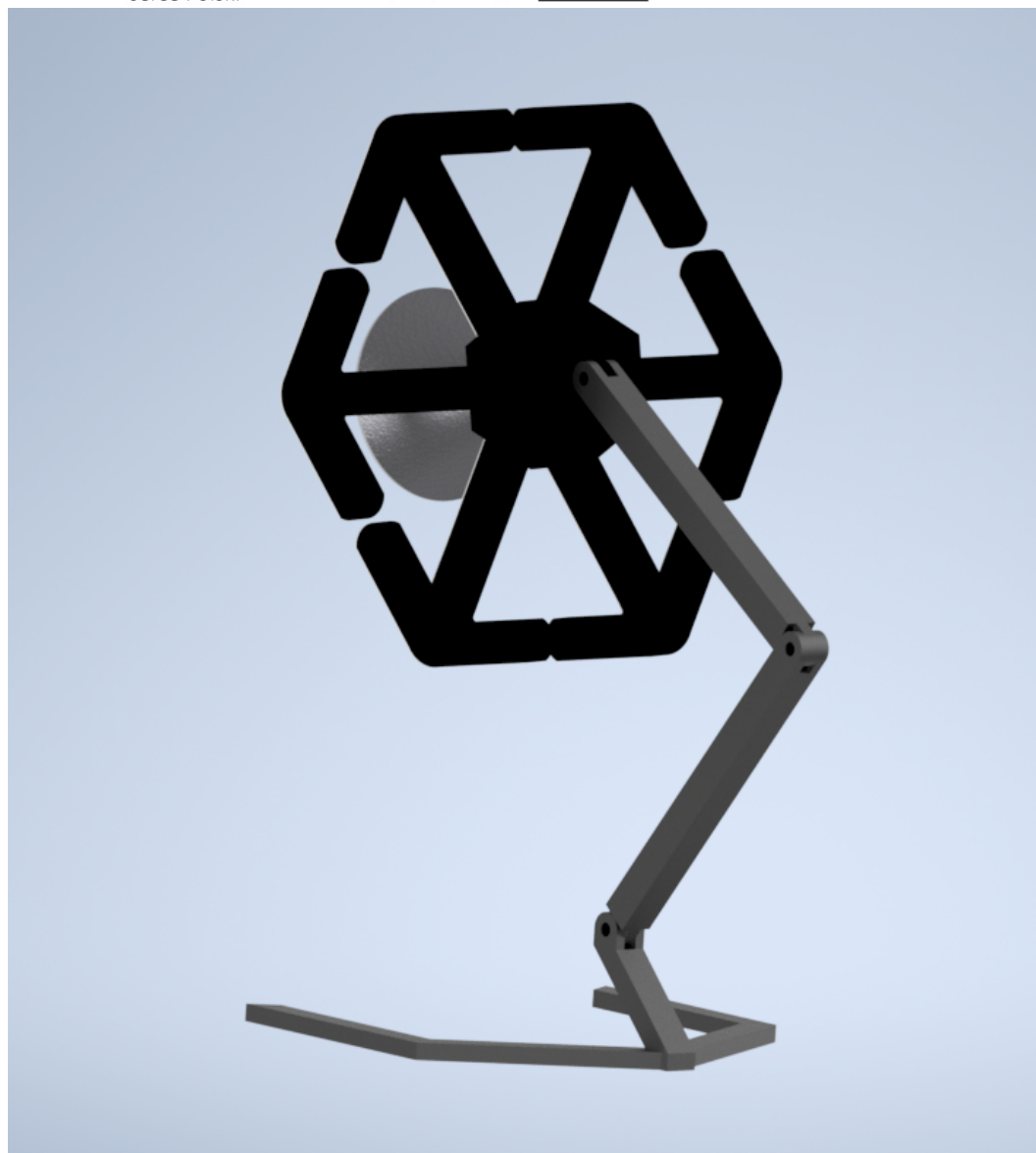


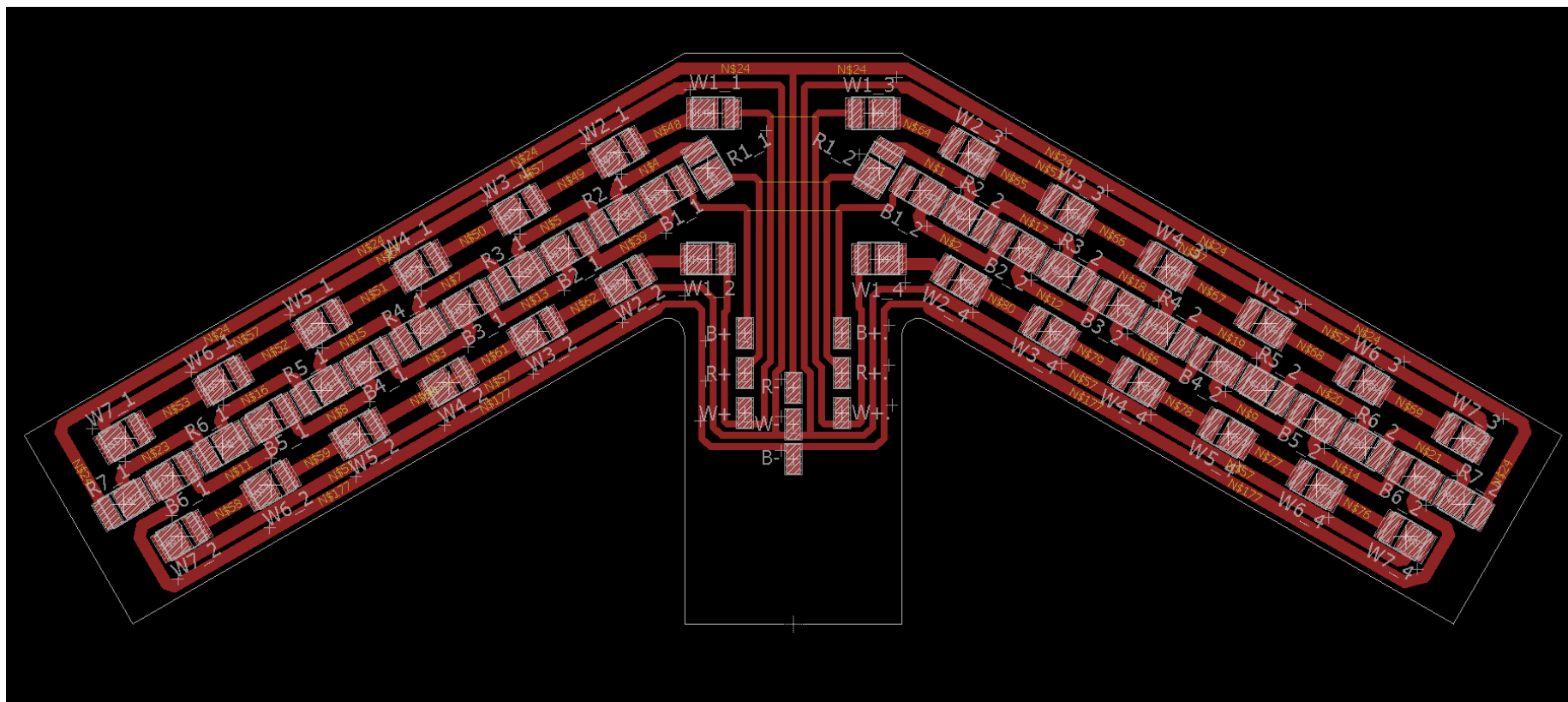
Wizualizacje lampy LED SENSES – oprawa na biurko/stolik



