



VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

FAKULTA STROJNÍHO INŽENÝRSTVÍ

FACULTY OF MECHANICAL ENGINEERING

ÚSTAV KONSTRUOVÁNÍ

INSTITUTE OF MACHINE AND INDUSTRIAL DESIGN

DESIGN ZÁVĚSNÉHO SVĚTLA

DESIGN OF PENDANT LAMP

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

BACHELOR'S THESIS

AUTOR PRÁCE

AUTHOR

Eliška Špačková

VEDOUCÍ PRÁCE

SUPERVISOR

Ing. Richard Sovják, Ph.D.

BRNO 2023

Zadání bakalářské práce

Ústav:	Ústav konstruování
Studentka:	Eliška Špačková
Studijní program:	Průmyslový design ve strojírenství
Studijní obor:	bez specializace
Vedoucí práce:	Ing. Richard Sovják, Ph.D.
Akademický rok:	2022/23

Ředitel ústavu Vám v souladu se zákonem č.111/1998 o vysokých školách a se Studijním a zkušebním řádem VUT v Brně určuje následující téma bakalářské práce:

Design závěsného světla

Stručná charakteristika problematiky úkolu:

Osvětlení je důležitým aspektem v kvalitě užívání prostorů. Intenzita a druh osvětlení prostorů je zejména dáno hygienickými požadavky, ale také estetickým ztvárněním zdroje světla. Tento trend je dán od prvního rozdělení ohně až po nejnovější možnosti v osvětlení. Dnešní doba nabízí spotřebitelům rozmanité tvarové, designérská a materiálová řešení světel. Závěsná světla jsou používána pro osvětlení soukromých či veřejných prostorů.

Typ práce: vývojová – designérská

Cíle bakalářské práce:

Hlavním cílem je navrhnout zavěšené světlo, které bude minimalizovat environmentální dopady v celém životním cyklu výrobku. Cílem bude zejména udržitelný design s potenciálem k recyklaci. Návrhy budou kalkulovány a posouzeny metodou LCA.

Díličí cíle bakalářské práce:

- analýza současných výrobků dle jednotlivých parametrů (design, materiály, konstrukční řešení) včetně taxonomie závěsného osvětlení,
- vytvoření esteticky, ergonomicky a materiálově vhodného řešení,
- návrhy variantní a finální budou cíleny na nejnižší environmentální dopady,
- kalkulace environmentálních dopadů a posouzení návrhů v celém rozsahu životního cyklu včetně zdůvodnění jejich použití,
- uvažuje se o sériové výrobě.

Požadované výstupy: průvodní zpráva, sumarizační poster, fotografie modelu, fyzický model.

Rozsah práce: cca 27 000 znaků (15 – 20 stran textu bez obrázků).

Časový plán, struktura práce a šablona průvodní zprávy jsou závazné:

<http://www.ustavkonstruovani.cz/texty/bakalarske-studium-ukoncení/>

Seznam doporučené literatury:

ČSN EN ISO 14044 (010944) Environmentální management - Posuzování životního cyklu - Požadavky a směrnice. 1. Praha: Český normalizační institut, 2006.

BEY, Nicki. The Oil Point Method: A tool for indicative environmental evaluation in material and process selection [online]. Lyngby, 2000. Dostupné také z: http://polynet.dk/lenau/niki_bey_phd_thesis.pdf. Dissertation thesis. Technical University of Denmark.

TICHÁ, Jana a Jan KAPLICKÝ. Future systems. Praha: Zlatý řez, 2002. ISBN 80-901-5626-6.

DREYFUSS, Henry a Earl POWELL. Designing for People. New York: Allworth Press, 2003. ISBN 1581153120.

THOMPSON, Rob. Product and Furniture Design (The Manufacturing Guides). 1. New York: Thames & Hudson, 2011. ISBN 0500289190.

KULA, Daniel, Elodie TERNAUX a Quentin HIRSINGER. Materiology: průvodce světem materiálů a technologií pro architekty a designéry. Praha: Happy Materials, c2012. ISBN 978-80-260-0538-4.

JUKANOVIĆ, Admir. Architectural Lighting Design. 1. Marlborough: The Crowood Press, 2018. ISBN 9781785004575.

TREGENZA, Peter. Design of Lighting. 2. Abingdon: Taylor & Francis, 2013. ISBN 0415522463.

Termín odevzdání bakalářské práce je stanoven časovým plánem akademického roku 2022/23

V Brně, dne

L. S.

prof. Ing. Martin Hartl, Ph.D.
ředitel ústavu

doc. Ing. Jiří Hlinka, Ph.D.
děkan fakulty

ABSTRAKT

Tato bakalářská práce se zabývá návrhem závěsného světla a jeho posouzením metodou LCA, s cílem minimalizace environmentálních dopadů při zachování estetických kvalit a vyhovění dílčím cílům. V rámci práce byla vypracována taxonomie a designérská i technická analýza, jejichž cílem bylo uspořádat poznatky jako podklad pro vývoj nového řešení. Všechny variantní návrhy byly posouzeny metodou LCA a na základě kritického zhodnocení byl zvolen jeden z konceptů. V další fázi byl tento koncept rozvinut a jeho materiálové varianty byly opět posouzeny metodou LCA. Finální návrh dává do souvislosti kombinaci technického a estetického pojetí závěsného osvětlení s udržitelným designem, významným trendem současnosti i budoucnosti.

KLÍČOVÁ SLOVA

závěsné světlo, průmyslový design, udržitelný design, koncept

ABSTRACT

This bachelor thesis deals with the design of a suspended light and its assessment using the LCA method to minimize the environmental impact, while maintaining the aesthetic qualities and meeting secondary goals. A taxonomy and a design and technical analysis were introduced to organize the findings, using them as a base for the development of a new design solution. All alternative concepts were assessed using the LCA method and one of them was selected based on the critical evaluation. This concept was subsequently optimized, and its material versions were again assessed by LCA method. The final design combines technical and aesthetic characteristics of suspended lighting with sustainable design, a significant trend of the present and the future.

KEYWORDS

suspended light, industrial design, sustainable design, concept

BIBLIOGRAFICKÁ CITACE

ŠPAČKOVÁ, Eliška. *Design závěsného světla* [online]. Brno, 2023 [cit. 2023-05-25]. Dostupné z: <https://www.vut.cz/studenti/zav-prace/detail/149847>. Bakalářská práce. Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství, Ústav konstruování. Vedoucí práce Richard Sovják.

PODĚKOVÁNÍ

Na tomto místě bych ráda poděkovala Ing. Richardu Sovjákovi, Ph.D. za cenné rady, připomínky a ochotný přístup při vedení mé bakalářské práce. Také děkuji své rodině a blízkým za veškerou podporu při studiu.

PROHLÁŠENÍ AUTORA O PŮVODNOSTI PRÁCE

Prohlašuji, že bakalářskou práci jsem vypracovala samostatně, pod odborným vedením Ing. Richarda Sovjáka, Ph.D. Současně prohlašuji, že všechny zdroje obrazových a textových informací, ze kterých jsem čerpala, jsou řádně citovány v seznamu použitých zdrojů.

.....

Podpis autora

OBSAH

1	ÚVOD	14
2	PŘEHLED SOUČASNÉHO STAVU POZNÁNÍ	15
2.1	Designérská analýza	15
2.1.1	Kov	15
2.1.2	Dřevo	17
2.1.3	Sklo	19
2.1.4	Papír	21
2.1.5	Textil	23
2.1.6	Beton	25
2.2	Technická analýza	27
2.2.1	Světlo	27
2.2.2	Teplota chromatičnosti	27
2.2.3	Umělé zdroje světla	28
2.2.4	Schéma a zapojení lampy	29
2.2.5	Taxonomie	30
2.2.6	Používané materiály	31
2.2.7	Spojování	33
2.2.8	Ovladače	33
2.3	Shrnutí designérské a technické analýzy	34
3	ANALÝZA PROBLÉMU A CÍL PRÁCE	35
3.1	Analýza problému	35
3.2	Analýza, interpretace a zhodnocení poznatků z rešerše	36
3.2.1	Zhodnocení designérské analýzy	36
3.2.2	Zhodnocení technické analýzy	37
3.3	Cíl práce	37
3.4	Cílová skupina	38
3.5	Základní parametry a legislativní omezení	38
3.5.1	Osvětlenost	38
3.5.2	Ekodesign	39
3.5.3	Metody hodnocení ekodesignu	40
3.6	Použité výrobní technologie, možný trh a cena	42
4	VARIANTNÍ STUDIE DESIGNU	43
4.1	Varianta I	43

4.1.1	Řešení z hlediska designu	43
4.1.2	Řešení z hlediska LCA	45
4.2	Varianta II	47
4.2.1	Řešení z hlediska designu	47
4.2.2	Řešení z hlediska LCA	49
4.3	Varianta III	50
4.3.1	Řešení z hlediska designu	50
4.3.2	Řešení z hlediska LCA	52
4.4	Zhodnocení variant metodou LCA	53
5	TVAROVÉ ŘEŠENÍ	55
6	KONSTRUKČNĚ TECHNOLOGICKÉ A ERGONOMICKÉ ŘEŠENÍ	58
6.1	Zhodnocení metodou LCA	58
6.1.1	Zhodnocení materiálových variant pomocí LCA	58
6.1.2	Návrh a posouzení obalu pomocí LCA	62
6.2	Popis	63
6.3	Rozměrové řešení	65
6.4	Vnitřní mechanismy a komponenty	66
6.5	Materiálové řešení	68
6.6	Technologie	69
6.7	Ergonomie	70
6.8	Bezpečnost a hygiena	71
6.9	Udržitelnost	72
7	BAREVNÉ A GRAFICKÉ ŘEŠENÍ	73
7.1	Barevné řešení	73
7.2	Grafické řešení	74
7.2.1	Název	74
7.2.2	Logotyp	74
8	DISKUZE	76
8.1	Psychologická funkce	76
8.2	Sociální funkce	76
8.3	Ekonomická funkce	77

8.4	Marketingová analýza	77
8.5	Cílová skupina	78
8.6	Cenová hladina	78
8.7	Zhodnocení LCA	78
8.7.1	Varianty I, II, III	78
8.7.2	Varianta III/1, III/2, III/3	79
8.7.3	Transport	80
8.7.4	Obal	80
9	ZÁVĚR	81
10	SEZNAM POUŽITÝCH ZDROJŮ	83
11	SEZNAM POUŽITÝCH ZKRATEK, SYMBOLŮ A VELIČIN	91
11.1	Seznam použitých zkratk	91
11.2	Seznam použitých jednotek	92
12	SEZNAM OBRÁZKŮ	93
13	SEZNAM TABULEK	95
14	SEZNAM PŘÍLOH	96

1 ÚVOD

Umělé osvětlení – ať už v interiéru nebo exteriéru – můžeme považovat za určitou formu náhrady přirozeného denního světla. Ačkoliv je denní světlo pro lidské zdraví v podstatě nenahraditelné, často je třeba využít umělého osvětlení, jelikož denní světlo není dostatečné nebo během dne kolísá. Umělého osvětlení užíváme v soukromých i veřejných prostorech, abychom člověku umožnili dobře se orientovat v prostoru, omezili potenciální riziko úrazu, zlepšili pracovní výkon a vytvořili příjemné prostředí pro práci i relaxaci. Vhodné osvětlení prostoru také do značné míry závisí na činnosti, která je zde vykonávána a jak vysoké nároky klade na zrakové ústrojí.

Na trhu najdeme velké množství různých typů osvětlení. Hojně používaná jsou například zápusťná stropní světla, stojací a stolní lampy, nástěnná světla nebo právě závěsná světla. Všechny tyto dílčí typy osvětlení se pak podílejí na dotvoření celkového osvětlení místnosti. To má vliv nejen na psychofyziologické funkce člověka, ale i to, jak na nás celý prostor působí. Řešení závěsného světla však nezůstává pouze u návrhu osvětlení. Velmi podstatný je například i výsledný estetický dojem, materiálové řešení a s ním spojené použité výrobní technologie.

Jelikož se trh snaží vyhovět požadavkům dnešní konzumní společnosti, v kategorii závěsného osvětlení nalezneme opravdu širokou škálu zástupců. Na tento fakt odpovídají výrobci a designéři snahou odlišit se od konkurence ať už tvarováním, volbou materiálu, nebo doplňkovými funkcemi.

S postupujícími klimatickými změnami, vyčerpáváním neobnovitelných zdrojů, hromaděním odpadu a rostoucímu znečištění je však třeba začít nějakým způsobem reagovat. V rámci této práce se bude řešit závěsné světlo z hlediska udržitelnosti, potenciálu k recyklaci a snahy o snížení negativních dopadů výrobku, tedy principů ekodesignu. Pomocí metody LCA můžeme hodnotit právě environmentální dopady výrobku, a to v celém jeho životním cyklu.

2 PŘEHLED SOUČASNÉHO STAVU POZNÁNÍ

2.1 Designérská analýza

Stropní závěsné osvětlení je velmi široce zastoupená oblast osvětlení, hojně řešená designéry i výrobci. Pro účely rešerše bylo proto vhodnější výběr lamp nějakým způsobem kategorizovat pro lepší přehlednost. Nabízelo se zde provést členění podle materiálu, což usnadňuje vytvořit si obecnou představu o používaných materiálech pro kontext udržitelnosti a environmentálních dopadů. Výsledná analýza závěsného osvětlení je tedy rozdělena zejména podle převažujícího materiálu krytu.

2.1.1 Kov

PH Artichoke



Obr. 2-1 Lampa PH Artichoke [1]

PH Artichoke (viz Obr. 2-1) je ikonická závěsná lampa od dánského architekta a designera Poula Henningsena, navržená roku 1958 pro restauraci Langelinie Pavilion v Kodani. Paul Henningsen úzce spolupracoval se společností Louis Poulsen, která dodnes tuto lampu nabízí ve svém sortimentu. Venkovní plášť lampy sestává z velkého množství tenkých segmentů, jejichž vrstvením vzniká objem připomínající artyčok. Hlavním důvodem pro jejich uspořádání je přitom záměr skrýt zdroj světla ze všech úhlů a zároveň umožnit, aby se světlo přirozeně rozptýlilo po místnosti. [1]

Zdroj světla je uložený pod krytem sestávajícím ze 72 segmentů, umístěných po 6, ve 12 řadách. Celá tato konstrukce je zavěšena pomocí tří lanek ke stropu. Elektřina je přivedena pomocí klasického textilního kabelu. [1]

Barevné řešení svítidla se ve značné míře odvíjí od materiálového řešení a těch již existuje dlouhá řada. V současnosti se kryt vyrábí například z mosazi, pískovaného skla nebo korozivzdorné oceli. Originál měl plátky z měděného plechu a rám z chromované ocele. Zvolený materiál plynule reaguje na tvarové řešení lampy. Díky kovovému lesku odráží světlo a do jisté míry i zrcadlí okolní prostředí. Kovové plátky krytu také pro rozdílné natočení ukazují měď v jiných barevných odstínech a na každém plátku vlastně vzniká barevný gradient. Pro svůj exkluzivní, nadčasový a elegantní design se lampa hodí jak do restaurací a menších veřejných prostor, tak i do obývacích pokojů a jídelen. [1]

IKEA PS 2014



Obr. 2-2 Lampa IKEA PS 2014 [2]

Lampa (viz Obr. 2-2) byla navržena pro švédský obchodní řetězec IKEA jejich designerem Davidem Wahlem. Jak je znát už na první pohled, v návrhu se nechal inspirovat sci-fi kinematografií a videohrami. Design je cíleně futuristický, reaguje na potřebu hravosti a proměnlivosti, umožňuje člověku interagovat s lampou a měnit ji podle libosti. V roce 2015 lampa získala čestné uznání prestižní designerské soutěže Red Dot Award. [2]

V základní podobě je lampa jen zavěšenou koulí, která je jako trojrozměrná skládačka složená z mnoha částí. V uzavřené podobě světlo proniká ze středu koule ven jen úzkými štěrbinami mezi jednotlivými díly. Při zatažení za šňůrku se od sebe dílky oddělí a lampa se transformuje, čímž se zároveň zvyšuje i intenzita osvětlení. Toto řešení napovídá, že je lampa určena do soukromých prostor, jako například jídelny, ložnice nebo obývacího pokoje.

V současné době se prodávají dvě varianty. Obě mají kabel sestávající z polyetylenového plastu, polypropylenovou stropní krytku, pokovená ramena a konzolu z polyamidu a pokovené čepele z ABS plastu. Samotná koule je pak zvenčí opatřena bílým lakem a zevnitř pokovená. Jediným rozdílem je, že u první varianty se používá pomědění a u druhé varianty pochromování. V návaznosti na tento rozdíl má první varianta osvětlení teplého odstínu a druhá varianta naopak chladného. [3]

2.1.2 Dřevo

Illan



Obr. 2-3 Lampa Illan [4]

Illan (viz Obr. 2-3) je lampa navržená designérkou Zsuzsannou Horvath pro italskou společnost Luceplan, zaměřující se na výrobu světel. V roce 2019 získala ocenění Red Dot: Best of the Best za propojení estetického zpracování, inovativní technologie výroby a použitého materiálu. [4]

Ve své podstatě je stínítko lampy velmi jednoduché. Jedná se o tenký kruh z březové překližky, do kterého jsou laserem vyřezány neúplné kružnice se stále se zmenšujícím poloměrem. V části, kde jsou kružnice přerušeny, je umístěn zdroj světla, LED žárovka. Na jejich koncích je světlo dvěma drátky zavěšeno ke stropu. Výsledného objemu stínítko dosahuje až působením gravitace při zavěšení. Díky svému provedení a lehkosti stínítko reaguje na každý závan větru v místnosti tím, že se začne vlnit, čímž zároveň dochází k zajímavé hře světla a stínů. To, jak s lehkostí interaguje s prostředím, pak ještě podtrhuje organické tvarování lampy. [5]

Při návrhu a výrobě této lampy je zjevně kladen důraz na environmentální šetrnost zpracování. Celá lampa je složena jen z naprostého minima částí, je využito dřeva a energeticky šetrné LED žárovky. Stínítko je jen z jednoho kusu překližky, který se navíc dodává v nerozložené podobě jako kruh, takže se i omezí velikost balení při přepravě. [5]

Slice



Obr. 2-4 Lampa Slice [6]

Navržená Miguelem Soeirou pro portugalské studio Porventura, Slice (Obr. 2-4) je lampa minimalistického designu o strohých, čistě definovaných liniích. Jako solitér by pro svůj malý rozměr byla vhodná například do menších interiérových prostor, modulárně by bylo možné ji využít například i v restauracích, vinárnách nebo barech, což nám tematicky navazuje na použití korku. [6]

Základním tělesem, ze kterého Slice vychází, je válec. Zevnitř válce byla odebrána hmota, čímž se vytvořil prostor pro umístění světelného zdroje. Vrchní část tělesa byla pak z obou stran stejnoměrně oříznuta podél dvou ozrcadlených konvexních křivek. Tím na vzniklém objemu dochází k zajímavému efektu, kdy se ostrost stínu projevuje v závislosti na úhlu hrany přechodu.

Lampa je zavěšena na prostém, černém textilním kabelu. Tělo lampy je vyrobeno z přírodního aglomerovaného korku, který se získává z kůry dubu korkového. Právě Portugalsko je proslavené produkcí a vývozem korku, což této lampě dodává zajímavý nacionální kontext. Korek je nebarvený a jeho osobitý charakter a struktura propůjčují minimalistickému designu dojem originality. [6]

2.1.3 Sklo

Breath of light



Obr. 2-5 Světelná instalace Breath of light [7]

Breath of Light (viz Obr. 2-5) byl poprvé předveden na Milan Design Weeku 2018 jako interaktivní světelná instalace. Ve čtyřech různých místech byly umístěny speciální receptory, do kterých mohli návštěvníci Design Weeku fouknout a jednotlivé baňky se rozsvěcely podle síly, směru a délky jejich výdechu. Breath of Light byl navržen pro společnost PRECIOSA Lighting Michaelem Vasku a Andreasem Klugem. Doposud vyhrál ocenění Red Dot: Best of the Best a German Design Award. [7] [8]

Světelná instalace se skládá z 1 200 křišťálových baněk vyrobených v České republice mistry sklenáři. Každá baňka je na lanku zavěšena v různé výšce a opatřena vlastním zdrojem světla. Breath of Light patří mezi jeden z designerských konceptů PRECIOSY, kdy je zákazníkovi umožněno vybrat si tento koncept a přizpůsobit si ho pro svoje potřeby například v rámci počtu baněk, barev, materiálů nebo zdroje světla. [7] [9]

Celkově tato instalace působí velmi jedinečně a mimořádně a stejné kvality budou mít i prostory, v nichž by byla umístěna. Každá baňka je svým způsobem unikátní a ve zdánlivě náhodném seskupení vypadají velmi křehce a zároveň dynamicky, jako poletující mýdlové bubliny zastavené v čase.

Boya



Obr. 2-6 Lampa Boya [10]

Polské studio KABO & PYDO, které stojí za návrhem Boya (viz Obr. 2-6), za toto závěsné osvětlení v roce 2021 získalo ocenění Red Dot. Ve své podstatě tento design umožňuje zákazníkovi, aby si kompozici jednoduše upravil podle své potřeby a vkusu. Je možné zakoupit pouze jednu lampu, nebo hned celou instalaci. [10]

Světelným zdrojem je trubice umístěná v protáhlé skleněné baňce, foukané uměleckými sklenáři. Ta je pak pomocí kovových prvků připevněna ke kabelům, což jsou vlastně plastové trubky opletené černým textilem. Instalace je ke stropu připevněna v hlavním kotevním bodě a každá baňka má dva další vlastní kotevní body. Tím, že jsou kabely volně pohyblivé a také díky náhodnému naklonění skleněných baněk, je celá instalace oproštěna od statického charakteru a v interiéru bude sloužit jako fascinující středobod celé místnosti. [10]

Světlo, které lampa vydává, je měkké, rozptýlené a atmosférické, výborně se hodí k ladnosti a nonšalanci celé kompozice. Teplota a odstín světla bude do jisté míry záviset na volbě barvy skleněného krytu. Stejně tak lze i ke zvolenému zabarvení skla vybrat i ladící barvu kabelů. [10]

2.1.4 Papír

Sun



Obr. 2-7 Lampa Sun [11]

Sun (Obr. 2-7) je lampa navržená designéry ze studia Greypants a je jednou z tvarových variant, které studio nabízí. Jelikož je v současnosti stále důležitější zabývat se otázkou environmentality, trend udržitelnosti se pochopitelně promítá i do výroby osvětlení, na což se právě studio Greypants zaměřuje. Kromě základního krytu u lampy Sun, dodávají i lampy s kryty stejného tvaru, jen o rozdílných průměrech, takže je lampy možné kombinovat a využít ve větší skupině. [11]

Na lampě Sun není nejzajímavější její tvar, ale především materiál, jeho vlastnosti a charakter, který se silně promítá do výsledného designu. Tvarově je tedy stínítko vcelku minimalistické, jedná se o kouli, která je ve spodní části seříznutá. Světlo skrz stěny však proniká díky klasickému profilu kartonu, čímž se zároveň rovnoměrně rozptyluje po místnosti.

Na zavěšení světla je použitý kabel s nastavitelnou délkou, aby bylo možné zvolit výšku zavěšení. Jako zdroj světla slouží LED žárovka, materiálem krytu je recyklovaný karton. Na řezání kartonu používají výrobci laser a všechny jednotlivé díly potom lepí pomocí netoxického lepidla. Kryt napouštějí netoxickým zpomalovačem hoření, pro větší bezpečnost uživatelů. [11] [12]

Ni-Ni



Obr. 2-8 Lampa Ni-Ni [13]

Lampa Ni-Ni (Obr. 2-8) byla navržena v londýnském studiu Clar. To se zaměřuje na design osvětlení, při čemž se snaží v celém procesu designu a výroby minimalizovat svoji ekologickou stopu. Ni-Ni zaujme právě díky propojení neobvyklého materiálu a designu, který mu dává možnost vyniknout a ukázat svoje kvality. Kryt samotný lze nasadit dvěma způsoby, užším koncem nahoru, nebo dolů. (V jednom případě je silnější její podobnost s květinou, ve druhé výrazněji vystupuje tvar diamantu.) Tohoto provedení se přímo nabízí využít v sérii, pro komplikovanější členění krytu by však bylo třeba lampy vhodně rozmístit, aby měl design šanci vyniknout. [14] [13]

Lampa je zavěšena na opleteném kabelu a jako zdroj světla je doporučena nízkoenergetická LED žárovka. Na první pohled by se mohlo zdát, že se u krytu jedná o origami, ale ve skutečnosti je použito vhodně nastřižených a stočených kusů speciálního kartonu, které pohromadě drží díky několika spojům. [13]

Zajímavého efektu, který dává stínítku dojem origami skládky, je dosaženo při rozsvícení LED žárovky. Jelikož je materiál průsvitný, můžeme pozorovat jednotlivé vrstvy, jak se přes sebe promítají a dotváří výsledný vzhled. Materiálem stínítka je italská pergamenata, typ průsvitného kartonu. K fixaci kartonu byl použit přírodní škrob. [13]

2.1.5 Textil

Wave



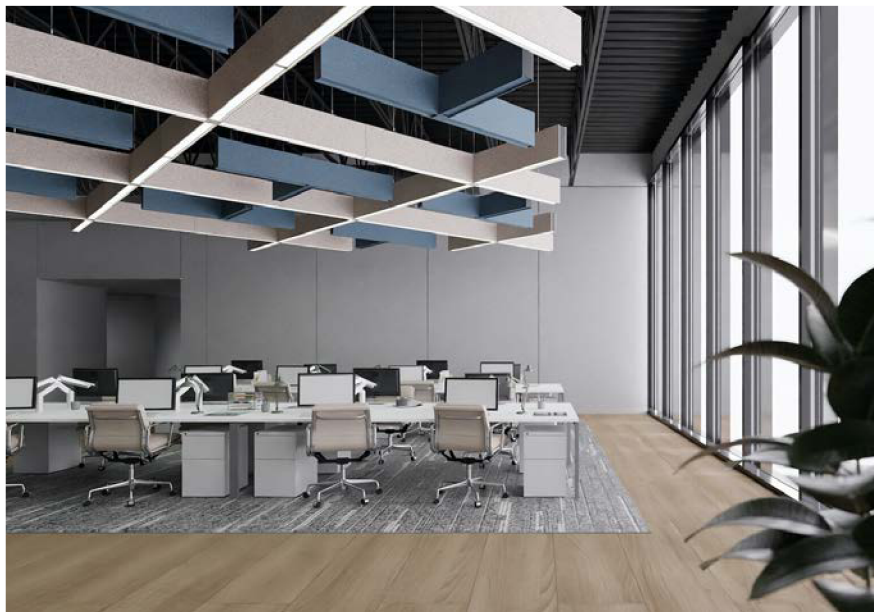
Obr. 2-9 Lampa Wave [15]

Wave (Obr. 2-9) je unikátní návrh od německé firmy HEY-SIGN, který je nabízen k prodeji buď jako samostatný stropní objekt s výbornými zvukově izolačními vlastnostmi, nebo v kombinaci s osvětlením jako zavěšená stropní lampa. Jako akustický modul tento design vyhrál IF AWARD 2021. Lampu je možno použít samostatně, nebo v omezeném měřítku i modulárně. [16]

Na první pohled je základním objemem krytu Wave válec s podstavou tvořenou mezikružím. Ve skutečnosti se jedná o několik kusů látky, pečlivě nařazených do požadovaného tvaru. Tento námět nám může evokovat krajkové okruží oblíbené za renesance (typicky například v Nizozemí), avšak zde je námět aplikován vertikálně, nikoli horizontálně. Ačkoliv je tedy použita tenká textilie, objem krytu působí poměrně mohutně. Je to však právě díky množství textilie a členitosti povrchu – v kombinaci s použitým materiálem –, proč dokáže kryt působit protihlukově. Zdroj světla je pak umístěn v disku s podstavou válce, který je připevněný třemi nožkami ke krytu. Celá lampa je zavěšena u stropu pomocí tří ocelových lanek nastavitelné délky. [15]

Nejzajímavější charakteristikou této lampy je materiál krytu. Jedná se o filc ze stoprocentní ovčí vlny. Jde tedy o velmi environmentálně šetrný a udržitelný materiál, bez jakýchkoli chemických aditiv. Co se týče barevnosti, jsou kryty dostupné až v 45 různých odstínech barev. [17]

Acoustic Static Links



Obr. 2-10 Modulární systém Acoustic Static Links [18]

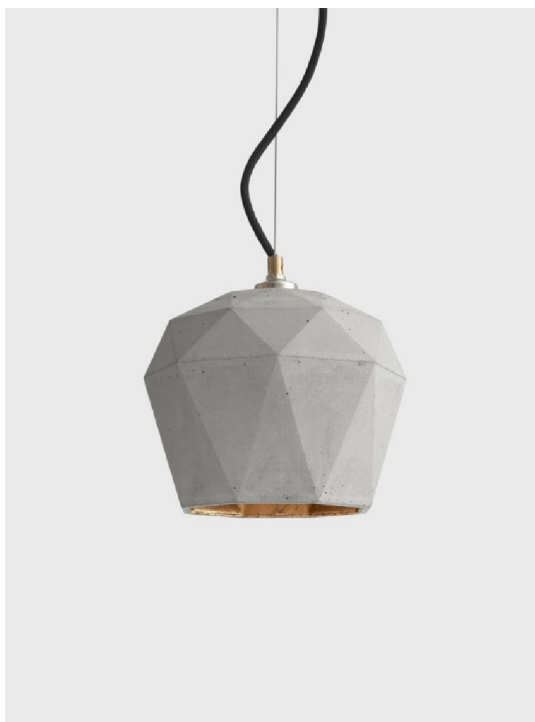
Acoustic Static Links (Obr. 2-10) od společnosti 3form je unikátní ve více směrech. Jedná se totiž o modulární systém osvětlení propojený s vlastnostmi akustických panelů. Díky modulovému systému a zvukově izolačním vlastnostem je tato světelná instalace ideální například do kanceláří typu open space, nebo jiných kancelářských prostor. Současně je však možné zakoupit jen jeden z prvků modulu a použít jej například v soukromých prostorách. [18]

Základem systému jsou 4 prvky – moduly ve tvaru písmen X, Y, L a T. Každý prvek je pak založený čistě na tvaru písmene, extrudovaného do požadované výšky. Co se týče vzhledu jednotlivých prvků, není design nijak zvlášť inovativní. Moduly je ovšem možné kombinovat a uspořádat nespočtým množstvím způsobů, což nabízí kreativnější řešení do velkých, otevřených kanceláří. Společnost 3form nabízí zákazníkovi různé konfigurace od motivu plástve po čtvercový rastr, ale zároveň si zákazník může navrhnout i vlastní uspořádání, nebo jeden z modulů koupit jako samostatné světlo. [18]

Každý z modulů je zavěšený na několika ocelových lankách, elektřina je přivedena pomocí kabelu. Zdrojem světla je LED pásek, který kopíruje tvar půdorysu prvku. LED pásek je možné umístit z vrchní i spodní části modulu, v závislosti na požadovaném způsobu osvětlení. Modul jako takový má stěny vyrobeny z dřevotřísky, přičemž výrobce nabízí i různá barevná provedení. Dřevo je barveno za použití práškového lakování. Boční stěny o větších plošných rozměrech jsou nadto polepeny filcem, který je z 50 % tvořený recyklovaným PET. Filc je použit pro jeho vlastnost pohlcování zvuku. [18]

2.1.6 Beton

T3



Obr. 2-11 Lampa T3 [19]

Stefan Gant, zakladatel berlínského studia GANTlights, je architekt a designér, který se v současnosti zaměřuje na navrhování osvětlení, přičemž často využívá méně obvyklých materiálů. Tato lampa s názvem T3 (Obr. 2-11) je jednou z jeho betonových lamp. Zákazník si ji může koupit jako jeden kus – jestliže je jeho záměrem, aby poutala více pozornosti – nebo v sérii, kdy se bude dobře vyjímat například nad kuchyňským ostrůvkem či barovým pultem. [20]

Ačkoli je lampa v podstatě minimalistická, díky značnému množství hran současně působí hrubě a dynamicky. Celý vnější plášť krytu je rozčleněn na trojúhelníky, čímž nám může evokovat tzv. low poly art, umění založené na polygonové síti. Kryt je zavěšený na lanku a elektřina je dovedena opleteným černým kabelem.

Na této lampě nás může zaujmout způsob, jakým designér intuitivně propojil tvar a materiál. Kryt byl vytvořen ze světle šedého betonu, litím do formy a díky tomu si zachovává lehce surový vzhled. Další barevnost byla řešena jen ve formě kontrastního detailu, kdy je vnitřní část krytu vymalována zlatou, stříbrnou, nebo měděnou barvou. [19]

Split



Obr. 2-12 Lampa Split [21]

Split (Obr. 2-12) je lampa od izraelského návrháře Dror Kaspiho pro jím založené studio Ardoma. Ačkoliv není lampa díky svému rozměru a barevnosti příliš nápadná, pokud by se využila modulárně – zavěšená v sérii po více kusech – pak by vynikla například nad kuchyňským stolem, nebo nad barem. Vhodná by byla také do menších veřejných podniků, například restaurací a čajoven. [21]

Lampa je ukotvená na černém textilním kabelu a jako zdroj světla je použita LED žárovka. Světlo, které vydává je spíše měkké a atmosférické, vhodnější pro odpočinek a relaxaci, ne tolik pro práci. Základním tvarem stínítka je vysoký, štíhlý válec. Ten byl rozpůlen podélným řezem a obě spodní poloviny byly jako kdyby násilím odtlačeny od sebe až odhalily část žárovky ukryté uvnitř. [21]

Tvarově je objem jemný a odlehčený, což zajímavě kontrastuje se zvoleným materiálem, jímž je beton, který si spojujeme spíše se strohostí a tvrdostí. Ve vrchní části jsou obě půlky tělesa zakryty kovovým válcem zlaté barvy. Ve spojení s teplým odstínem světla se jedná o zajímavý detail. [21]

2.2 Technická analýza

Jelikož nevhodně zvoleným osvětlením může být vyvolaná zraková únava, optimální světelné podmínky se musí definovat podle druhu vykonávané činnosti. Je tedy třeba uspokojit základní lidské potřeby a umožnit člověku zrakovou pohodu, aby se cítil dobře a byl produktivní, poskytnout optimální prostředí pro zrakový výkon i v obtížných podmínkách a zajistit bezpečnost. [22]

2.2.1 Světlo

Světlo je elektromagnetické záření, které je lidskému oku viditelné, jedná se o záření v rozmezí vlnové délky od 380 nm po 750 nm. Při kontaktu světla s lidskou pokožkou a očima dochází v člověku k fyziologickým a psychickým reakcím. K těmto efektům patří například ovlivnitelnost člověka barevností záření, tedy rozdílné reakce na osvětlení o teplých, nebo studených odstínech, které mají dopad na jeho aktivitu a odpočinek. [23]

2.2.2 Teplota chromatičnosti

Teplotou chromatičnosti (uvádí se v kelvinech) se označuje teplota barvy světla, kterou vyzařuje světelný zdroj (viz Obr. 2-13). Podle účinků, které má teplota chromatičnosti na lidský organismus, volíme vhodný zdroj světla do příslušných interiérových prostor. [24]

Denní světlo můžeme označit jako přirozené bílé světlo. Jelikož je velmi neutrální, nezabarvuje místnost a nábytek do určitého odstínu. Využívá se například v galeriích nebo obchodech. Modré světlo (často se používá spíše chladné bílé světlo) naopak zabarvuje okolí do modravého odstínu a v člověku potlačuje únavu a burcuje tělo k aktivitě. Z toho důvodu se využívá v kancelářských prostorech, výrobních halách nebo například nemocnicích. Teplé světlo (většinou teplé bílé světlo) má naopak nádech do žluta a navozuje domácí atmosféru. Je vhodné do prostředí určeného k relaxaci, například do ložnice, obývacího pokoje a z veřejných prostor například do cukráren a kaváren. [24] [25]



Obr. 2-13 Teplota chromatičnosti [25]

2.2.3 Umělé zdroje světla

Žárovky

V rámci snahy Evropské unie o snižování spotřeby elektrické energie a s ohledem na nízkou účinnost klasických wolframových žárovek, byly postupně staženy z trhu. Později následovalo i stažení halogenových žárovek. [26]

Výbojky

Výbojka je tvořena skleněnou trubicí, naplněnou parami různých plynů. Podle tlaku v trubici můžeme výbojky dělit na nízkotlaké a vysokotlaké. Vyzařuje světlo díky probíhajícímu doutnavému výboji, jehož záření prochází přes stěny baňky, které jsou buď čiré, nebo opatřené vrstvou luminoforu. Vysokotlaké sodíkové výbojky vyžadují předřadné obvody a těmi může být elektronický předřadník, nebo startér s tlumivkou. [27] [28]

Zářivky

Zářivka (viz Obr. 2-14) je vlastně typem nízkotlaké výbojky, funguje tedy na podobném principu. Zářivku tvoří skleněná baňka, nebo trubice, která je naplněna parami rtuti. K vyzařování světla v zářivce dochází vznikem doutnavého výboje, který září v ultrafialové oblasti světelného záření. Jelikož je toto záření neviditelné okem, stěny baňky jsou pokryty luminoforem, který přeměňuje ultrafialové záření na světlo. Zapojení na síťové napětí 230 V nestačí k zapálení výboje, proto jsou zapotřebí předřadné obvody. To je například startér, který nažhaví elektrody a způsobí, že v trubici započne výboj. Součástí zářivky je také tlumivka (cívka), která slouží jako rezistor. [29] [30]