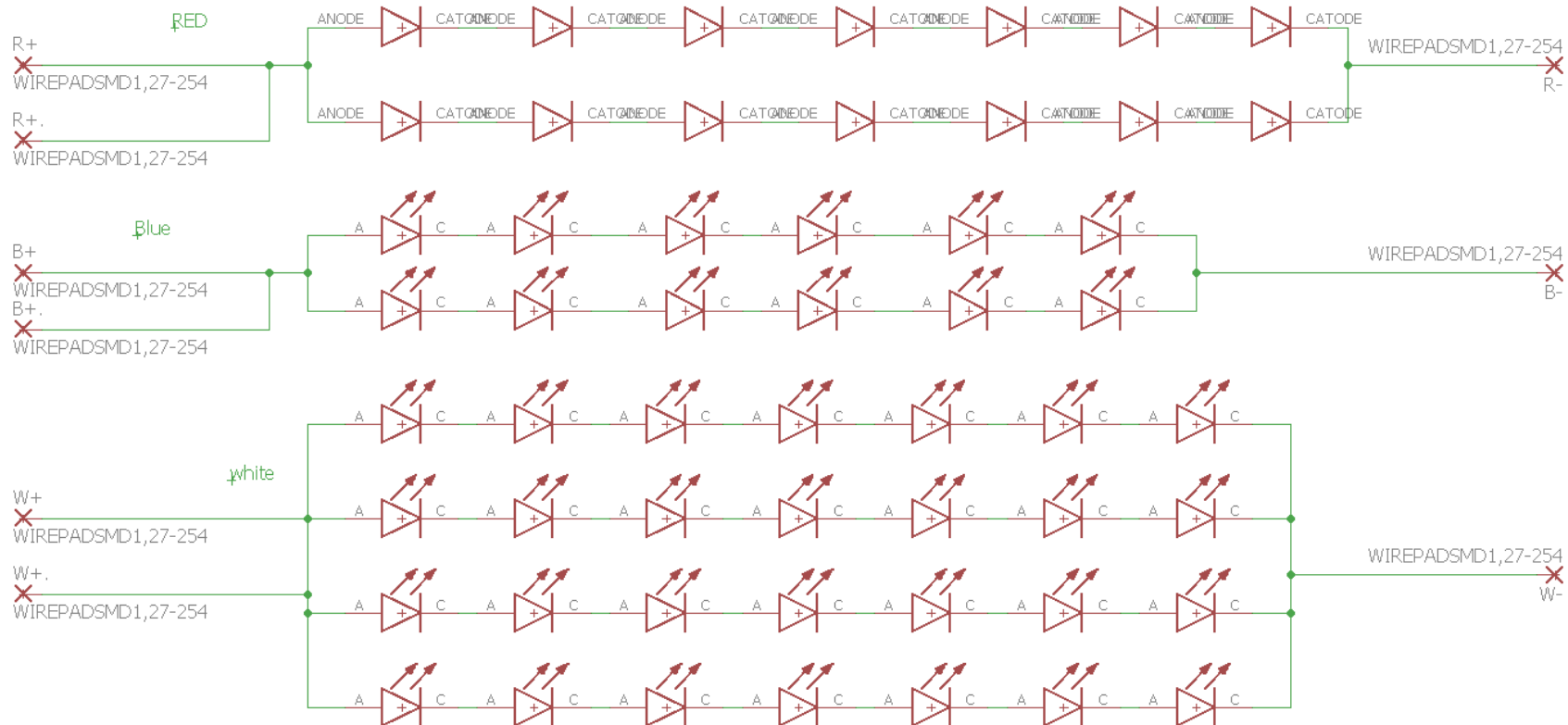


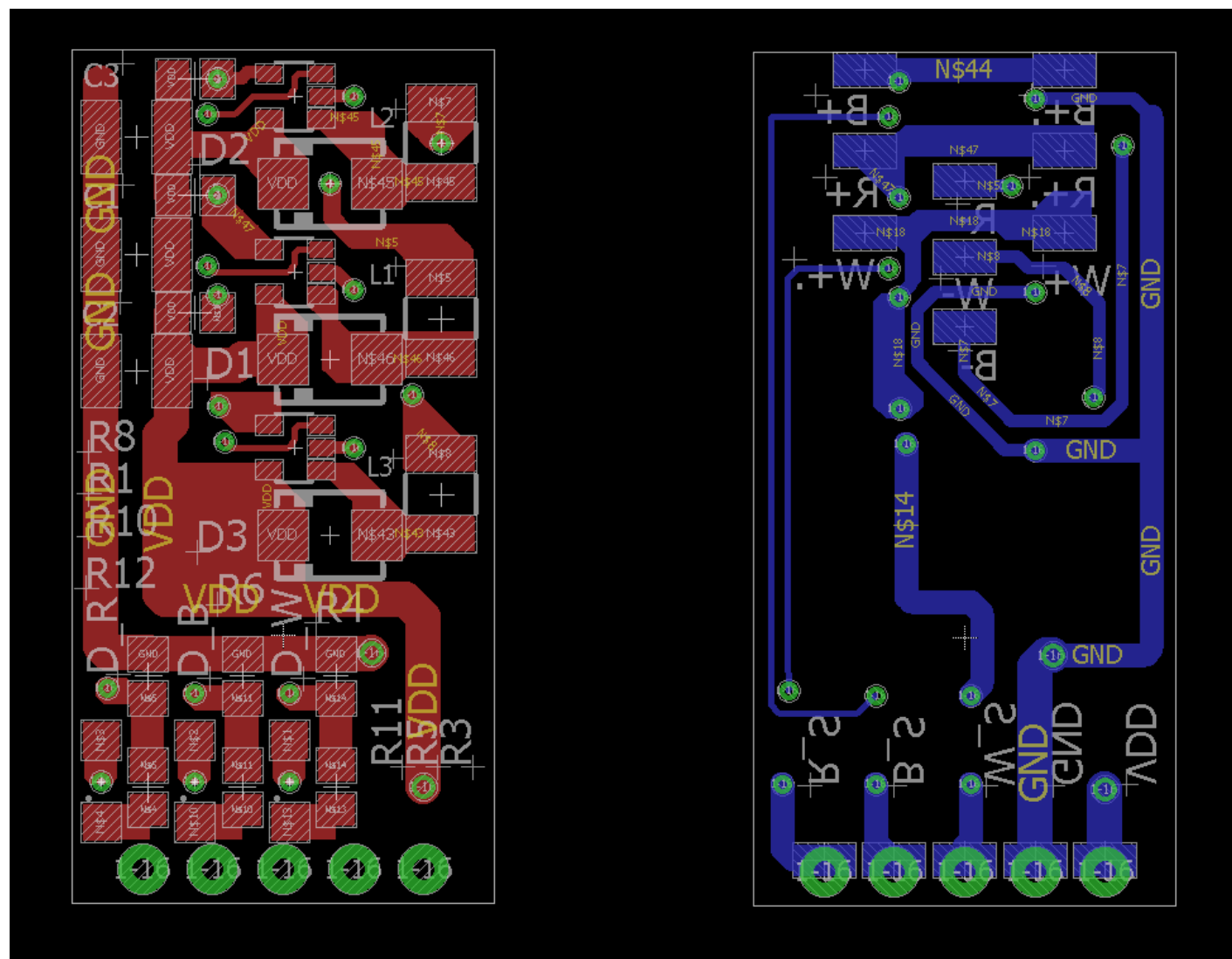






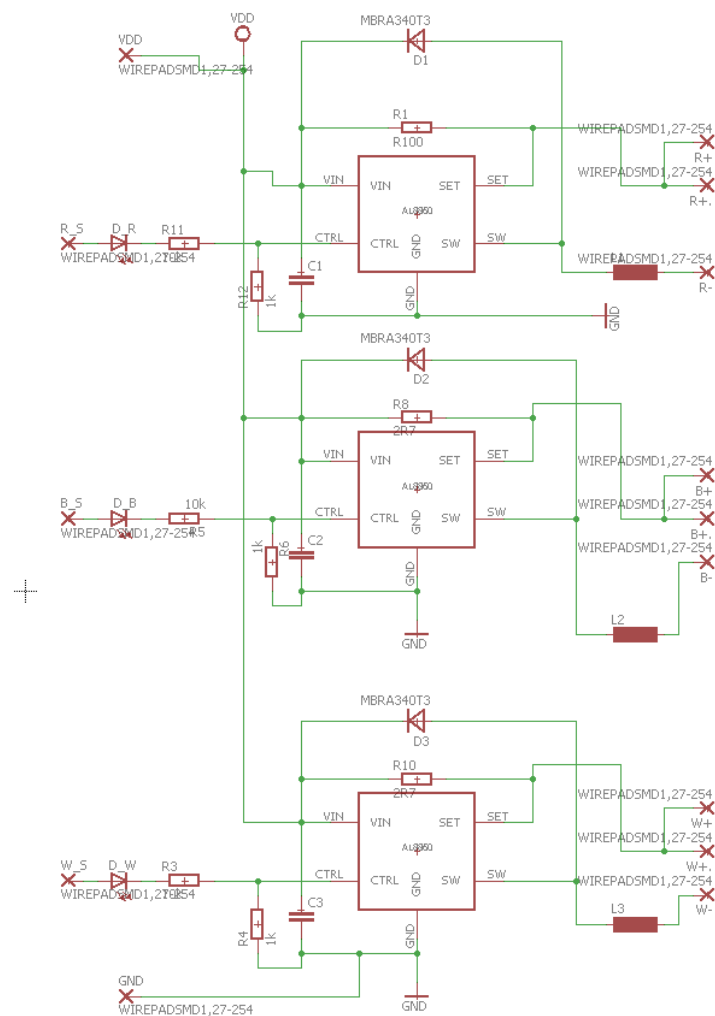
Schematy elektroniczne płytek MCPCB listków LED







Schemat elektroniczny płytek PCB przetwornic LED

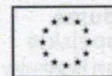




Fundusze
Europejskie
Program Regionalny

Mazowsze.
serce Polski

Unia Europejska
Europejski Fundusz
Rozwoju Regionalnego



Warszawa 19.03.2021 r.

Analiza techniczna działania prototypu oprawy LED w zakresie analizy skuteczności oddziaływania światła LED na samopoczucie człowieka oraz potwierdzenie funkcjonalności określonych funkcji przyszłego produktu takich jak: regeneracja, antydepresyjna, relaks i sen

Dotyczy projektu numer RPMA.01.02.00-14-a171/18 pn. „Prace badawczo-rozwojowe nad opracowaniem wielofunkcyjnego systemu oświetleniowego "LED Greenie Senses" współfinansowanego przez Unię Europejską ze środków Europejskiego Funduszu Rozwoju Regionalnego w ramach Regionalnego Programu Operacyjnego Województwa Mazowieckiego na lata 2014-2020.

Wyzwanie technologiczne: na podstawie wyników prac badawczych Greenie Polska Sp. z o.o. Sp.k., został przekazany do badań prototyp oprawy LED Greenie Senses w celu udowodnienia funkcjonalności oprawy. Sprawdzenie czy oprawa spełnia dane funkcje będzie polegało na badaniu parametrów technicznych (podstawowych parametrów świetlnych i elektrycznych), które powinny odwzorowywać założenia teoretyczno-praktyczne dla danej funkcji. Prototyp oprawy został przekazany do Zakładu Techniki Świetlnej Instytutu Elektroenergetyki Politechniki Warszawskiej.

Analiza techniczna działania prototypu oprawy LED w zakresie analizy skuteczności oddziaływania światła LED na samopoczucie człowieka oraz potwierdzenie funkcjonalności określonych funkcji przyszłego produktu takich jak: regeneracja, antydepresyjna, relaks i sen

1. Wstęp

Do analizy technicznej przyjęto prototyp oprawy LED, opracowany przez firmę Greenie. Oprawa ma możliwość zmiany wartości temperatury barwowej wytwarzanego światła (rozkładu widmowego wytwarzanego światła) i emitowanego strumienia świetlnego. Prototyp oprawy sterowany jest za pomocą aplikacji. Przedmiotem analizy technicznej jest ocena prawidłowej realizacji zaprogramowanych scen świetlnych i ich nazw sugerujących przeznaczenie oprawy pod względem oddziaływania wytwarzanego światła na człowieka. Wykonano pomiary podstawowych parametrów świetlnych i elektrycznych prototypu oprawy. Analiza skuteczności oddziaływania światła wytwarzanego przez prototyp oprawy na samopoczucie człowieka oparta jest na teoretycznych informacjach zaczerpniętych z dostępnej literatury z zakresu analizowanego zagadnienia. Prototyp oprawy, zgodnie z deklaracją konstruktora, ma możliwość realizacji następujących scen świetlnych: regeneracja, antydepresyjna, relaks i sen.

Dodatkowo sterowanie oprawą umożliwia w miarę płynne zmiany parametrów świetlnych w ciągu doby, które mogą stanowić podstawę do tworzenia symulacji okołodobowego cyklu zmian barwy światła i realizowanego poziomu natężenia oświetlenia w pomieszczeniu w ciągu dnia. Do realizacji tego zadania przyjęto symulację zmian barwy światła (temperatury barwowej światła) i wartości strumienia świetlnego w zakresie godzin od 6:00 do 18:00. Zmiany ustawień wartości barwy światła (temperatury barwowej światła) i strumienia świetlnego emitowanego przez analizowaną oprawę LED zmieniają się co 10 minut.

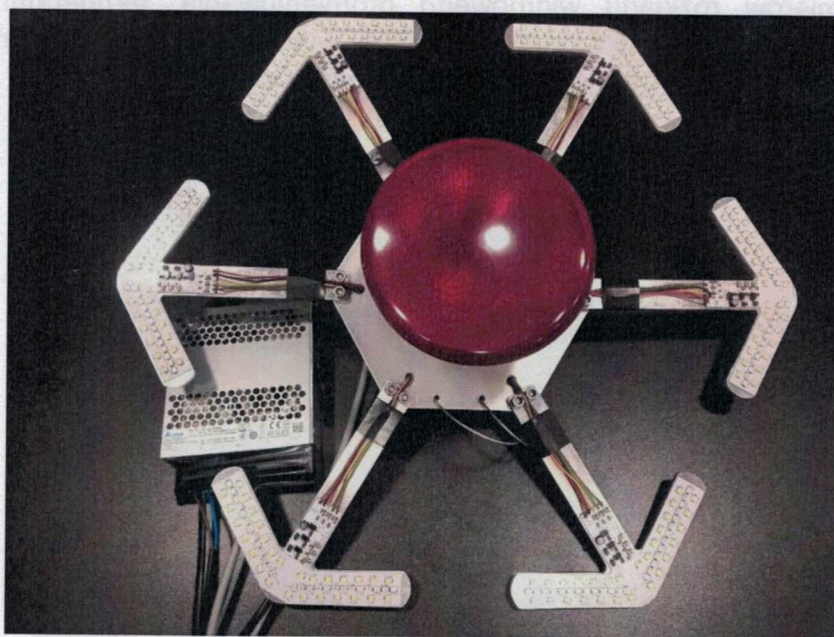
Celem analizy jest ocena poprawności realizacji zapisanych scen świetlnych na podstawie pomiarów rozkładu widmowego promieniowania wytwarzanego światła, wartości strumienia świetlnego, określenia temperatury barwowej najbliższej wytwarzanego światła oraz ogólnego wskaźnika oddawania barw. Do dodatkowych zmierzonych parametrów należą moc, współczynnik mocy oraz obliczona skuteczność świetlna oprawy.

Jako kryterium oceny poprawności realizacji scen świetlnych przyjęto analizę porównawczą rozkładu widmowego wytwarzanego światła, temperatury barwowej najbliższej wytwarzanego światła, wartości ogólnego wskaźnika oddawania barw, dla realizowanych i zaprogramowanych scen świetlnych.

Otrzymane wyniki pomiarów odniesione są do przyjętych ocen i ogólnych kryteriów oceniających wpływ promieniowania podczerwonego i światła na samopoczucie człowieka zawartych w dostępnej literaturze dotyczącej ocenianego zagadnienia [1] [2] [3] [4] [5] [6] [7] [8].

Przedstawiony do analizy prototyp oprawy LED sterowany jest za pomocą aplikacji. Opracowana aplikacja umożliwia proste i intuicyjne zmiany zapisanych scen świetlnych. Wywoływanie scen świetlnych realizowane jest za pomocą przejrzystego interfejsu.

Konstrukcja analizowanego prototypu oprawy LED przedstawiona jest na rysunku nr 1.



Rys. 1 . Widok konstrukcji analizowanego prototypu oprawy LED.

2. Analiza techniczna realizowanych scen świetlnych

Analiza prawidłowości realizacji scen świetlnych przez testowany prototyp oprawy LED oparta jest na pomiarach wartości wytwarzanego strumienia świetlnego, rozkładu widmowego promieniowania, temperatury barwowej najbliższego światła i ogólnego wskaźnika oddawania barw. Dodatkowej analizie poddano parametry elektryczne: moc i współczynnik mocy.