Obr. 2-14 Schéma zářivky, upraveno podle [30]

LED technologie

LED technologie je založena na jevu zvaném elektroluminiscence, proto se v češtině LED také nazývá elektroluminiscenční dioda. LED je elektronická součástka pracující s principem PN přechodu – přechodu elektronů z jednoho typu polovodiče na druhý typ polovodiče. Přes polovodič (čip) tedy prochází elektrický proud a při průchodu se uvolňuje energie ve formě fotonů, a tak se dioda rozsvítí. [31]

Elektrický proud je propouštěn jedním směrem. V závěrném směru proud neprochází. V propustném směru začíná dioda svítit poté, co je dosaženo prahového napětí, na kterém začíná probíhat PN přechod. K trvalému poškození diody dochází v případě, když se napětí zvýší nad povolenou mez. Aby k tomu nedošlo, je třeba mít LED zdroj opatřený předřadným rezistorem, nebo obvodem, který diodou bliká. [31]

Kvalita a vlastnosti světla jsou do značné míry ovlivněny strukturou a provedením čipu, použitými materiály a použitým gelem pro LED čip. Jednou z mnoha výhod LED technologie je i variabilita v aplikaci. Dostupné jsou například LED žárovky (viz Obr. 2-15), LED trubice, nebo LED pásy. [32]

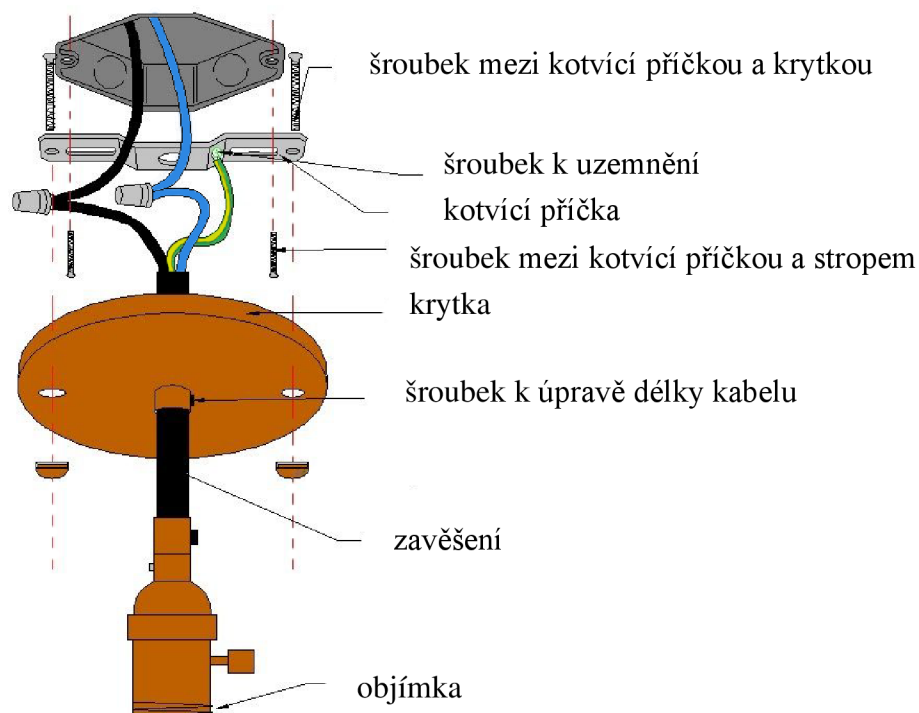


Obr. 2-15 Schéma LED žárovky, upraveno podle [33]

2.2.4 Schéma a zapojení lampy

U klasického závěsného světla se předpokládá, že po prvotní montáži uživatel přijde s lampou do styku pouze při údržbě, především v rámci čištění krytu, případně výměny umělého zdroje světla. Jelikož se však jedná o elektrický spotřebič, je třeba, aby byla montáž provedena správně a uživateli při údržbě nehrozilo nebezpečí.

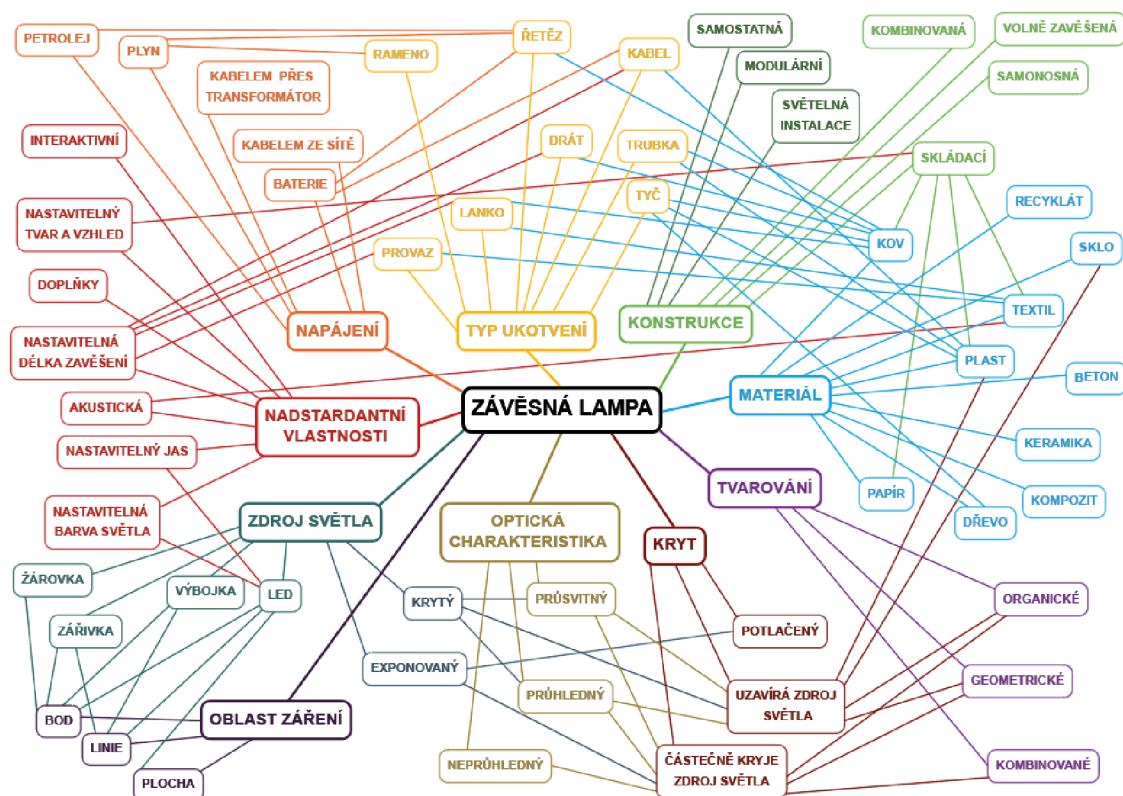
Svítlidlo (schematicky viz Obr. 2-16) bývá většinou připojeno třemi vodiči, pro které se používá specifického barevného značení. Pro fázový vodič se používá barva černá nebo hnědá a pro vodič nulový se používá modrá. Žlutozelený vodič pak slouží k uzemnění, jako ochrana před úrazem elektrickým proudem, a u některých lamp chybí. Jednotlivé kabely jsou k sobě většinou připojeny pomocí svorkovnice. Všechny vodiče jsou spolu s kotvením schovány pod krytkou, mimo dosah uživatele. [34] [35]



Obr. 2-16 Schéma částí závěsného světla, upraveno podle [34]

2.2.5 Taxonomie

Záměrem taxonomie vypracované v rámci této práce (viz Obr. 2-17) bylo roztřídit a kategorizovat stav výrobků na trhu, definovat zjevné vazby, utřídit si poznatky získané při psaní rešerše a usnadnit si následovně definování cílů při návrhu vlastního závěsného svítidla. Za tímto účelem byly pro závěsné svítidlo stanoveny základní kategorie třídění podle typu konstrukce, materiálu, tvarování, krytu, optické charakteristiky krytu, zdroje světla, oblasti záření, napájení, typu ukotvení a nadstandardních vlastností.



Obr. 2-17 Taxonomie závěsného osvětlení

2.2.6 Používané materiály

V rámci vytvoření taxonomie závěsných světel byly materiály rozčleněny do následujících kategorií. Ačkoliv bychom některé materiály běžně kategorizovali jiným způsobem (například beton bychom řadili do kompozitních materiálů) pro účely této práce bylo vhodnější vytvořit samostatné kategorie a ty pak blíže specifikovat, což bylo provedeno následujícím způsobem:

Kov

- železo, slitiny železa a neželezné kovy a slitiny,
- u osvětlení převážně na výrobu konstrukčních prvků,
- typicky tvárné, lesklé, houževnaté, tepelně roztavné,
- přidáním různých chemických prvků lze podstatně měnit mechanické vlastnosti,
- většina kovů je recyklovatelná, některé jsou toxické pro životní prostředí. [36]

Dřevo

- nehomogenní, pevné, snadno obrobitelné, pohlcuje vlhkost, anizotropní,
- různorodost mechanických vlastností je vyšší u dřeva než u materiálů na bázi dřeva,
- obnovitelný přírodní zdroj – vysoký potenciál pro použití v budoucnosti,
- na bázi dřeva: překližka, OSB deska, dřevotřísková deska, sendvičový panel... [37]

Sklo

- propustnost světla, tvrdé, křehké, homogenní,
- základem pro výrobu: sklářský písek, soda, potaš, skleněné střepy (recyklace použitého skla),
- přídavné látky na obarvení, odbarvení, zbavení bublinek, zakalení atp.,
- výroba je energeticky náročná (vysoké tavné teploty). [38] [39]

Papír

- vlastnosti ovlivněny použitými surovinami, způsobem zpracování a přidanými látkami, směrem vláken, gramáží, tloušťkou,
- výroba buničiny (základu pro výrobu papíru) ze dřeva, nebo jiných rostlin,
- posuzují se vlastnosti jako: schopnost absorbovat vodu, pevnost, reflektivita, lesk, průsvitnost,
- lze recyklovat jen několikrát – s každou recyklací upadá kvalita vláken. [40] [41]

Beton

- odolný, pevný, dobrá zpracovatelnost a tvarovatelnost,
- směs cementu (pojiva), kameniva /šterku/drtě (plniva), přidaných látek a vody,
- betonový recyklát je možno využít jako náhrada šterkopísků a šterkodrtí nebo k výrobě nového betonu nižší třídy. [42] [43]

Plast

- termoplasty, reaktoplasty, elastomery,
- vlastnosti jsou ovlivněny jejich chemickou a fyzikální strukturou, výrobním procesem,
- nízká hustota, dobrá odolnost vůči korozi a chemikáliím, dobrá zpracovatelnost,
- recyklace se odvíjí od druhu plastu – před recyklací je třeba roztřídit, často vede k degradaci vlastností. [44] [45]

Keramika

- heterogenní polykrystalické látky z anorganických nekovových surovin,
- často na bázi sloučenin křemíku (silikáty),
- výroba převážně slinováním směsí za vysoké teploty (energetická náročnost). [46]

Kompozity

- kombinace dvou či více materiálů, lišících se tvarem nebo složením, jednotlivé fáze se nerozpouštějí, zůstávají ohraničené,
- výztuž a matrice,
- platí synergický efekt – výsledný materiál má vlastnosti, které nemají ani jednotlivé složky samostatně, ani jejich přímý součet. [47]

2.2.7 Spojování

Spojování je výrobní proces, který bude nutno při designu závěsného svítidla použít, jelikož většina závěsných svítidel sestává z více částí, které se často liší nejen tvarem, ale i použitým materiálem. Podle způsobů rozebírání spoje dělíme spoje následujícím způsobem:

Rozebíratelné spoje

- šroubové,
- kolíkové,
- klínové,
- čepové,
- perové. [48]

Nerozebíratelné spoje

- nýtované,
- svarové,
- pájené,
- lepené,
- tlakové. [49]

2.2.8 Ovladače

Pokud se právě nejedná o závěsné světlo na čidlo pohybu, je třeba osvětlení v místnosti určitým způsobem kontrolovat. K tomu může v moderní době docházet i prostřednictvím sdělovačů, například mobilních telefonů nebo tabletů. To se často týká světel s nadstandartními vlastnostmi, např. nastavitelnou barvou světla, jasem, nebo světla s doplňky (ventilátorem, reproduktorem...), kdy může uživatel ovládat světlo prostřednictvím aplikace.

Některé druhy závěsných světel (typicky určené pro použití v domácnosti) mohou mít mechanické ovládání pomocí volně spuštěného řetízku. Pak je třeba pamatovat na to, aby byl řetízek dobře přístupný a ve vhodné výšce.

Další ovladače můžeme rozdělit na nástěnné, nebo dálkové. Některé komplexnější nástěnné ovladače mohou být dotykové, mít obrazovku, nebo nastavitelný časovač. Klasické ovladače pak můžeme najít v různých formách, např. s překlopným vypínačem, překlopným spínačem, otočné, tlačítkové, nebo různě kombinované. U nástěnných ovladačů je podstatné umístit ovladač na vhodné, dobře dostupné místo. Dálkové ovladače většinou slouží k ovládání světel s nadstandartními vlastnostmi, nebo ovládání více zón. Existují i ovladače (viz Obr. 2-18), které jsou kombinací nástěnných a dálkových. [50]



Obr. 2-18 Philips Hue Tap dial switch [51]

2.3 Shrnutí designérské a technické analýzy

Z aktuálních poznatků je možné usoudit, že představa závěsného světla, které by mělo zajistit celkové osvětlení místnosti, je postupně opouštěna. Celkové osvětlení v místnosti je často tvořeno více typy osvětlení. Čím dál více se preferuje vícebodové osvětlení tvořené například zápusnými stropními světly. Doplňkově se používají například stojací a stolní lampy, nebo podsvícení hran a výklenků. Stropní závěsná světla tedy namísto primárního zdroje světla bývají používány na dotvoření celkového osvětlení v místnosti a vytvoření dobrého estetického dojmu. Častěji taky vidíme snahu o větší variabilitu z hlediska doplňkových funkcí lampy, nebo o interaktivitu. Zároveň je pro výrobce i uživatele výhodné, pokud lampa umožňuje modularitu či použití v sérii. Přetrvávajícím trendem je také dynamický výraz a minimalistické tvarování.

Dalším podstatným novodobým trendem je vyšší uvědomění si dopadů výrobků na životní prostředí. To se týká například nahrazování jiných umělých zdrojů úspornějšími LED žárovkami a zavádění přísnějších regulací. V budoucnu, s ubývajícím neobnovitelnými zdroji, můžeme předpokládat, že bude společnost čím dál více nucena zavádět recyklované materiály zpět do výrobního řetězce. Bude se omezovat použití primárních zdrojů, třeba i v rámci snížení hmotnosti výrobku na úkor mechanických vlastností. Používání recyklátů ve výrobě u výrobků způsobí změnu mechanických vlastností, proto bude pravděpodobně u některých výrobků nutno změnit jejich formu. Kvůli poměrně náročné recyklaci kompozitních materiálů se budou preferovat jedno-druhové materiály s dobrým potenciálem k recyklaci a bude se omezovat množství spojovacího materiálu. Nejspíše budou také zavedena opatření, aby byli na trhu upřednostňováni lokální výrobci, využívající lokálních materiálů.

3 ANALÝZA PROBLÉMU A CÍL PRÁCE

V této části bakalářské práce se budeme zabývat analýzou problematiky závěsného osvětlení. Návrh osvětlení je třeba řešit s ohledem na člověka, jeho potřeby a psychické i fyzické pohodlí. Vzhledem k široké škále výrobků na trhu, je dostupné množství zdrojů, kterými se můžeme inspirovat a na kterých můžeme hledat prostor pro zlepšení.

3.1 Analýza problému

Na umělé osvětlení v interiéru je kladeno množství požadavků, aby bylo výsledné osvětlení v místnosti pro člověka co nejpříznivější. Základním předpokladem pro volbu umělého osvětlení je určení činností, které se budou v osvětlovaném prostoru provádět. Výsledná volba osvětlení by pak měla zajišťovat, že je osvětlení vyhovující pro všechny zrakové úkony prováděné v daném prostoru. Osvětlení má také značný vliv na to, jakým způsobem člověk vnímá svoje prostředí. Vzhled vnitřního prostoru lze značně vylepšit, když zajistíme, že je správně osvětlen a tím může člověk zřetelně vnímat prvky interiéru, jejich tvar a texturu. [22]

Osvětlení by mělo být navrženo s ohledem na tato kritéria:

- osvětlenost v návaznosti na druh práce,
- jas a rozložení jasu,
- směr osvětlení a z toho plynoucí stínivost,
- omezení přílišného oslnění oka,
- teplota chromatičnosti světla a podání barev,
- variabilita, možnost regulovat výsledné osvětlení,
- míhání světla. [22]

3.2 Analýza, interpretace a zhodnocení poznatků z rešerše

3.2.1 Zhodnocení designérské analýzy

Nabídka závěsných lamp na trhu je velice obsáhlá a rozmanitá. Tento stav je dán například poptávkou – tím, že existuje velké množství cílových skupin, nebo že je značné množství lamp, které jsou určeny pouze do specifického interiéru. Současně je pro návrh a výrobu lampy možno využít širokou škálu materiálů a technologií výroby, takže zde designéři stále ještě nacházejí prostor pro uplatnění svých vizí.

Lampa v interiéru plní důležitou funkci nejen z hlediska osvětlení, ale i estetiky. Při návrhu lampy se někdy obtížně hledá soulad mezi záměrem naplnit primární funkce lampy a tvorbou esteticky příjemného prvku. Příkladem mohou být lampy Split (viz Obr. 2-12) nebo Slice (viz Obr. 2-4), které pravděpodobně nedokáží plnohodnotně osvětlit větší prostor. Na druhou stranu jich je po sériích možné využít pro ambientní osvětlení, kterého se využívá k vytvoření intimní atmosféry.

Často se také setkáváme s lampami, které jsou určeny jen do velmi specifických prostředí a jinde by působily nepatřičně a nevhodně. Některé lampy jsou současně limitovány i svojí konstrukcí. Jako příklad nám mohou posloužit Breath of light (viz Obr. 2-5), či Boya (viz Obr. 2-6). Breath of light byla zjevně navržena do luxusních a velkolepých prostor. Dovedeme si ji představit ve foyer exkluzivního hotelu a koncepčně spadá pod světelný exponát, který má uchvátit návštěvníky. Pokud by se však měla zachovat její interaktivní funkce – cesta dechu – muselo by se uvažovat o zavěšení nízko u země a bylo by třeba zajistit, aby nepředstavovala potenciální riziko úrazu. Další komplikací této instalace by představovalo například náročné čištění. Boya je sice navržena v odlišném stylu, avšak podobně jako Breath of light by pro svou konstrukci vyžadovala zavěšení v místnosti s vyšší světlou výškou, aby nedošlo k nechtěnému kontaktu.

Často se také můžeme setkat s lampami, které nemají vhodně zvolené kombinace materiálů, ať už z vizuálního, nebo konstrukčního hlediska. Popřípadě jsou voleny materiály, které v návaznosti na návrh a provedení mohou přinášet mírné komplikace. Například lampa Illan (viz Obr. 2-3) zhotovená z velmi tenkého kusu překližky, bude vyžadovat zvýšenou opatrnost při manipulaci a převozu. Současně může být problematická nízká hmotnost krytu, kdy se kryt bude vlnit při pohybu vzduchu v místnosti. Ačkoli to může být esteticky zajímavé, kmitání se u osvětlení běžně snažíme zamezit. Naopak problematický pro betonové lampy (viz Obr. 2-11 a Obr. 2-12) může být i psychologický dojem. Člověk k použití betonu na závěsných lampách přistupuje často skepticky a s nedůvěrou.

Nežřídka se při tak širokém spektru výrobků setkáme i s lampami, kde není zcela vhodně zvolená barevnost nebo tvarování, popřípadě kombinace obou faktorů. U lamp Slice (viz Obr. 2-4) nebo T3 (viz Obr. 2-11) nás může například zarazit opticky výrazný kabel, který skoro odpoutává pozornost od samotného řešení krytu. Acoustic Static Links (viz Obr. 2-10) zase pro svoje výrazné rozměry (a zvolené poměry mezi výškou, šířkou a délkou) mohou působit matoucím dojmem z hlediska měřítka a výrazně ovlivňovat i vnímání prostoru. Při skládání těchto modulárních prvků také může hrozit, že bude výsledná kompozice příliš rušivá. Tento dojem může ještě zesílit nevhodný výběr kombinace ze sytých kontrastních barev, které výrobce nabízí.

3.2.2 Zhodnocení technické analýzy

Použití materiálů se bude zcela odvíjet od variantních návrhů a volby konstrukce. Ohled se bude brát na vlastnosti materiálu, potenciál k recyklaci a udržitelnost. Materiál bude nutno volit v návaznosti na možné technologie výroby, které umožní a dají vyniknout estetické i funkční stránce výrobku. Podle zvoleného materiálu, konstrukce a technologie výroby budeme také volit vhodné typy spojů, které bude třeba použít.

Pro zhodnocení životního cyklu výrobku a jeho environmentálních dopadů ve všech stádiích životního cyklu použijeme metodu LCA. Tato metoda umožňuje hodnotit celý cyklus výrobku ve stádiích těžba, výroba, transport, užití a konec životního cyklu (End-of-life). Využito bude i kalkulací pomocí OPM.

Pro zdroj umělého osvětlení bude použita LED technologie, která přináší mnoho výhod, například z hlediska environmentální šetrnosti (neobsahuje škodlivé plyny), energetické úspory, životnosti, účinnosti, také nehřeje a umožňuje širokou variabilitu v aplikacích.

3.3 Cíl práce

Hlavním cílem této práce je návrh závěsného světla, u něž pomocí metody LCA provedeme zhodnocení environmentálních dopadů v celém životním cyklu výrobku. Design by měl propojovat estetické řešení s udržitelným a uvažovat potenciál k recyklaci. Uvažuje sériovou výrobu.

Dílčí cíle bakalářské práce jsou:

- vytvořit design závěsného osvětlení, které bude propojovat řešení funkční, estetické a materiálové
- navrhnout kryt tak, aby omezoval oslnění,
- navrhnout závěsné osvětlení vhodné pro větší prostory,
- navrhnout lampu, která bude použitelná samostatně, nebo i v menší skupině.

3.4 Cílová skupina

Závěsné světlo bude určeno do veřejného i soukromého sektoru. Rozměrovým řešením bude světlo směřováno do větších místností. Ze soukromého sektoru by se jednalo o obytné budovy, tedy rodinné domy a byty. Specificky o obývací pokoj, obytnou jídelnu nebo halu. Z veřejného sektoru by přicházely v úvahu odpočinkové místnosti, konferenční a zasedací místnosti, vstupní haly, lobby, recepce, salónky, restaurace, kavárny, čekárny apod.

S ohledem na sériovou výrobu budeme uvažovat vyšší střední třídu vyšší střední třídu s nadprůměrným příjmem a sociálním i kulturním kapitálem. Ze soukromých osob se předpokládá osoba, nebo rodina s nadprůměrnou výší příjmu, stabilním zaměstnáním a zabezpečeným bydlením. Pro veřejný sektor je skupina širší a hůře definovatelná, může zahrnovat mnohé, od soukromých podnikatelů po státní podniky.

3.5 Základní parametry a legislativní omezení

3.5.1 Osvětlenost

Udává základní požadavky, které jsou kladeny na osvětlení pracovišť, včetně specifických požadavků na jednotlivá pracoviště s ohledem na prováděný zrakový výkon a činnost člověka. Udává požadované hodnoty pro osvětlenost prostorů, rovnoměrnost osvětlení a indexy podání barev.

Osvětlenost pracoviště se volí s ohledem na psychofyzilogickou pohodu, požadavky na zrakové úkony, ergonomii, zkušenosti, bezpečnost a hospodárnost. Udržovaná osvětlenost na srovnávací rovině je požadovaná udržovaná osvětlenost. Upravená udržovaná osvětlenost je pak uvažována pro případy, kdy se zrakové podmínky liší od normálních předpokladů pro místo vykonávané činnosti. [22]

Tabulka 3-1 Osvětlenost podle činnosti a místa výkonu, výběr z normy ČSN EN 12464-1 [22]

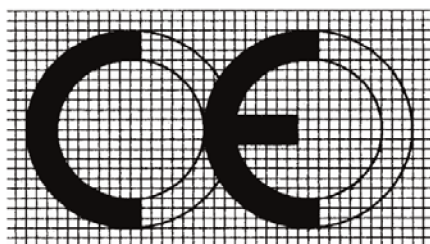
Místo zrakového výkonu/ Prováděná činnost	Požadovaná udržovaná osvětlenost (lux)	Upravená udržovaná osvětlenost (lux)
Kantýny	200	500
Odpočívárny	100	200
Zakládání dokumentů, kopírování	300	500
Zpracování dat	500	1000
Konferenční, zasedací místnosti	500	1000
Recepční pult	300	750
Vstupní haly veřejných prostor	100	200
Salónky	200	300
Samoobslužná restaurace	200	300
Celkové osvětlení knihovny	300	500
Čekárny dopravních prostor	200	300

V případě, že by navržená lampa neposkytovala dostatečné osvětlení pro vykonávanou činnost, bylo by možné doplnit ji stropními svítidly, například zápusťnými světly, která by poskytovala dodatečný zdroj osvětlení, aniž by působila vizuálně rušivě.

3.5.2 Ekodesign

Evropská Unie reguluje požadavky na ekodesign určitých kategorií výrobků, které musí výrobky splňovat, aby mohly být uvedeny na trh v členských zemích. Směrnice 2009/125/ES stanovuje několik cílů, mezi něž patří: Sjednocení vnitrostátních předpisů členských států. Snižování negativního dopadu výrobku na životní prostředí, a to v rámci celého životního cyklu (tzn. výběr surovin, balení, transport...). Snižování spotřeby elektrické energie vedoucí k ekonomické úspoře výrobce i zákazníka. Zavedení samoregulace v podnicích. [52]

Dále směrnice definuje, které aspekty výrobku bude pro posuzování ekodesignu uvažovat – například spotřebu materiálu a energie, balení a instalaci, předpokládané emise a odpad, nebo potenciál k recyklaci. Pro schválené výrobky zavádí označení „CE“ (viz Obr. 3-1). [52]



Obr. 3-1 Označení CE [52]

Návrh nařízení o ekodesignu a udržitelných výrobcích z roku 2022 dokazuje, že na ekodesign bude kladen stále větší důraz. Udržitelné výrobky by se měly stát obecně prosazovaným standardem. Konkrétní kategorie výrobků budou přísněji regulovány, aby byly trvanlivější, opravitelné, repasovatelné a recyklovatelné, a aby bylo energií a materiálů využíváno co nejúčinněji. [53]

3.5.3 Metody hodnocení ekodesignu

Potřeba měřit a hodnotit dopad produktu na životní prostředí vedla lidstvo k vytvoření mnoha metod, lišících se komplexností a zaměřením. Metody k hodnocení environmentálního aspektu designu můžeme rozdělit následujícím způsobem:

Kvalitativní metody:

- Checklisty (VOLVO, Fast Five, Kodak), Ten Golden Rules, MET matice [54]

Semi-kvantitativní metody:

- ERP matice, EPLC matice, SLCA, PILOT [54]

Kvantitativní:

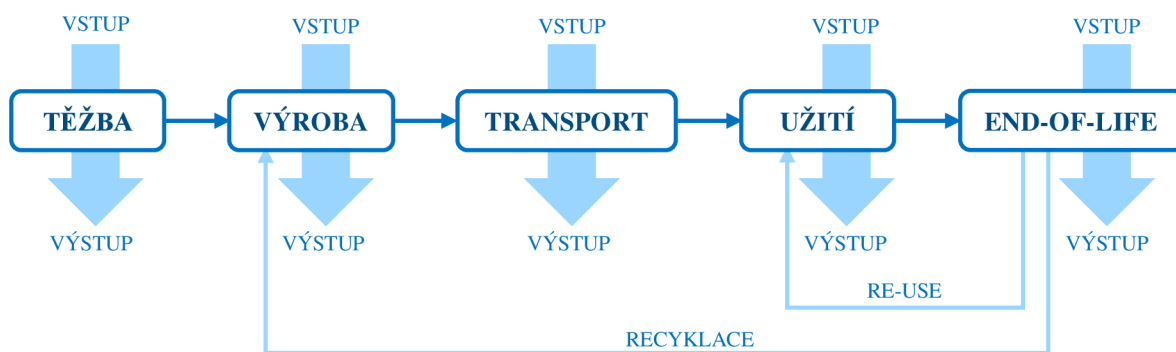
- OPM, LCA, LCP [54]

Pro účel této práce je nejvhodnější použití metody založené na plnohodnotné LCA, jelikož komplexně uvažuje environmentální dopady produktu ve všech jeho stádiích. Pro výpočet LCA využijeme metody OPM, která je založena na přepočtu, pro nějž platí základní fakt, že 1 kg ropy obsahuje 45 MJ energie. [54]

Metoda LCA

Metoda LCA (Life Cycle Assessment) je založena na posuzování životního cyklu produktu či služby a modeluje tím jejich dopad na naše zdraví a ekosystém. Pomáhá najít prostor pro zlepšení environmentálního profilu produktu, používá se v marketingu, nebo aby informovala osoby, které mají hlavní slovo při tvorbě a směřování produktu. [55]

Životní cyklus výrobku (viz Obr. 3-2) z hlediska LCA začíná produkcí materiálu, tedy těžbou surovin. Vytěžené suroviny jsou dále zpracovány ve výrobě v rámci specifické technologie výroby. Poté, co je výrobek hotový, následuje fáze distribuce, kdy je produkt převezen na místo prodeje a odtud pokračuje k cílovému zákazníkovi – zde přichází fáze užití. Posledním stádiem je End-of-Life, konec životního cyklu výrobku, který může nastat vícero způsoby. Definitivním koncem jsou skládka a spalovna, recyklací se výrobek vrací do výroby, případně je také možnost výrobek opravit či repasovat a znovu použít. [56] [57]



Obr. 3-2 Životní cyklus výrobku, upraveno podle [58]

Metodu LCA můžeme rozdělit na více typů (viz Obr. 3-3), podle toho, na jaké části životního cyklu se zaměřuje:

Cradle-to-Grave (od kolébky po hrob)

Tento systém uvažuje všech 5 etap životního cyklu výrobku, počíná těžbou a končí spálením, nebo skládkováním. [59]

Cradle-to-Gate (od kolébky po bránu)

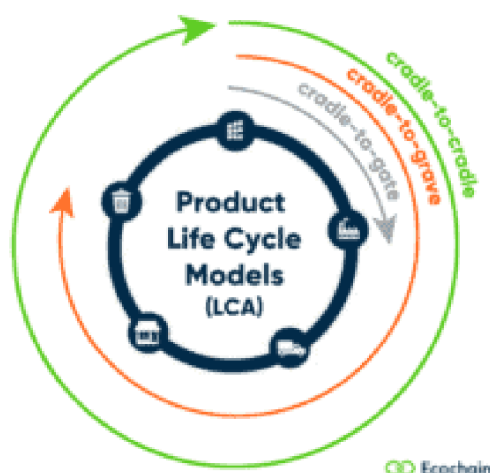
System „od kolébky po bránu“ zahrnuje první dvě fáze – od těžby po výrobu, tedy dokud výrobek neopustí bránu výrobce. [59]

Cradle-to-Cradle (od kolébky po kolébku)

Koncept „od kolébky po kolébku“ konec životního cyklu rozšiřuje o recyklaci, což znamená, že se výrobek na konci svého životního cyklu vrací do výroby. [59]

Gate-to-Gate (od brány po bránu)

Tento systém je používán pro komplexnější řešení, kdy se v rámci výroby aplikuje množství procesů přidávajících výrobku na hodnotě. [59]



Obr. 3-3 Typy LCA [59]

3.6 Použité výrobní technologie, možný trh a cena

Výrobní technologie budou blíže specifikovány v rámci posuzování variant metodou LCA. Mezi použité výrobní technologie patří injekční vstřikování, vakuování, výroba textilie, nebo sheet metal forming (zpracování plechů).

Je uvažováno s celosvětovým trhem, nejsou známa žádná omezení, která by zabraňovala tomu, aby byl výrobek dodáván do celého světa. Závěsné světlo je navíc obecně žádaný výrobek používaný po celém světě.

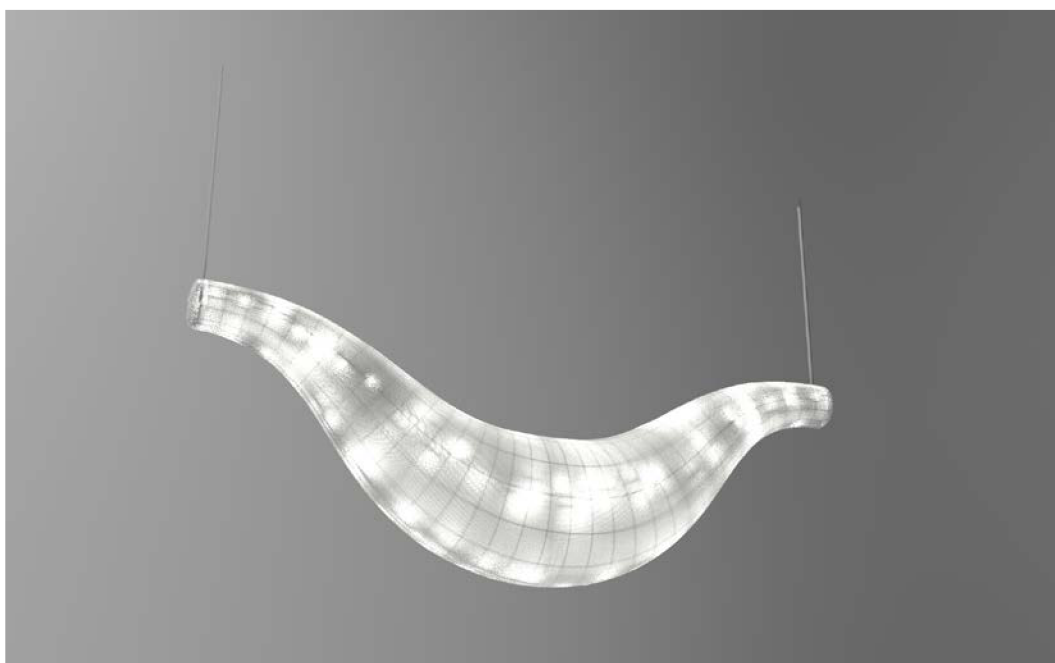
Cena se bude lišit v závislosti na dané variantě, určující budou místo výroby a montáže, zvolené výrobní procesy, množství a druh požadovaného materiálu a zejména i způsob a lokalita prodeje. Dalším směrodatným ukazatelem bude, že se jedná o sériovou výrobu a cena tudíž musí být nižší, než pokud by se jednalo o exkluzivní kusovou výrobu. Odhadované cenové rozpětí může být od 5 000 po 30 000 Kč.

4 VARIANTNÍ STUDIE DESIGNU

V následující kapitole jsou prezentovány tři vybrané variantní návrhy závěsného osvětlení. Tyto návrhy jsou rozebírány z hlediska designu a z hlediska posouzení metodou LCA. Záměrem je popsat každou z variant a zvolit variantu finální, která bude vhodně reprezentovat stanovené cíle.

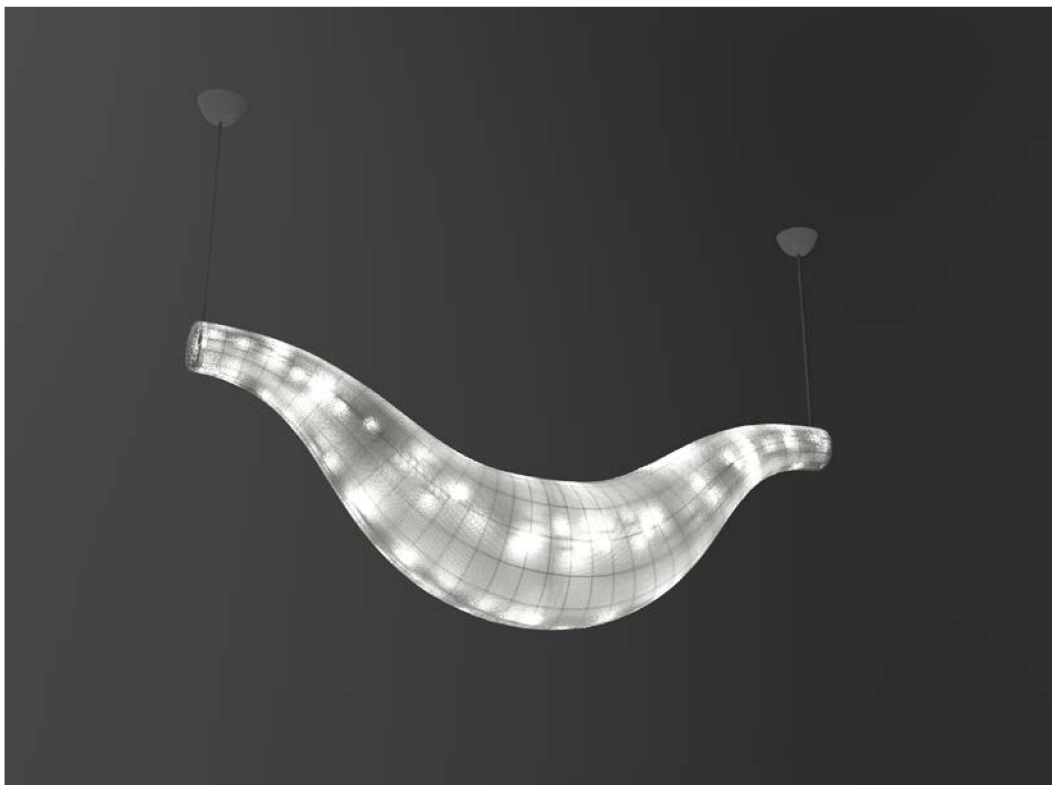
4.1 Varianta I

4.1.1 Řešení z hlediska designu



Obr. 4-1 Varianta I za denního světla

První variantou (viz Obr. 4-1 a Obr. 4-2) je závěsné světlo ve stylu lampionu. Jedná se o drátěnou kostru potaženou pružnou textilií. Uvnitř jsou podélně umístěné 4 LED pásy, které při rozsvícení zdůrazňují tvarování krytu. Základem pro vzniklý objem je zvlněná linie. Právě toto jednoduché, ale expresivní tvarování činí tuto lampu ideální pro použití v menší skupince. V prostoru bude vytvářet dojem fluidity, proudění a pohybu.