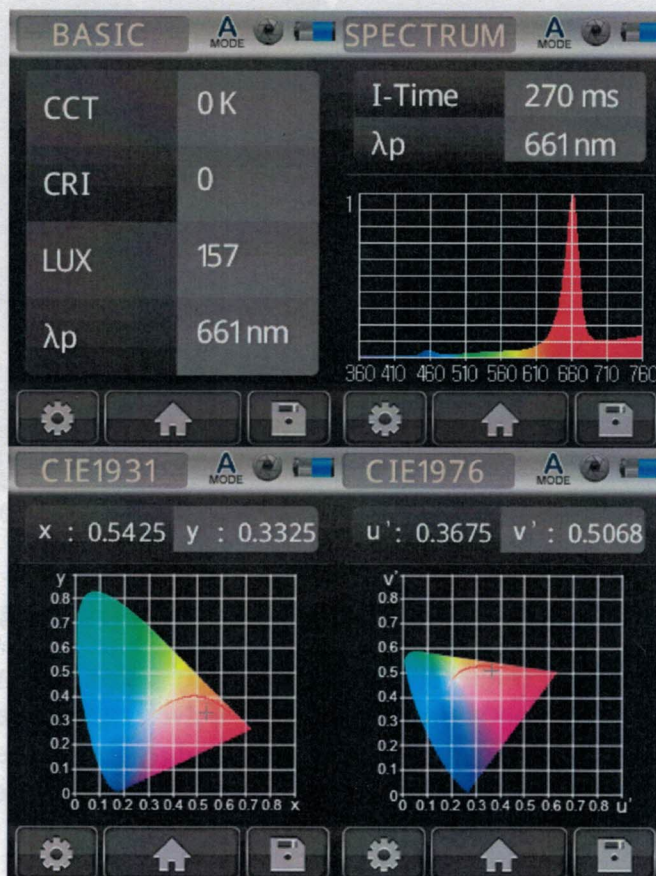
2.1 Regeneracja

Wyniki pomiarów podstawowych parametrów elektrycznych i świetlnych prototypu oprawy wytwarzającej światło w scenie „regeneracja” przedstawione są w tabeli 1.

Tabela 1. Zmierzone parametry elektryczne i świetlne prototypu oprawy – scena „regeneracja”

P [W]	Współczynnik mocy [-]	Strumień świetlny [lm]	Skuteczność świetlna [lm/W]	Temperatura barwowa światła [K]	Ogólny wskaźnik oddawania barw [-]
116,6	0,97	854	7,3	-	-

Wyniki pomiarów rozkładu widmowego promieniowania, temperatury barwowej światła i ogólnego wskaźnika oddawania barw wytwarzanego światła przez prototyp oprawy LED w scenie „regeneracja” przedstawione są na rysunku nr 2.



Rys. 2. Wyniki pomiarów, rozkładu widmowego światła, temperatury barwowej światła i ogólnego wskaźnika oddawania barw dla oprawy w scenie „regeneracja”

Wyniki pomiarów rozkładu widmowego promieniowania (w zakresie promieniowania o długościach fal od 360 nm do 760 nm), światła wytwarzanego przez prototyp oprawy ustawionej w scenie „regeneracja” wskazują na przeważający udział promieniowania w zakresie długości fal od 610 nm do 680 nm. Maksimum promieniowania w zakresie widzialnym przypada na długość fali 660 nm (światło barwy czerwonej). Dla tego charakteru rozkładu widmowego promieniowania, w którym przeważający udział ma promieniowanie z zakresu podczerwieni nie było możliwe określenie wartości temperatury barwowej najbliższej wytwarzanego światła i ogólnego wskaźnika oddawania barw.

Wyniki pomiarów rozkładu widmowego promieniowania prototypu oprawy ustawionej w scenie „regeneracja” wskazują na to, że głównym zadaniem oprawy jest emisja promieniowania podczerwonego ze stosunkowo niewielkim udziałem wytwarzanego światła barwy czerwonej. Strumień świetlny emitowany przez oprawę wynosi 854 lm.

Moc prototypu oprawy w scenie „regeneracja” ma najwyższą wartość spośród wszystkich dostępnych scen świetlnych. Ma to uzasadnienie techniczne związane z zastosowaniem promiennika podczerwieni. Skuteczność świetlna oprawy w tej scenie świetlnej ma wartość najniższą spośród wszystkich dostępnych scen, co spowodowane jest również zastosowaniem promiennika podczerwieni. Współczynnik mocy oprawy w scenie „Regeneracja” ma wysoką wartość, która wynosi 0,97.

Emitowanie promieniowania podczerwonego ma najważniejsze znaczenie w ustawieniu prototypu oprawy LED w scenie „regeneracja”. Możliwe jest wyłączenie promiennika podczerwieni. Diody wytwarzają światło o barwie czerwonej.

Wpływ terapeutyczny i znaczenie promieniowania podczerwonego na człowieka jest znane i udokumentowane w literaturze [1]. Należy zwrócić uwagę, że zastosowanie promieniowania podczerwonego stosowane jest w terapii i przynosi korzyści, do których można zaliczyć między innymi: poprawę gojenia skóry, łagodzenie bólu stawów, wspomaganie leczenia schorzeń neurologicznych i psychiatrycznych. Jednak należy wziąć pod uwagę również negatywny wpływ promieniowania podczerwonego na człowieka. Promieniowanie podczerwone wnika głęboko w tkankę powodując jej nagrzewanie, zbyt silne działanie promieniowania podczerwonego może prowadzić do oparzeń. Z tego powodu zaleca się opracowanie instrukcji dotyczącej bezpiecznego stosowania promieniowania oprawy z promiennikiem podczerwieni.

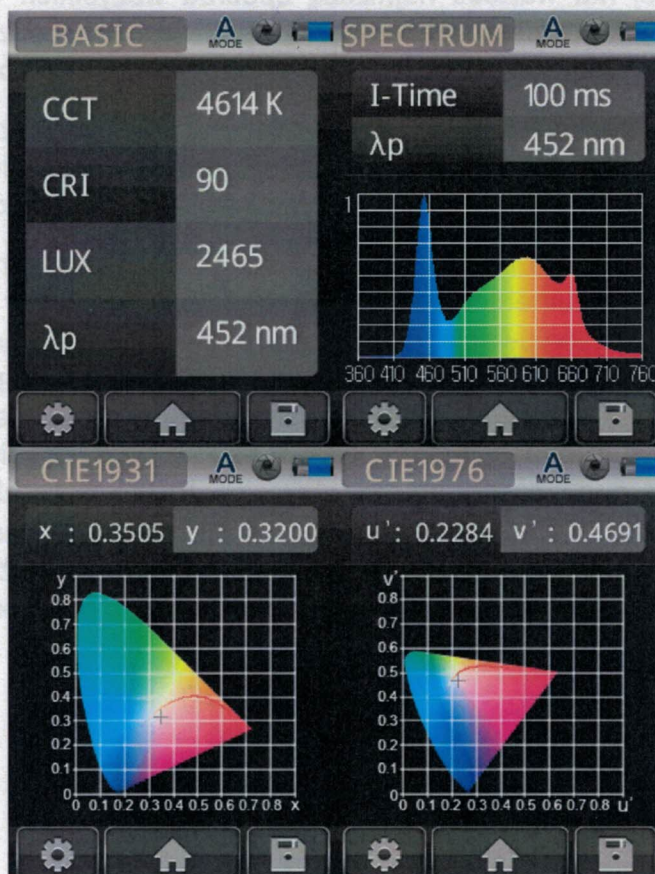
2.2 Antydepresyjna

Wyniki pomiarów podstawowych parametrów elektrycznych i świetlnych prototypu oprawy wytwarzającej światło w scenie „antydepresyjna” przedstawione są w tabeli 2.