Obr. 4-2 Varianta I za tmy

Ačkoli se jedná o poměrně výrazný objem, snaha byla jej materiálově co nejvíce odlehčit, aby vycházel vstříc environmentálně šetrnějšímu řešení. S ohledem na snadnější recyklaci bylo voleno co největší množství jedno-druhových materiálů. A i přesto, že textilní kryt bude mít pravděpodobně nižší životnost než ostatní části lampy, bylo by možné tento kryt prodávat samostatně. Tento krok by zároveň rozšířil možnosti z hlediska repasování lampy.

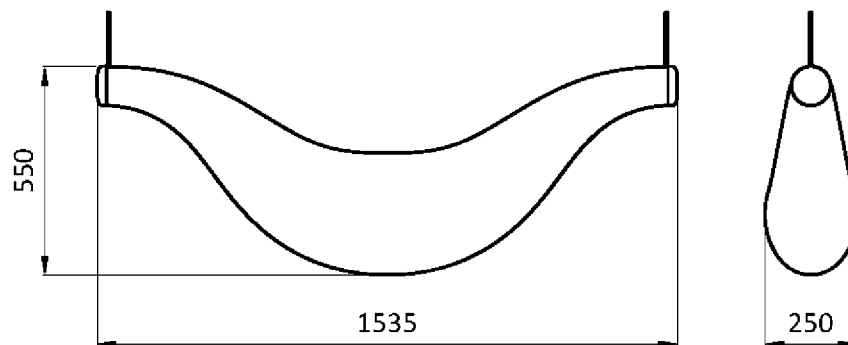
Technologie LED osvětlení umožňuje nejen ovládání jasu, ale současně dovoluje i navolit, aby některé LED čipy svítily a některé ne (podle určitých přednastavení). Tak právě dochází ke světelnému efektu (viz Obr. 4-1 a Obr. 4-2), který připomíná hvězdnou mlhovinu. Ovládání by bylo možné například přes aplikaci, pomocí mobilního telefonu.

Jelikož je kryt lampy tvořen napnutou textilií, je možné lampu vyčistit tak, že se jednoduše sejme textilní potah a vypere. Výhodou tohoto řešení také je, že textilní potah kryje celou konstrukci i zdroj osvětlení uvnitř lampy, z tohoto důvodu nedojde ke znečištění a zaprášení špatně přístupných částí. Textilní kryt současně také zcela zamezuje i nechtěnému oslnění.



Obr. 4-3 Varianta I, návrh uskupení v prostoru

Lampu je také možné zavěsit vertikálně, za dva kabely, nebo horizontálně za tři, což dává velký prostor pro tvorbu různých kompozic (viz Obr. 4-3). Rozměrově byla lampa dimenzována do větších místností (viz Obr. 4-4), což právě otevírá řadu možností pro uspořádání skupinky lamp ve větším prostoru.



Obr. 4-4 Varianta I, základní rozměry, M 1:20

4.1.2 Řešení z hlediska LCA

Varianta I je řešena následovně. Textilní kryt o hmotnosti 2 405 g je tvořený z 80 % PA vláknem a z 20 % bavlnou, na jeho zapoštění bylo použito 9 g bavlněné nití. Na každém konci lampy je umístěný kryt z HDPE o celkové hmotnosti 26 g, vyráběný vakuovým formováním.

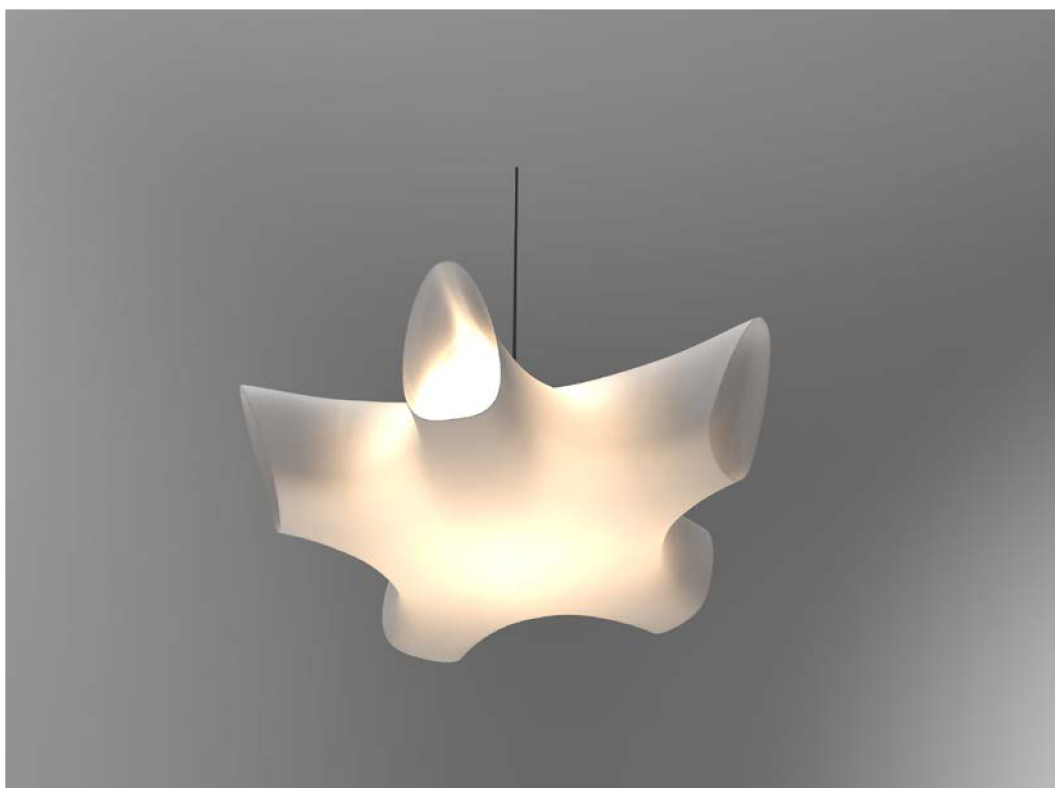
Hlavním konstrukčním prvkem je svařovaná drátěná klec z koroziivzdorné ocele o hmotnosti 997 g (bez materiálu použitého na svary). Textilní kryt je uchycen pomocí háčků z koroziivzdorné ocele (o celkové hmotnosti 10 g, vyrobených extruzí). Pod drátěnou klecí se na třech místech nachází prvky výztuže, vyrobené z koroziivzdorné ocele tvářením plechů a jejich celková hmotnost je 153 g. Tato výztuž slouží k připevnění lišt (nesoucích LED pásky) ke drátěné konstrukci. Čtyři LED pásky jsou přilepené každý k jedné liště pomocí lepidla na bázi PU (13 g [60]), lišty samotné jsou vyrobené z koroziivzdorné ocele, tvářením plechů a jejich celková hmotnost je 534 g. Součet délek všech LED pásků je 5 400 mm a jako podklad pro výpočty byl použit existující ohebný pásek [61]. Drátěný kryt, lišty i prvky výztuže byly pospojovány pomocí šroubů, matic (M4 [62]) a svorek z koroziivzdorné ocele (celkem 90 g).

Mezi LED pásky jsou vodiče propojeny do beze-šroubových svorkovnic na levé i na pravé straně. (Cu vodiče $1,5 \text{ mm}^2$, svorkovnice z PA o celkové hmotnosti 4 g, vodiče ve svorkovnicích z Cu, 2 g).

Celá konstrukce je zavěšena, ukotvení mezi krytem a nosným kabelem je řešeno z koroziivzdorné ocele (ukotvení s podložkami celkem 17 g). (Šrouby na povolování kabelů jsou započítány mezi celkové množství těchto spojovacích prvků.) Kabely, které jsou použity na zavěšení, se nacházejí jeden na každém konci lampy. Venkovní oplet je textilní (bavlna, 179 g), uvnitř se nachází ocelové lanko (247 g) a dva vodiče, kladný a záporný, kde vodič je z Cu ($1,5 \text{ mm}^2$, 269 g) a obal z PVC (83 g). Jako délka kabelů bylo provizorně zvoleno 600 mm a je pro všechny varianty stejná. U stropu se nachází krytky z ABS plastu (36 g) a kroužky a háčky se závitem k ukotvení lampy (celkem 66 g), vše vyrobené injekčním vstřikováním. Pod oběma krytkami je umístěn zdroj (pouzdro z ABS plastu, 11 g, uvnitř se nachází PCB composite board, 49 g), jako podklad byl použit existující zdroj [63]. Součástí zdroje je i řídicí elektronika pro ovládání lampy (PCB composite board, 30 g).

4.2 Varianta II

4.2.1 Řešení z hlediska designu



Obr. 4-5 Varianta II za denního světla

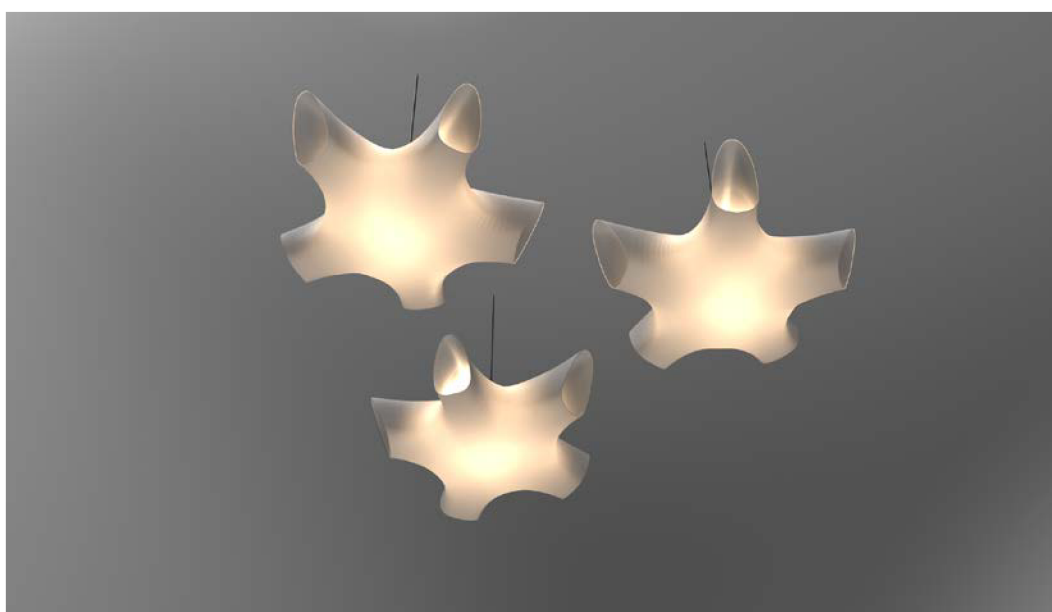
Druhá varianta (viz Obr. 4-5 a Obr. 4-6) je nejmenší ze všech variantních návrhů (viz Obr. 4-8) a je proto nejvíce vhodná pro umístění do menších až středně velkých prostor – použita samostatně, nebo i do větších prostor – použita ve skupině.

Komplikovanější tvarování si žádalo využití materiálu, který by umožňoval výrobní technologie jako vakuování, odstředivé lití, nebo rotační lití. HDPE mezi polymery vyniká svými hodnotami v rámci OPM. Současně se jedná o materiál, který je velmi verzatilní, nabízí širokou škálu aplikací a zároveň je jeden z nejsnáze recyklovatelných plastických polymerů. [64]



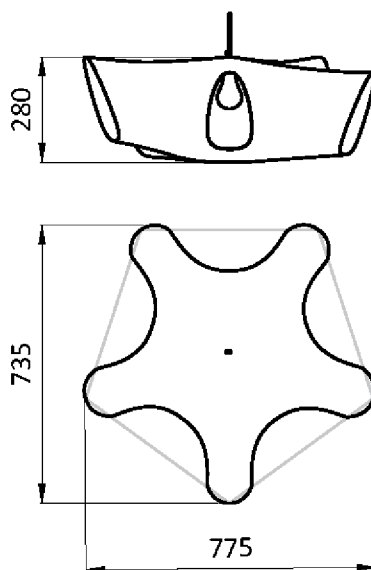
Obr. 4-6 Varianta II za tmy

Kryt lampy je tedy vyroben z mléčného HDPE za použití technologie vakuování. Zdrojem osvětlení je LED žárovka, která je ze spodního pohledu plně kryta krytem, a proto nebude docházet k oslnění. Použitá LED žárovka by mohla umožňovat i stmívání, ale jelikož jsou na trhu dostupné mechanické nástěnné ovladače, které umožňují regulovat jas, může být využito jich.



Obr. 4-7 Varianta II, návrh uskupení v prostoru

Tato varianta byla navržena právě s cílem, aby při použití o více kusech vytvářela opticky provázaný celek. Tomu napomáhá půdorys založený na pětiúhelníku nebo také řešení 5 rozpínajících se článků, které na sebe vizuálně navazují (viz Obr. 4-7).



Obr. 4-8 Varianta II, základní rozměry, M 1:20

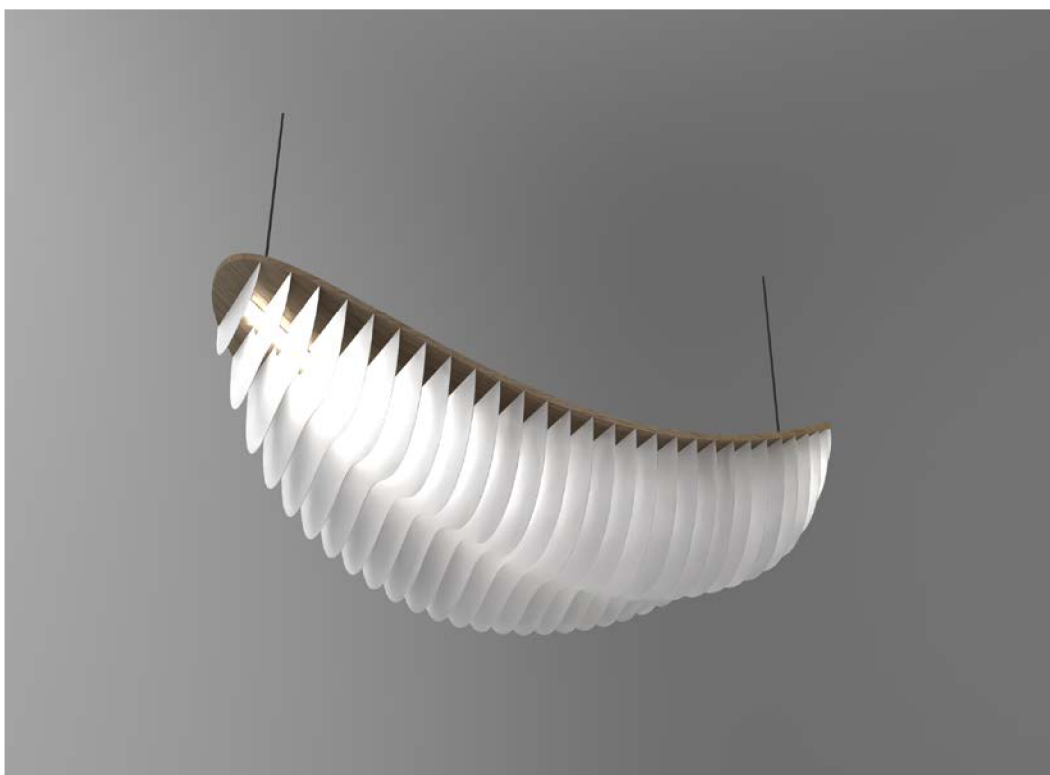
4.2.2 Řešení z hlediska LCA

Druhá varianta byla v rámci LCA řešena následovně: Kryt lampy je vyroben z HDPE a má hmotnost 4 500 g. Jako zdroj je použita žárovka s krytem z ABS a PC o celkové hmotnosti 46 g. Uvnitř se nachází komponenty jako LED čipy, podkladová deska pod čipy a PCB composite board. Žárovka se montuje patičkou do objímky, kde je umístěna závitová vložka, obě tyto komponenty jsou z anodizované mosazi. Objímka je z ABS plastu, stejně jako kroužek se závitkem, který pomáhá udržet kryt na objímce. Objímka má hmotnost 65 g, kroužek 4 g, obě komponenty jsou vyrobeny injekčním vstřikováním. Objímka je zavěšena na kabelu z PVC (27 g), kterým jsou vedeny 3 Cu vodivé drátky (20 g).

U stropu se nachází kryt z ABS plastu (18 g) a kroužky a háčky se závitkem k ukotvení lampy (celkem 23 g), vyrobené injekčním vstřikováním. Pod krytem se nachází i řídicí elektronika (integrované obvody, 30 g) a je použita svorkovnice k organizaci vodičů.

4.3 Varianta III

4.3.1 Řešení z hlediska designu



Obr. 4-9 Varianta III za denního světla

Třetí variantní návrh nejvíce zaujme řešením krytu tvořeného pomocí průsvitných lamel, které z větší části kryjí zdroj světla. Lamely jsou vyrobeny s rovných desek a jen jejich množství vytváří dojem objemu. Díky tomuto provedení se bude kryt lampy proměňovat v každém úhlu.

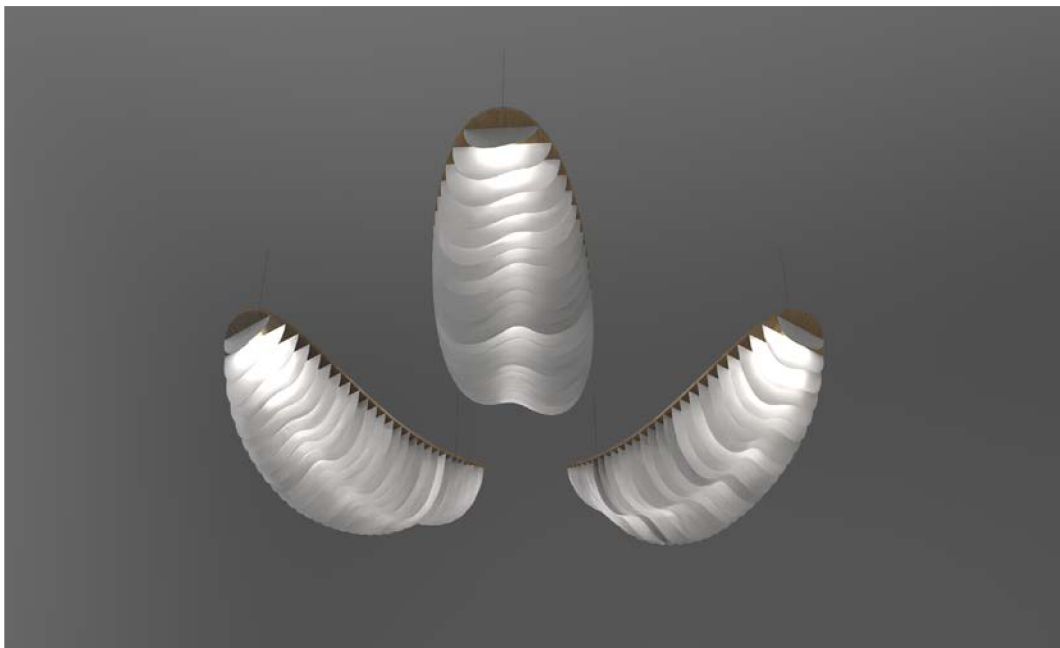
Základní deska je vyrobena z ohýbané překližky, jako materiál lamel bylo zvoleno HDPE. Existuje množství jiných materiálů, které by v rámci řešení připadaly v úvahu, a jejichž použití by bylo environmentálně šetrnější, nejsou však součástí databáze OPM. Nebylo by tedy možné je použít pro výpočet LCA a posouzení životního cyklu. Jedná se například o průsvitný materiál na bázi pryskyřice a drceného organického odpadu, který byl pro návrh uvažován původně. Nebylo však možné zjistit potřebné hodnoty, proto byl jako náhrada zvolen materiál s podobnými vlastnostmi. Současně je však HDPE jedním z šetrnějších polymerů a umožňuje snadnou recyklaci [64].

Zdrojem světla je LED pásek s diodami umístěnými vždy v mezeře mezi lamelami, aby došlo k co nejlepšímu osvětlení. Použitá LED technologie umožňuje stmívání. Lamely jsou zavěšené na desce z překližky a jsou odnímatelné, čímž je usnadněno jejich čištění.

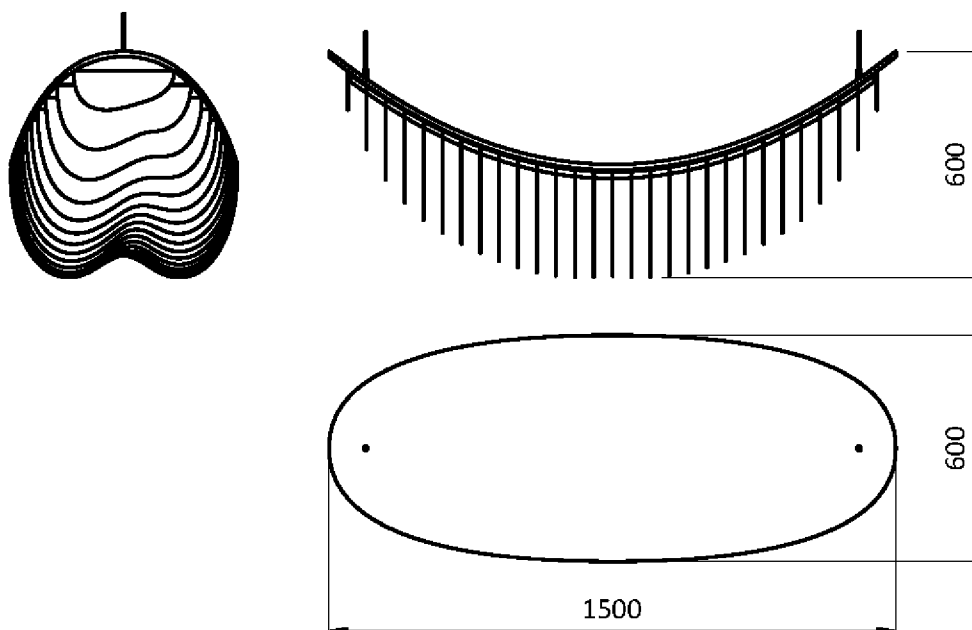


Obr. 4-10 Varianta III za tmy

Lampa má potenciál být použita jako solitérní kus i ve větších prostorách (vzhledem k rozměrům, viz Obr. 4-12), ale může být uplatněna i v menší skupince (viz Obr. 4-11). Například řazená za sebou, uspořádána do trojúhelníku, nebo jiného obrazce. Vzhledem ke komplikovanějšímu řešení krytu je však třeba dbát na to, aby mělo tvarování stále možnost vyniknout.



Obr. 4-11 Varianta III, návrh uskupení v prostoru



Obr. 4-12 Varianta III, základní rozměry, M 1:20

4.3.2 Řešení z hlediska LCA

Pro hodnocení metodou LCA u Varianty III jsme uvažovali následovně: Kryt se skládá ze základní desky (vyrobené z překližky a její hmotnost je 3 330 g [65]) a 29 lamel (HDPE, vyrobené injekčním vstřikováním, hmotnost 4 500 g). Každá lamela je uchycena v desce tvarovým prvkem, který je součástí lamely. Na základní desce je přilepený (lepidlem na bázi PU) ABS profil (injekční vstřikování, 80 g), do kterého se zasune lišta (ABS, injekční vstřikování, 59 g).

Na této liště je už přilepený LED pásek (opět lepidlem na bázi PU). LED pásek byl upraven pro potřeby této lampy. LED čipy se nacházejí vždy 3 v mezeře mezi dvěma lamelami. Délka pásku je 1 500 mm a šířka 20 mm. LED pásek je skrytý pod trubící z PC o hmotnosti 75 g, která pásek zároveň chrání a zároveň umožňuje lepší difuzi světla. Trubice je z obou stran uzavřena koncovkami z ABS plastu (3 g).

Ukotvení mezi krytem a nosným kabelem je z korozi vzdorné ocele (ukotvení s podložkami vychází celkem na 17 g). Vnitřní obvody se v lampě vyskytují v podobě Cu drátku obaleného PVC, který pokračuje přes svorkovnici (PA a Cu) do jednoho z nosných kabelů. Jelikož lampa vyžaduje pouze jeden zdroj, jeden textilní kabel obsahuje pouze ocelové lanko, druhý navíc obsahuje i dva vodiče. Textilní oplet kabelů je o hmotnosti 179 g, ocelová lanka 247 g, Cu drátky ve vodiči 135 g, jejich obal (PVC) má hmotnost 42 g. Stropní ukotvení je řešeno obdobně jako u Varianty I. Jedna krytka v sobě skrývá zdroj a řídicí elektroniku (viz Varianta I), druhá krytka pouze kotvící háček.

4.4 Zhodnocení variant metodou LCA

Pro komplexní výpočet LCA u jednotlivých variant byly uvažovány komponenty o uvedených parametrech (viz Příloha G). Rozměrové parametry byly získány ze 3D modelovacího programu, na stránkách prodejce nebo jednoduchým výpočtem. Hustoty materiálů pro výpočet hmotnosti byly získány z uvedených zdrojů, nebo podle [65].

Každá z variant byla posouzena z hlediska dopadů na životní prostředí metodou LCA za použití OPM (viz Příloha G). Pro výpočty OPM bylo čerpáno z hodnot, které uvádí Niki Bey [66]. Výroba překližky byla řešena podle zprávy od kolektivu autorů (Puettmann, Kaestner, Taylor) [67]. Parametry pro technologický proces laserového řezání byly odvozeny podle existujících strojů [68]. A pro každou variantu byly tedy určeny dopady v rámci celého životního cyklu, a to konkrétně pro etapy: produkce, výroba, uživatelská fáze, transport, EoL (End-of-Life).

Produkce řeší získávání materiálů pro jednotlivé komponenty lampy. Výroba se zaměřuje na technologii výroby těchto komponent. Uživatelská fáze řeší spotřebu energie při používání lampy spotřebitelem. Pro tento účel byl zvolen časový horizont 5 let. Uvažujeme, že je lampa používána ve veřejném sektoru, je tedy v provozu 10 hodin denně, 5 dní v týdnu.

Transport byl pak uvažován tak, že všechen materiál je do České republiky dovážen z Číny, mimo překližku, která je získána zde. Pro transport počítáme převoz z Hongkongu do Hamburгу lodí 11 762 námořních mil (21 783 km) [69], pak z Hamburгу do Brna 840 km [70] nákladním autem a dál z Brna předpokládáme do místa sestavení cestu 100 km dodávkou. Překližka je dovážena 200 km na místo sestavení dodávkou.

Pro snazší posouzení výsledků byl zhodnocen EoL z hlediska tří možných verzí. Spálení výrobku ve spalovně, vyvezení na skládku a recyklace v rozsahu 90 %. Z vývozu na skládku nepředpokládáme zisk žádné energie, ze spálení některých materiálů naopak k uvolnění energie dojde. U recyklace bylo uvažováno, že dojde k procesům: Shredding, Separation, Re-Melting (tedy rozdrčení, vyřídění a roztavení).

Pro porovnání výsledných hodnot byla vytvořena tabulka (viz Tabulka 4-1), kde jsou seřazeny hodnoty energetických požadavků 3 variantních návrhů ve 3 různých koncích životního cyklu (EoL). Do těchto hodnot se započítává produkce, výroba a daný konec životního cyklu.

Tabulka 4-1 Posouzení EoL pro variantní návrhy, upraveno podle Přílohy G

	Varianta I Energie (MJ)	Varianta II Energie (MJ)	Varianta III Energie (MJ)
Skládkování	738,671	104,752	734,095
Spalování	627,887	56,320	412,215
Recyklace	648,426	85,877	856,126

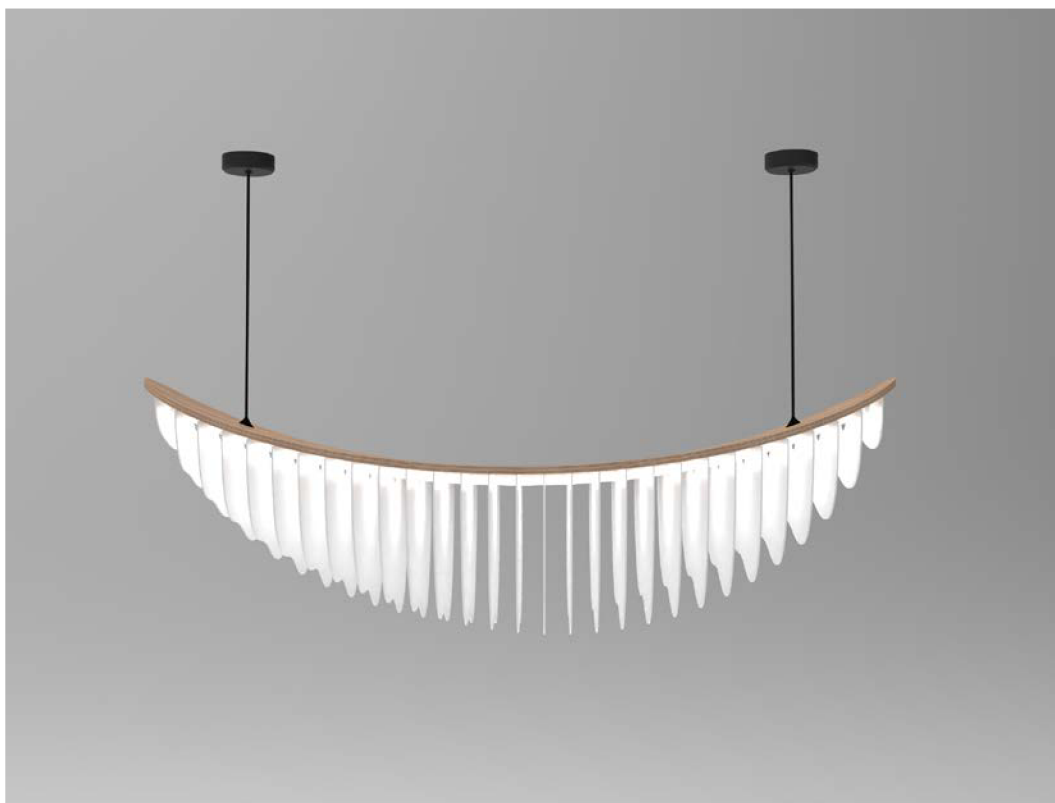
Z vypočítaných hodnot můžeme pozorovat, že výrazně nejlépe vychází Varianta II, není ovšem možné ji jednoduše srovnávat se zbylými dvěma variantami, jelikož je výrazně menší, což také značně ovlivňuje její dopady. Pokud by měla být umístěna ve větších prostorech, kde by zbývající varianty mohly sloužit i samostatně, bylo by třeba použít více kusů této lampy, ideálně i s jiným systémem stropního kotvení. Tento faktor je tedy třeba uvážit při výběru finální varianty. Současně má výrazně horší estetické kvality a další nedostatky jako jsou tvarování a údržba, což bylo významným faktorem při výběru finální varianty.

Zbývající dvě varianty se od sebe velikostně neliší již tak výrazně a můžeme pozorovat, že o něco lepší hodnoty má Varianta III. (Pouze hodnoty recyklace vycházejí vyšší, což je zapříčiněno tím, že nemůžeme použít recyklovanou překližku, ale zároveň překližku můžeme drtit a recyklovat.) S ohledem na výsledky LCA, ale současně i design závěsného svítidla, volíme jako finální variantu Variantu III. Vyniká například designovým řešením, inovativním řešením krytu a výsledným estetickým dojmem.

5 TVAROVÉ ŘEŠENÍ

Jako základ finální varianty byla vybrána Varianta III. Nad ostatními vyniká zejména originálním řešením krytu, jehož účelem je omezit oslnění. Díky použití difúzního materiálu je však zároveň umožněno šíření rozptýleného světla po místnosti. Většími rozměry odpovídá směřování této práce a zamýšlené cílové skupině. Ačkoliv v rámci zhodnocení metodou LCA vykazuje horší hodnoty než Varianta I, převyšuje ji v estetické stránce, originalitou a propracovaností řešení i snazší údržbou.

Varianta I a III jsou si velikostně podobné, obě by v prostoru působily jako výrazný estetický prvek. Značnou výhodou Varianty III je však fakt, že si svůj estetický dojem zachovává i při vypnutém zdroji osvětlení. Nevýhodou krytu u Varianty I je také vyšší náchylnost k poškození a kratší životnost než u krytování zvoleného pro Variantu III.



Obr. 5-1 Finální varianta, pohled boční

Kryt finální varianty je řešen z více směrů. Jako kryt můžeme vnímat nosnou desku a také 29 lamel, které omezují oslnění. Nosná deska využívá mírně prohnuté plochy o půdorysu elipsy. Prohnutí této desky je také provedeno podle části elipsy, aby bylo dosaženo lepší tvarové návaznosti. Zavěšení desky je realizováno pomocí kabelu, který je při vstupu do desky schovaný pod krytkou (viz Obr. 5-2). Stěny krytky jsou konvexně prohnuté, aby zjemnily přechod nosné desky na kabel. U stropu je kabel ukrytý pod stropním krytem ve tvaru válce. Tento tvar vizuálně podporuje a odděluje horizontální rovinu stropu s prohnutím nosné desky.



Obr. 5-2 Finální varianta, pohled shora

Tvarování lamel je o něco komplexnější. Celkový dojem, který lamelární kryt evokuje, plyne z ladných linií a uspořádaných vertikálních ploch. Díky jejich provázanosti se z plošných lamel opticky stává trojrozměrný objekt. Lamely na sebe navazují a tvarováním tvoří reliéf podobný kopcovitému terénu. Lamel je celkem 29 a jedná se o 14 totožných párů, které jsou však uloženy odzrcadlené. Tak vzniká ve střední části objektu šikmá brázda. Tvarování lamel je zajímavě zvýrazněno nasvícením přicházejícím zevnitř z difúzního krytu a toto světlo proniká lamelami a dochází tak ke zvýraznění hran.



Obr. 5-3 Finální varianta, pohled zdola



Obr. 5-4 Finální varianta, pohled zepředu

6 KONSTRUKČNĚ TECHNOLOGICKÉ A ERGONOMICKÉ ŘEŠENÍ

Pro komplexnější řešení konstrukčně technologické a ergonomické stránky finálního návrhu, bylo třeba navrhnout 3 materiálová řešení, ze kterých bylo vybráno finální materiálové řešení. Jelikož se u těchto variant mírně liší použití materiálů a výrobních technologií, bylo nutné provést zhodnocení a vybrat finální materiálovou variantu na začátku této kapitoly.

6.1 Zhodnocení metodou LCA

Pro finální variantu byla vypracována tři další variantní řešení, která se zaměřují na zhodnocení finální varianty pomocí metody LCA. Tento krok byl nutný pro dodržení hlavního cíle práce, kdy je třeba minimalizovat environmentální dopady závěsného světla. Byly tedy navrženy tři materiálové varianty finálního řešení, které byly posouzeny metodou LCA za použití OPM.

6.1.1 Zhodnocení materiálových variant pomocí LCA

Materiálové varianty se liší pouze materiálem nosné desky a lamel. U jedné varianty bylo třeba přidat i čípky k uchycení lamel, pro zbylé dvě varianty byly tyto čípky součástí samotné lamely. Ostatní komponenty jsou pro všechny tři materiálové varianty totožné. Rozměrové parametry následujících komponent byly získány ze 3D modelovacího programu, na uvedených webových stránkách nebo jednoduchým výpočtem. Hustoty materiálů pro výpočet hmotnosti byly získány z uvedených zdrojů, nebo internetových stránek [65].

Jedná se zde o profil z ABS plastu (injection moulding, 78 g), do kterého se zasune lišta (také z ABS, extruding, 60 g), na níž je nalepený LED pásek (Al, PC LED čipy, Cu kontakty). Na profilu je také uložena zacvakávací difúzní trubice (PC, 132 g), která je po obou stranách zajištěna koncovkami (ABS, injection moulding, 3 g). Profil je přilepený k nosné desce krytu pomocí lepidla (PU, 30 g [60]). Dále jsou součástí závěsného světla 2 bez-šroubové svorkovnice pro 2 vodiče (PA, 1 g) s Cu kontakty uvnitř. Napájení LED pásku zajišťují 2 vodiče (LED +, -), vyrobené z Cu extruzí (1,5 mm², 22 g), s PVC obalem (6 g).