Tabela 2. Zmierzone parametry elektryczne i świetlne prototypu oprawy – scena „antydepresyjna”

P [W]	Współczynnik mocy [-]	Strumień świetlny [lm]	Skuteczność świetlna [lm/W]	Temperatura barwowa światła [K]	Ogólny wskaźnik oddawania barw [-]
56,2	0,97	6079	108	4614	90

Wyniki pomiarów rozkładu widmowego promieniowania, temperatury barwowej światła i ogólnego wskaźnika oddawania barw światła wytwarzanego przez prototyp oprawy LED w scenie „antydepresyjna” przedstawione są na rysunku nr 3.



Rys. 3. Wyniki pomiarów, rozkładu widmowego światła, temperatury barwowej światła i ogólnego wskaźnika oddawania barw dla oprawy w scenie „antydepresyjna”

Prototyp analizowanej oprawy LED ustawiony w scenie „antydepresyjna” wytwarza światło o wysokim ogólnym wskaźniku oddawania barw $R_a = 90$. Wytwarza światło o widmie z dużym udziałem światła barwy niebieskiej, co skutkuje wytwarzaniem światła o temperaturze barwowej wynoszącej $T_c = 4614$ K. Oprawa w scenie „antydepresyjna” wytwarza najwyższą wartość strumienia świetlnego ze wszystkich analizowanych scen świetlnych. Moc oprawy wynosi 56,2 W a jej skuteczność świetlna jest stosunkowo wysoka i wynosi 108 lm/W.

Stosunkowo duży udział światła barwy niebieskiej w widmie (maksimum promieniowania przypada na długości fali 452 nm) i wysoka wartość strumienia świetlnego może skutkować działaniem powodującym obniżanie poziomu melatoniny we krwi. Takie działanie światła, na podstawie dostępnych danych literaturowych, można uznać za motywujące do pracy, sprzyjające skupieniu, koncentracji i może mieć również działanie antydepresyjne. Należy w tym przypadku zwrócić ogólną uwagę, że oprawa powinna zapewniać uzyskanie możliwie wysokich poziomów natężenia oświetlenia na analizowanej powierzchni (zwłaszcza uwzględniając jej antydepresyjne zastosowanie). Wysoka wartość wytwarzanego strumienia świetlnego rokuje możliwość uzyskania stosunkowo wysokich poziomów natężenia oświetlenia na rozpatrywanych powierzchniach.

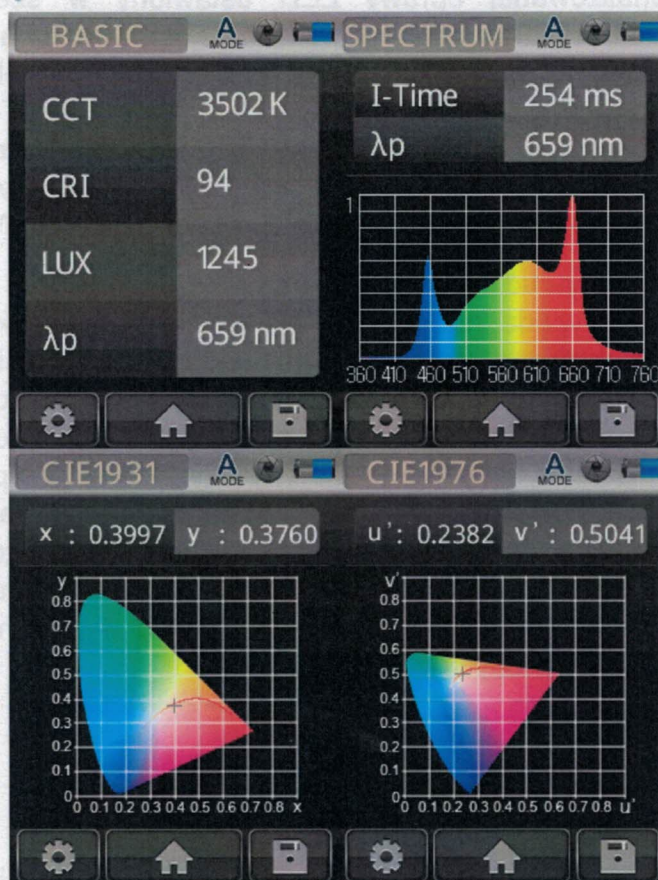
2.3 Relaks

Wyniki pomiarów podstawowych parametrów elektrycznych i świetlnych prototypu oprawy wytwarzającej światło w scenie „relaks” przedstawione są w tabeli 3.

Tabela 3. Zmierzone parametry elektryczne i świetlne prototypu oprawy – scena „Relaks”

P [W]	Współczynnik mocy [-]	Strumień świetlny [lm]	Skuteczność świetlna [lm/W]	Temperatura barwowa światła [K]	Ogólny wskaźnik oddawania barw [-]
35,2	0,61	3722	106	3502	94

Wyniki pomiarów rozkładu widmowego promieniowania, temperatury barwowej światła i ogólnego wskaźnika oddawania barw światła wytwarzanego przez prototyp oprawy LED w scenie „relaks” przedstawione są na rysunku nr 4.



Rys. 4. Wyniki pomiarów, rozkładu widmowego światła, temperatury barwowej światła i ogólnego wskaźnika oddawania barw dla oprawy w scenie „relaks”

Prototyp analizowanej oprawy LED ustawiony w scenie „relaks” wytwarza światło o wysokim ogólnym wskaźniku oddawania barw $R_a = 94$. Wytwarza światło o widmie z dużym udziałem światła barwy zielonej, żółtej i czerwonej, z niewielkim udziałem światła barwy niebieskiej, co skutkuje wytwarzaniem światła o temperaturze barwowej o wartości $T_c = 3502$ K. Oprawa w scenie „relaks” wytwarza strumień świetlny o wartości 3772 lm. Moc oprawy wynosi 35,2 W a jej skuteczność świetlna jest stosunkowo wysoka i wynosi 106 lm/W.