Konečně, poslední záležitostí je kotvení. Nosná deska je zavěšena ke stropu na 2 kabelech (textilní oplet z bavlny, 179 g), kterými vedou nejen vodiče, ale i kotevní ocelové lanko (korozivzdorná ocel, 247 g). Jako délka kabelů bylo provizorně zvoleno 600 mm (délka nehraje významnou roli, je pro všechny varianty stejná).

Ukotvení nosné desky je z korozi vzdorné ocele (12 g). Tento prvek ukotvení v sobě fixuje kotevní ocelové lanko a k nosné desce je na každé straně ukotvení připevněno 3 vruty do dřeva (korozi vzdorná ocel, 1 g) [71]. Ukotvení a výstup vodičů jsou schovány pod krytkami (ABS, 14 g). U stropu je kabel uchycen pomocí háčku se závitem (ABS, 1 g), na který je našroubován kroužek (ABS, 1 g). Takto je ke stropu připevněna krytka (ABS, 36 g, injection moulding). V jedné ze stropních krytek je umístěn zdroj (pouzdro z ABS, 11 g, integrované obvody PCB composite board 49 g). Jako podklad byl použit existující zdroj [63]. Do zdroje je také integrována řídicí elektronika (PCB composite board, 30 g).

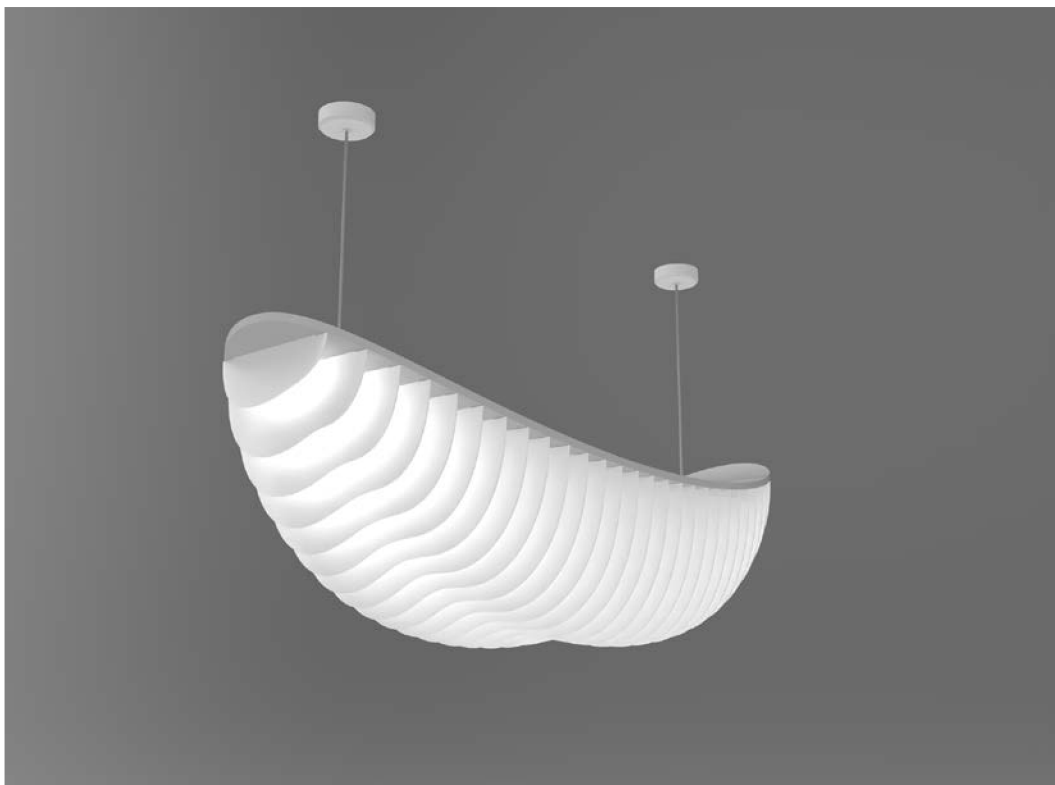


Obr. 6-1 Varianta III/1 – HDPE, překližka

V čem se tedy materiálové varianty podstatně liší, je materiál zvolený pro lamely a nosné desky. První varianta má lamely z HDPE (tloušťka 2,5 mm) a nosnou desku z překližky (tloušťka 15 mm) viz Obr. 6-1. Výhodou této verze je použití snadno recyklovatelného HDPE a překližky, která je z podstatné části vyráběna z obnovitelných zdrojů [64]. Druhá varianta má nosnou desku z lisovaného papíru (tloušťka 15 mm) a lamely z netkané textilie (PP, 5 mm). Výhodou této varianty je recyklovatelný papír a (z hlediska vstupních hodnot výpočtu) nízká hmotnost textilních lamel. Poslední varianta (viz Obr. 6-3) je varianta, kde byl pro materiál lamel zvolen PMMA (tloušťka 2 mm) a za desku PP (tloušťka 12 mm). Výhodou této verze je, že je téměř vše z plastu, jedná se zpravidla o jedno-druhové komponenty a tento stav je výborný z hlediska třídění a recyklace.



Obr. 6-2 Varianta III/2 – PP textilie, papírová deska



Obr. 6-3 Varianta III/3 – PMMA, PP

Materiály byly voleny s ohledem na to, aby bylo možné získat hodnoty OP pro výpočet. Některé materiálové varianty byly vyřazeny kvůli nízké hmotnosti, která by mohla způsobovat míhání světla, což je třeba vyloučit. Současně bylo vzhledem k funkci závěsného světla třeba, aby byly lamely průsvitné.

Pro zhodnocení variant byla následně použita metoda LCA v kombinaci s OPM (viz Příloha G). Pro hodnoty OP bylo čerpáno z hodnot, které uvádí ve své práci Niki Bey [66]. Výroba překližky byla řešena podle zprávy od kolektivu autorů (Puettmann, Kaestner, Taylor) [67]. Parametry pro technologický proces laserového řezání byly odvozeny podle existujících strojů [68]. Transport byl počítán viz Kapitola 4.

Pro každou materiálovou variantu byly vypočítány hodnoty energetické náročnosti pro celý životní cyklus. Tedy produkci, výrobu, transport, use a EoL. Pro jednodušší orientaci byly výsledné hodnoty seskládány do tabulky s přehledem EoL, kde je započítaná produkce, výroba a daný konec životního cyklu (spálení výrobku ve spalovně, vyvezení na skládku a recyklace v rozsahu 90 %).

Tabulka 6-1 Posouzení EoL pro materiálové varianty, upraveno podle Přílohy G

	Varianta III/1 Energie (MJ)	Varianta III/2 Energie (MJ)	Varianta III/3 Energie (MJ)
Skládkování	943,377	1 116,161	1 747,459
Spalování	482,844	712,643	1 006,486
Recyklace	1 264,935	1 392,494	1 713,076

Jako finální materiálová varianta je zvolena Varianta III/1 (překližka a HDPE) viz Obr. 6-1. Je cílena na nižší environmentální dopady a byla posouzena metodou LCA. Tato varianta také nabízí mnoho výhod, mezi něž patří jednodušší výroba, elegantnější vzhled, lepší optické vlastnosti materiálu, snadnější údržba atd. Na tomto materiálovém řešení jsou také výhodou jedno-druhovými lamely, kdy není potřeba čipky k lamele přitavovat, ani přišívat, ale jsou její součástí, čímž je výrazně usnadněna recyklace.

Při zhodnocení celkového výdeje energie (se započtením fáze užití a transportu) můžeme finální variantu hodnotit následovně. Pro EoL skládkování (součet produkce, výroby, transportu, užití a skládkování) tvoří užitná fáze 48,2 % spotřebované energie. Pro EoL spalování (součet produkce, výroby, transportu, užití a spalování) tvoří užitná fáze 63,1 % spotřebované energie. Pro EoL recyklace (součet produkce, výroby, transportu, užití a recyklace) tvoří užitná fáze 41,4 % spotřebované energie.

Na posouzení EoL (viz Tabulka 6-1) lze u vybrané varianty pozorovat nárůst v hodnotách pro EoL u recyklace. Tento fakt je zapříčiněn tím, že vzhledem k velikosti má nosná deska z překližky větší energetické nároky na recyklaci (drcení, třídění) a z toho důvodu má při recyklaci větší požadavky než na výrobu z primárních surovin. Překližku je možné recyklovat a použít například na výrobu OSB desky. Ta však není vhodná pro účel této lampy, a proto byla nosná deska i zde vyrobena z překližky a dochází ke zhoršení v rámci recyklace.

Mohlo by se zdát, že hodnoty pro materiálové verze finální varianty výrazně narostly od posouzení LCA pro variantní návrhy v Kapitole 4. To je způsobeno úpravami, které byly provedeny na tvaru desky a tvarování lamel, stejně tak jako i na jejich dimenzování, které bylo třeba přizpůsobit pro lepší funkčnost a proporční vyváženost. Podobné úpravy a změny by byly třeba provést i na ostatních návrzích, pokud by byly vybrány jako finální.

6.1.2 Návrh a posouzení obalu pomocí LCA

Aby byl návrh opravdu zhodnocen v rámci celého životního cyklu, byl navržen i obal (viz Obr. 6-4) a vypočítány jeho hodnoty. Při návrhu vnitřního uložení bylo využito alternativních materiálů. (Namísto bublinkové fólie byl použit voštinový papír a místo polystyrenu voštinové desky z papíru.)

Na vnější ochranu byla použita klasická kartonová krabice (200 g/m²), pro vnitřní ochranu byly použity voštinový papír (70 g/m²) a voštinové desky (výplň desek 70 g/m², plášť desek 150 g/m²). Menší komponenty byly uloženy do papírové krabičky (170 g/m²).



Obr. 6-4 Návrh obalu

Pro větší přehlednost byly výsledné hodnoty energetických požadavků seskládány do tabulky s uvedením EoL, kde je započítána produkce, výroba a daný konec životního cyklu (spálení výrobku ve spalovně, vyvezení na skládku a recyklace v rozsahu 90 %).

Tabulka 6-2 Posouzení EoL pro obal, upraveno podle Přílohy G

Obal	
Energie (MJ)	
Skládkování	74,822
Spalování	38,626
Recyklace	118,264

Výsledné hodnoty EoL pro Variantu III/1 byly dány do souvislosti s hodnotami získanými pro obal. Pro skládkování (součet produkce, výroby a skládkování) vychází 92,7 % spotřebované energie na závěsnou lampu, 7,3 % pro obal. Pro spalování (součet produkce, výroby a spalování) je to 92,6% energie pro závěsnou lampu, 7,4 % pro obal. Pro recyklaci (součet produkce, výroby a spalování) je to 91,4 % energie pro závěsnou lampu, 8,6 % pro obal.

Obal nebyl porovnáván s variantou, kde by byla použita polystyrenová výplň a bublinková folie a často může dojít k tomu, že závěry plynoucí z LCA vycházejí jinak, než bychom na první pohled čekali. Přesto má toto alternativní řešení obalu nespornou výhodu v tom, že je pro zákazníka snazší vzniklý odpad vytrídít.

6.2 Popis

Závěsné světlo *juganoo* je určeno do větších interiérových prostor v soukromém, či veřejném sektoru. Světlo bylo řešeno s ohledem na environmentální dopady v celém životním cyklu výrobku, byl zvažován potenciál k recyklaci a udržitelnost. Při návrhu byla zohledněna snaha zabránit přílišnému oslnění. Toho je dosaženo pomocí difúzního lamelárního krytu, který rozptyluje propouštěné světlo (viz Obr. 6-5, Obr. 6-6).

Jako zdroj světla je použitý LED pásek, který umožňuje ovládání jasu. Tato funkce napomáhá všestrannosti využití tohoto osvětlení. K zavěšení jsou použity kabely s textilním opletem. Kabel může být dodáván v délce například 1,5 m a uživatel si ho před montáží zkrátí na požadovanou délku.



Obr. 6-5 Závěsné světlo juganoo za denního světla



Obr. 6-6 Závěsné světlo juganoo za tmy

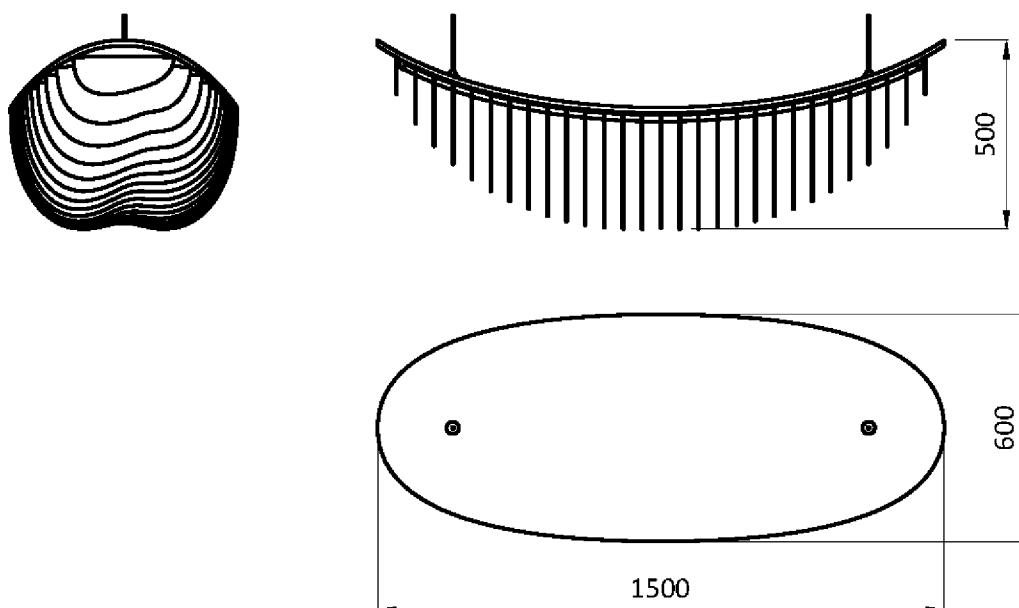
Závěsné světlo je použitelné jak samostatně, tak i ve skupině. Jako solitér je dostatečně impozantní, aby v místnosti zaujal nejen jako osvětlení, ale i jako estetický prvek. Při použití ve skupině vždy záleží, jakého dojmu se snaží uživatel docílit. Například jednoduché seřazení několika závěsných světel za sebou (viz Obr. 6-7) vytváří dojem baldachýnu a pomáhá vést oči určitým způsobem.



Obr. 6-7 Návrh uskupení v prostoru

6.3 Rozměrové řešení

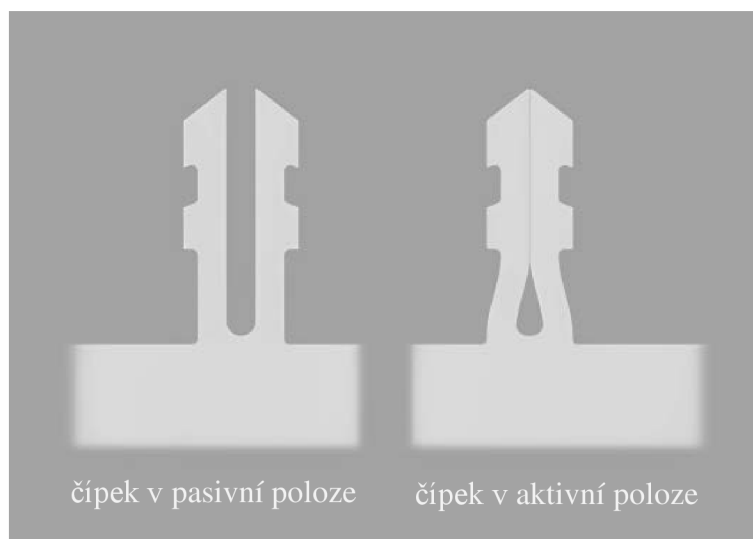
Dimenzování finální varianty je řešeno s ohledem na cílovou skupinu a interiérové prostory, ve kterých bude závěsné světlo umístěno. Mělo by být výrazným estetickým prvkem, který neslouží pouze k osvětlení, ale zároveň i pozvedává úroveň místnosti. Rozměry finální varianty jsou 1 500x500x600 mm (viz Obr. 6-8). Nejvýraznějším rozměrem je tedy délka. Tloušťka nosné desky z překližky je 15 mm, tloušťka každé lamely je 2,5 mm. Tyto rozměry bylo třeba řešit nejen z hlediska proporcí, ale také hmotnosti, která je směrodatnou veličinou ve vstupu pro posuzování LCA.



Obr. 6-8 Finální varianta, základní rozměry, M 1:20

6.4 Vnitřní mechanismy a komponenty

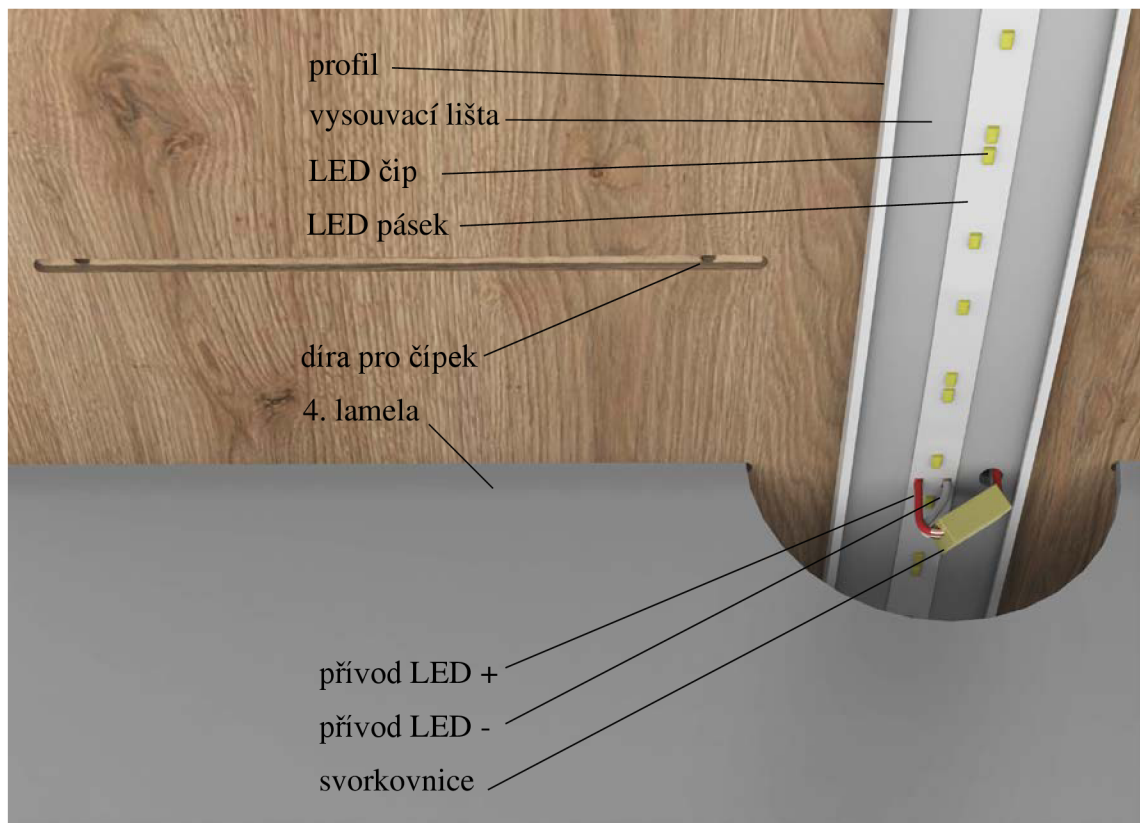
Základem konstrukce je nosná deska z překližky, na které jsou zavěšeny lamely. Lamely jsou na nosné desce upevněny pomocí tvarového spoje, čípek. Čípek (viz Obr. 6-9) je v pasivní poloze rozevřený. Když se lamela vkládá na příslušné místo nosné desky, čípek se stáhne a ukotví se v díře. Lamelu je možné sejmout, když se za ni zatáhne ve svislém směru, čípky tak vyjedou z děr. Aby se lamela nevlnila a nekroutila, jsou na každé lamele 4 čípky.