Wytwarzanie światła o temperaturze barwowej najbliższej wynoszącej w granicach 3500 K z małym udziałem światła barwy niebieskiej, zgodnie z dostępnymi danymi literaturowymi, powinno sprzyjać zwiększeniu wydzielania melatoniny w organizmie człowieka, równocześnie zmniejszenie wartości emitowanego strumienia świetlnego (realizowanego poziomu natężenia oświetlenia) może sprzyjać tworzeniu atmosfery odpoczynku w pomieszczeniu.

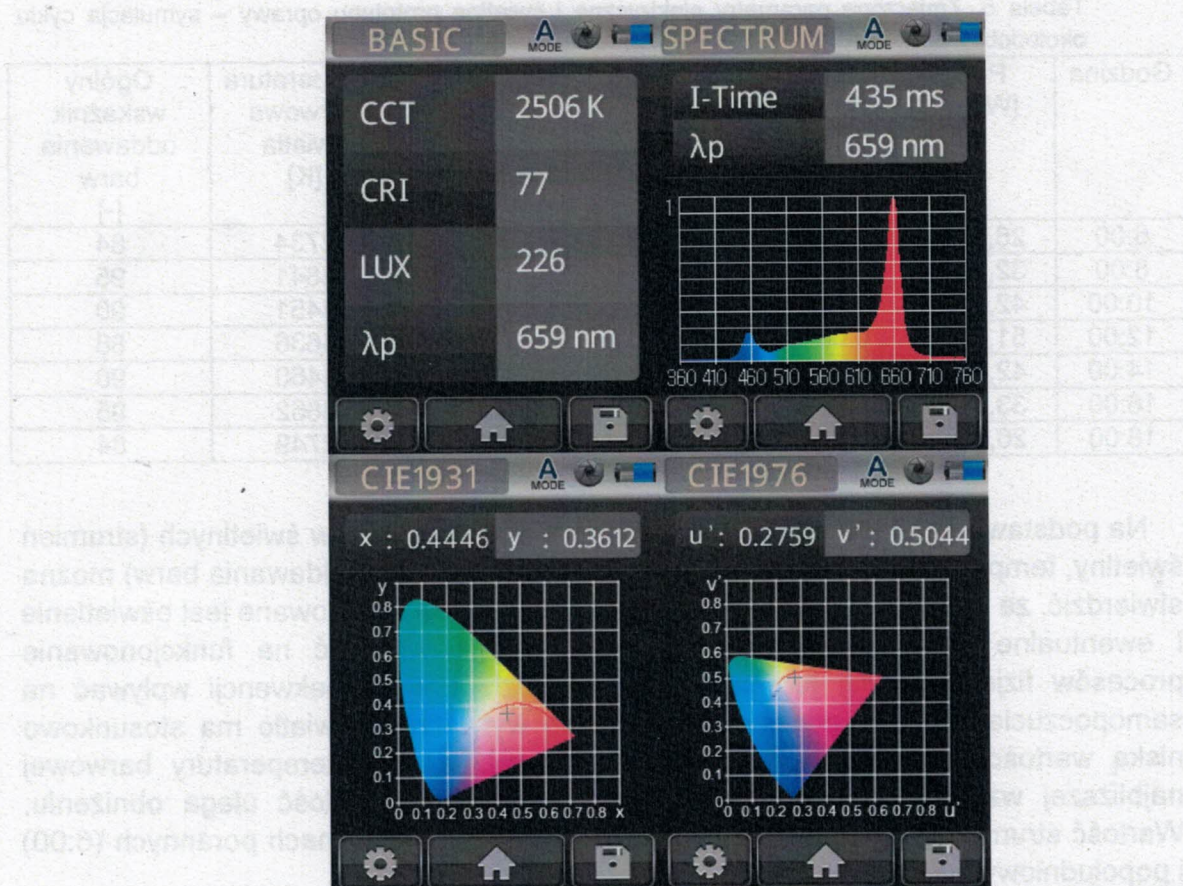
2.4 Sen

Wyniki pomiarów podstawowych parametrów elektrycznych i świetlnych prototypu oprawy wytwarzającej światło w scenie „sen” przedstawione są w tabeli 4.

Tabela 4. Zmierzone parametry elektryczne i świetlne prototypu oprawy – scena „Sen”

P [W]	Współczynnik mocy [-]	Strumień świetlny [lm]	Skuteczność świetlna [lm/W]	Temperatura barwowa światła [K]	Ogólny wskaźnik oddawania barw [-]
9,4	0,50	561	60	2506	77

Wyniki pomiarów rozkładu widmowego promieniowania, temperatury barwowej światła i ogólnego wskaźnika oddawania światła wytwarzanego przez prototyp oprawy LED w scenie „sen” przedstawione są na rysunku nr 5.



Rys. 5. Wyniki pomiarów, rozkładu widmowego światła, temperatury barwowej światła i ogólnego wskaźnika oddawania barw dla oprawy w scenie „Sen”

Prototyp analizowanej oprawy LED ustawiony w scenie „sen” wytwarza światło o stosunkowo niskim ogólnym wskaźniku oddawania barw $R_a = 77$. Wytwarza światło o widmie z dużym udziałem światła barwy czerwonej (maksymalne promieniowanie w zakresie czerwonej barwy światła o długości 659 nm) z niewielkim udziałem światła barwy niebieskiej, co skutkuje wytwarzaniem światła o temperaturze barwowej najbliższej o wartości $T_c = 2506$ K. Oprawa w scenie „sen” wytwarza strumień świetlny o wartości 561 lm. Moc oprawy wynosi 9,4 W a jej skuteczność świetlna wynosi 60 lm/W.

W dalszych pracach wdrożeniowych zaleca się zmianę nazwy sceny „sen”, ponieważ może ona kojarzyć się z preferowanym zastosowaniem oprawy w ciągu nocy. Z analizy działania prototypu oprawy w scenie „sen” wynika, że preferowane jest stosowanie oprawy w oświetleniu pomieszczeń przed snem.

2.5 Symulacja cyklu okołodobowego

Wyniki pomiarów podstawowych parametrów elektrycznych i świetlnych prototypu oprawy symulującej cykl okołodobowy przedstawione są w tabeli 5.

Tabela 5. Zmierzone parametry elektryczne i świetlne prototypu oprawy – symulacja cyklu okołodobowego

Godzina	P [W]	Współczynnik mocy [-]	Strumień świetlny [lm]	Skuteczność świetlna [lm/W]	Temperatura barwowa światła [K]	Ogólny wskaźnik oddawania barw [-]
6:00	26,2	0,61	1937	74	2734	84
8:00	32,9	0,61	3277	100	3841	95
10:00	42,6	0,62	4636	109	4451	90
12:00	51,2	0,62	5871	115	4636	88
14:00	42,5	0,62	4631	109	4460	90
16:00	33,1	0,61	3287	99	3862	95
18:00	26,2	0,60	1927	74	2749	84

Na podstawie wyników pomiarów podstawowych parametrów świetlnych (strumień świetlny, temperatura barwowa najbliższa i ogólny wskaźnik oddawania barw) można stwierdzić, że w prototypie oprawy w prawidłowy sposób symulowane jest oświetlenie i ewentualne warunki oświetleniowe, które mogą wpływać na funkcjonowanie procesów fizjologicznych lub psychicznych ludzi, a w konsekwencji wpływać na samopoczucie ludzi. W godzinach porannych wytwarzane światło ma stosunkowo niską wartość temperatury barwowej najbliższej, wartość temperatury barwowej najbliższej wzrasta do godziny 12:00 a następnie jej wartość ulega obniżeniu. Wartość strumienia świetlnego ma najniższe wartości w godzinach porannych (6:00) i popołudniowych (18:00).

Najwyższa wartość strumienia świetlnego wytwarzana jest o godzinie 12:00. Wytwarzane światło ma stosunkowo wysoki ogólny wskaźnik oddawania barw w całym zakresie regulacji. Dodatkowo analizowane parametry elektryczne: moc, skuteczność świetlna i współczynnik mocy mają akceptowalne wartości dla tego typu konstrukcji opraw.

Symulacja cyklu okołodobowego realizowana jest dla jednego dnia w roku, zaleca się aby w dalszych pracach wdrożeniowych uwzględniono więcej dni w symulacji cyklu okołodobowego. Wynika to między innymi z faktu, że w warunkach Polski długość pory dnia zmienia się w ciągu roku, jest dłuższa w okresie letnim i krótsza w okresie zimowym. Wydaje się także celowe uzyskiwanie wyższych poziomów temperatury barwowej najbliższej w godzinach południowych.

3. Wnioski

Na podstawie otrzymanych wyników pomiarów podstawowych parametrów świetlnych i elektrycznych, ogólnie dostępnej wiedzy i informacji zawartych w literaturze dotyczącej oddziaływania światła na człowieka, oceniono poprawność scen świetlnych realizowanych przez analizowany prototyp oprawy LED.

Można ogólnie ocenić, że analizowane sceny świetlne: regeneracja, antydepresyjna, relaks i sen, oraz symulacja cyklu okołodobowego, są zrealizowane zgodnie z aktualną wiedzą dotyczącą wpływu światła na człowieka. Zaleca się jednak dokonanie kilku zmian, ewentualnych ulepszeń i korekt konstrukcji rozpatrywanego prototypu oprawy LED. Mając na uwadze, że analizowany jest prototyp oprawy LED, uważa się, że zalecane korekty i zmiany mogą być pomocne w ostatecznej konstrukcji oprawy LED.

Proponowane korekty w procesie wdrażania do produkcji prototypu oprawy LED:

- 1- W scenie „regeneracja” należy zwrócić uwagę na bezpieczeństwo stosowania promiennika podczerwieni. Zalecane jest dołączenie instrukcji dotyczącej bezpiecznego stosowania oprawy w scenie „regeneracja”
- 2- W scenie „sen” proponuje się zmianę nazwy sceny, tak aby nazwa nie sugerowała stosowania oprawy podczas snu, a raczej w porze przed snem. Rekomenduje się zwiększenie ogólnego wskaźnika oddawania barw wytwarzanego światła.
- 3- W symulacji cyklu okołodobowego zaleca się zwiększenie / uzupełnienie działania oprawy o inne dni w roku. Zaleca się zwiększenie wartości temperatury barwowej najbliższej w godzinie 12:00 do poziomu powyżej 5500 K.

Literatura:

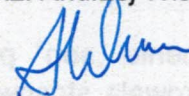
- [1] Shang-Ru Tsaia, Michael R. Hamblin. Biological effects and medical applications of infrared radiation. Journal of Photochemistry & Photobiology, B: Biology 170, 197–207, 2017
- [2] Agnieszka WOLSKA, Krystyna ZUŻEWICZ. Barwa światła a poziom czułości człowieka. Centralny Instytut Ochrony Pracy - Państwowy Instytut Badawczy. Lipiec 2015.
- [3] Peter Bodrogi, Quang Trinh Vinh, and Tran Quoc Khanh Laboratory of Lighting Technology, Technische Universität Darmstadt, Darmstadt: The usefulness of light sources in human centric lighting. Lighting Res. Technol.; Vol. 49: 292, 2017.
- [4] KW Houser PhD, PR Boyce PhD, JM Zeitzer PhD, e and M Herf BS. Human-centric lighting: Myth, magic or metaphor? Lighting Res. Technol. 0: 1–22, 2020.
- [5] Dominika Cupkova¹, Erik Kajati, Jozef Mocnej, Peter Papcun, Jiri Koziorek and Iveta Zolotova. Intelligent human-centric lighting for mental wellbeing improvement. International Journal of Distributed Sensor Networks, Vol. 15(9), 2019.
- [6] MS Rea PhD, MG Figueiro MSc and JD Bullough MSc. Circadian photobiology: an emerging framework for lighting practice and research. Lighting Res. Technol. 34,3 pp. 177–190, 2002
- [7] MS Rea PhD and MG Figueiro PhD. Light as a circadian stimulus for architectural lighting. Lighting Res. Technol.; 0: 1–14, 2016
- [8] Krystyna Zużewicz, Agnieszka Wolska. Wpływ charakterystyki widmowej światła sztucznego na aktywność dobową i poziom senności pracowników zmianowych. Centralny Instytut Ochrony Pracy- Państwowy Instytut Badawczy.

Dyrektor Instytutu Elektroenergetyki



Dr hab. inż. Sylwester Robak, prof. PW

dr inż. Andrzej Wiśniewski



POLITECHNIKA WARSZAWSKA
WYDZIAŁ ELEKTRYCZNY
INSTYTUT ELEKTROENERGETYKI
00-662 Warszawa, ul. Koszykowa 75
Gmach Mechaniki tel. 22 234 72 55

-2-