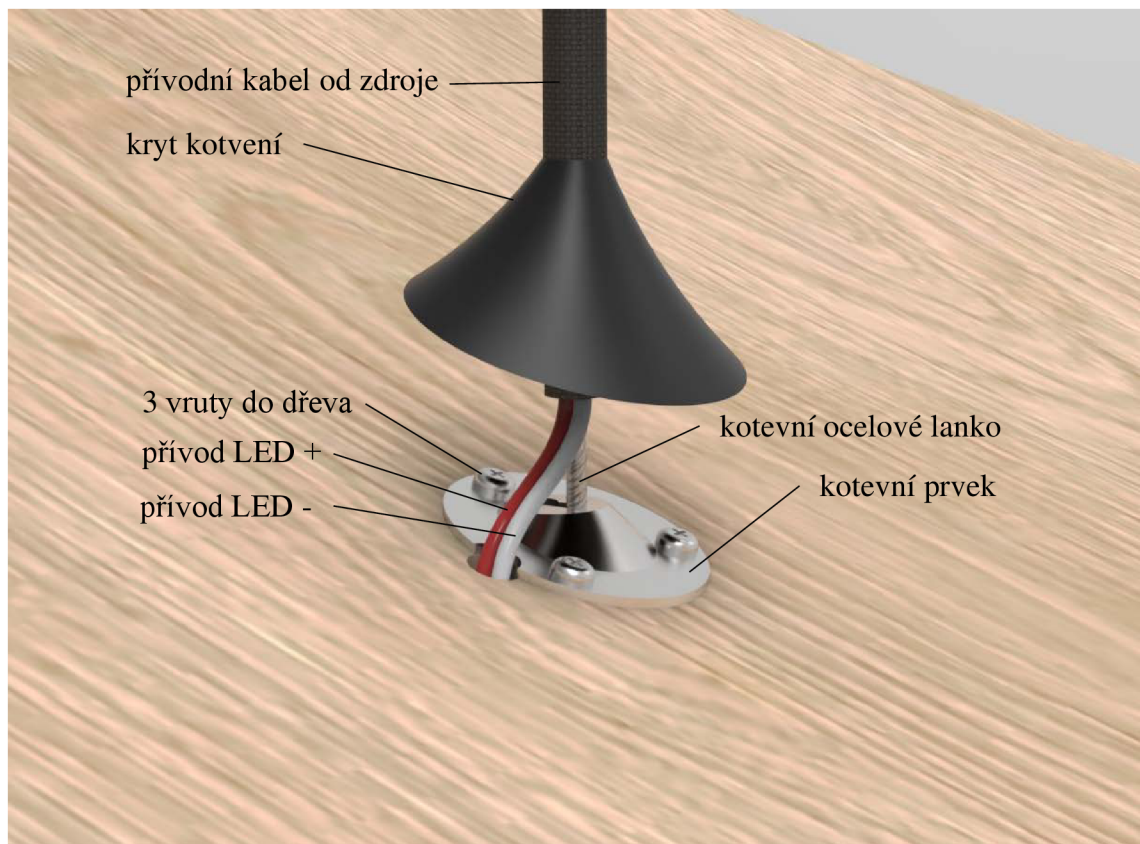
Obr. 6-9 Detail, čípek

Nosná deska je zavěšena ke stropu na obou koncích, nad 4. lamelou od kraje (viz Obr. 6-11). Zavěšená je pomocí dvou kabelů, kterými mohou vést nejen vodiče, ale i kotevní ocelové lanko. Jelikož je pro LED pásek dostačující přívod pouze z jednoho zdroje, jeden kabel vede kotevní lanko a přívody LED + a – ke zdroji, druhý kabel vede pouze kotevní lanko. Obě lanka jsou zajištěna kotevním prvem z korozivzdorné ocele. K nosné desce jsou oba kotevní prvky připevněny 3 vruty do dřeva [71]. Ukotvení, konec kabelu a vodiče jsou schovány pod plastovými krytkami.

Ze spodní strany nosné desky (viz Obr. 6-10) je přilepen profil, do kterého se zasune lišta s LED páskem. Na profilu je také připevněna zacvakávací difúzní trubice, která kryje LED pásek. Po obou stranách je zajištěna koncovkami. Profil je přilepený k nosné desce pomocí lepidla. Napájení LED pásku zajišťují 2 vodiče (LED +, -) a je zapotřebí beze-šroubové svorkovnice k propojení vodičů od LED pásku a vodičů vedoucích kabelem ke zdroji.

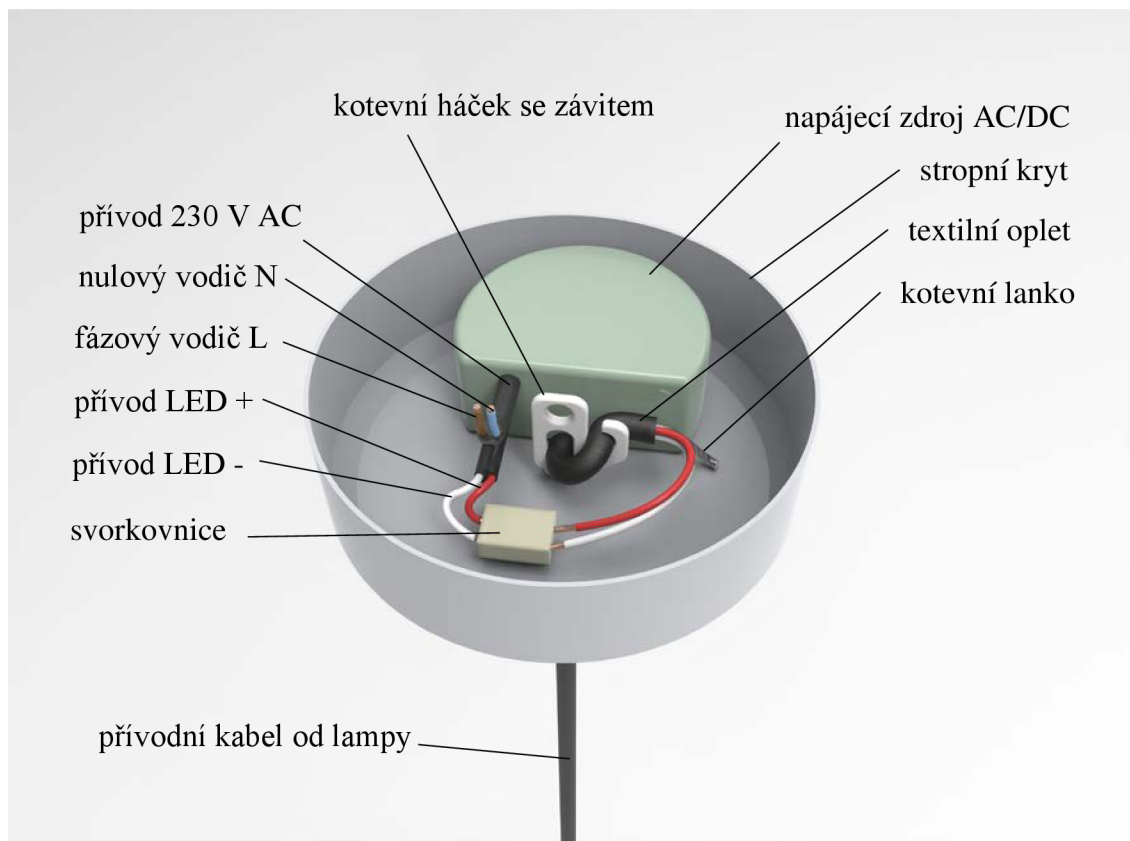


Obr. 6-10 Detail, spodní strana nosné desky



Obr. 6-11 Detail, kotvení nosné desky

Řešení uložení komponent ve stropním krytu viz Obr. 6-12. U stropu je kabel provlečen vnitřkem trubičky (z vnějšku opatřené závitem), na jejímž horním konci se nachází kotevní háček. Kabel je zastřižen v požadované délce a zajištěn otvory a záhyby kotevního háčku, načež je háček zavěšen ke stropu. Vodiče LED + a – pokračují přes svorkovnici do zdroje s integrovanou řídicí elektronikou. Zdroj je dále napojen na síťové napětí 230 V AC. Stropní kryt je upevněn tak, že se pod kotevním háčkem našroubuje kroužek se závitem a stropní kryt je tak upevněn mezi kotevním háčkem a kroužkem.



Obr. 6-12 Detail, schéma komponent ve stropním krytu

6.5 Materiálové řešení

Finální materiálové řešení počítá s lamelami z HDPE. Tloušťka lamel byla zvolena 2,5 mm jako kompromis mezi vhodnými proporcionálními vztahy, nižšími hodnotami hmotnosti pro výpočet LCA a požadovanými materiálovými vlastnostmi. HDPE byl vybrán pro svoje mechanické vlastnosti, stejně tak jako výhodné hodnoty pro OP metodu při posuzování LCA. Rozhodující byly také jeho optické vlastnosti, snadná recyklovatelnost, omyvatelnost a stabilita při působení UV záření [64].



Obr. 6-13 HDPE desky [72]

Jako nosná deska byla použita překližka o tloušťce 15 mm. Byla zvolena pro svoje vizuální i materiálové vlastnosti a s ohledem na tvarování nosné desky a technologii výroby. Výroba prohnuté desky z překližky není náročná a na rozdíl od dřeva si překližka spíše zachovává finální tvar. Vzhled lampy je také možno ovlivnit volbou dřeva pro překližku. V současnosti lze použít i březovou překližku s vnějším pláštěm z dýhy jiného, cennějšího dřeva.



Obr. 6-14 Překližka [73]

6.6 Technologie

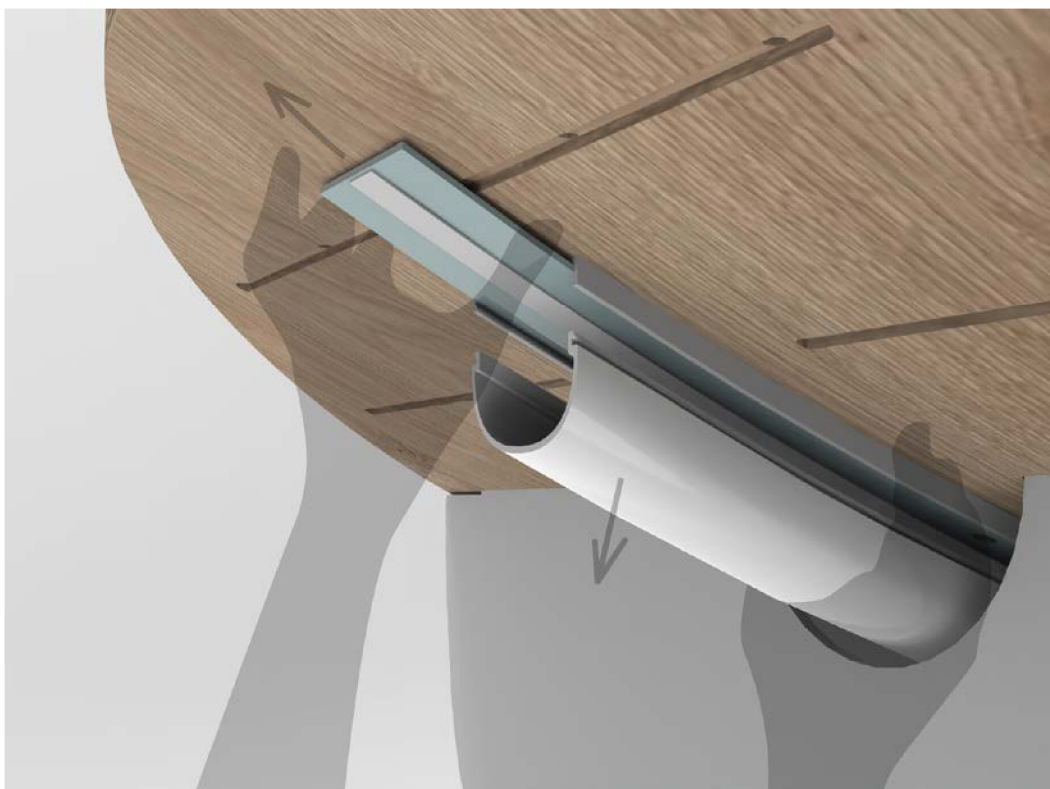
Technologie výroby jsou pro všechny komponenty popsány, viz Příloha G. Výroba překližky je vlastní technologický proces, který vyžaduje spojit jednotlivé vrstvy dýhy do výsledného kompozitu. Pro ořezání nosné desky do tvaru elipsy se uvažuje použití laseru. Pro lamely z HDPE je předně potřeba získat fólii za pomoci procesu sheet extrusion a z této fólie bude následně, opět pomocí laseru, získán finální tvar. Většina dalších plastových součástí je pak vyrobena metodou injection moulding, injekčním vstřikováním plastů do forem.

6.7 Ergonomie

Z hlediska ergonomie byla třeba vyřešit otázka ovládání lampy. Světlo je integrováno do rozvodné sítě budovy a je ovládáno prostřednictvím certifikovaných renomovaných výrobců ovladačů. Příslušný ovladač by nejen zapínal a vypínal světlo, ale také ovládal nastavení jasu.

Dále se nabízela otázka údržby závěsného světla. K výměně LED pásku nebude docházet příliš často, poněvadž moderní LED pásky mohou mít životnost až kolem 50 000 hodin [74]. Při odhadované uživatelské fázi této lampy (provoz 10 hodin denně, pět dní v týdnu) by to znamenalo zhruba 19 let provozu bez výměny LED pásku.

Přesto však je třeba výměnu pásku umožnit, už jen kvůli případné závadě a environmentální zodpovědnosti. Výměna pásku je možná i bez nutnosti spuštění celého světla na zem. Pásek je přilepený na vysunovací liště, která je přístupná po sejmutí zacvakávacího difuzního krytu (viz Obr. 6-15). Lištu je možno vytáhnout po sejmutí svorkovnice, pásek se vymění, lišta zasune do profilu a vodiče se znovu zapojí do svorkovnice.



Obr. 6-15 Vysouvání lišty, snímání difuzního krytu

6.8 Bezpečnost a hygiena

Při montáži i údržbě je třeba počínat si dle zásad o bezpečnosti a ochraně zdraví při práci. Proto by montáž nebo údržbu měla vždy provádět osoba informovaná o bezpečné práci s elektřinou a elektrickými zařízeními. Při montáži, nebo údržbě (výměně umělého zdroje světla, nebo i při čištění) je třeba odpojit svítidlo od zdroje napájení, a to nejen vypnutím vypínače, ale i jističe.

Čištění krytu lampy je možné provést více způsoby. Vzhledem k typu prostředí, kde se bude nejčastěji tato lampa používat, předpokládáme především čištění od běžného prachu. Nejčastěji bude třeba čistit základní desku, která je zavěšená horizontálně, a proto na ni bude nejvíce usadat prach. Vzhledem k nekomplikovanému tvarování a zvolenému materiálu, nebude však čištění problematické. Pro primární ošetření povrchu byl zvolen tvrdý voskový olej, který ochraňuje dýhu proti nečistotám a vlhkosti. Lamely bude možno očistit prachovkou, nebo – pro důkladnější čištění – lze lamely sejmout, očistit a znovu zavěsit (viz Obr. 6-16).



Obr. 6-16 Snímaní lamely

6.9 Udržitelnost

Použitý materiál, HDPE, není biodegradabilní, ale je recyklovatelný a jeho významnou výhodou je, že využití recyklovaného HDPE je cenově výhodnější než výroba a použití čistě nového. Je sice vyráběn za použití fosilních paliv, ale vzhledem k požadovaným vlastnostem (difúze světla, omyvatelnost, stabilita při UV záření) a snadné recyklaci byl vhodným kandidátem pro výrobu lamel. Zároveň bylo jeho použití aplikováno co nejšetrněji, takže celá lamela je z jednoho kusu desky, kotvící čípky jsou její součástí, a tudíž nebylo použito žádného spojovacího materiálu jiného druhu, které by znesnadnily recyklaci. [64]

Co se týče zdroje použitého osvětlení, LED technologie je v současnosti jedním z nejlepších řešení. Mají velmi vysokou životnost a zároveň přinášejí úsporu energie, jelikož mají vyšší účinnost. Také jsou šetrnější k životnímu prostředí, jelikož obsahují minimální množství nebezpečných látek. [32]

Překližka je sice kompozitním materiálem, ale zároveň je vyrobená z nefosilního obnovitelného zdroje. Jelikož má překližka dobrou odolnost i životnost, až závěsná lampa doslouží, je možné uvažovat o upcyklaci překližky a jejím využití pro jiný projekt. Překližku lze také recyklovat. Pro ochranu povrchu nosné desky byl zvolen tvrdý voskový olej, který je na bázi přírodních olejů, pryskyřic a vosků, dovoluje dřevu dýchat a obsahuje minimum nebezpečných látek. [75]

7 BAREVNÉ A GRAFICKÉ ŘEŠENÍ

7.1 Barevné řešení

Hlavní barevné řešení (viz Obr. 7-1) je laděné minimalisticky. Překližková nosná deska si zachovává vzhled a charakter dřeva, lamely jsou mléčné, průsvitné, aby umožňovali difúzi světla. Kotvící prvky jsou černé, aby se vizuálně oddělily od krytu lampy a zároveň se držely v pozadí. Například bílé provedení by je mohlo opticky zvětšovat, což není žádoucí. Barva světla je neutrální bílá, jelikož ta může vyhovovat široké škále prováděných pracovních úkonů člověka, a zároveň je pro nás nejpřirozenější.



Obr. 7-1 Hlavní barevná varianta

Kombinace překližky a jednoduchých průsvitných lamel vytváří dojem elegance, čistého a lehkého provedení. Jako protipól tohoto barevného řešení v klasičtějším stylu, bylo zvoleno doplňkové barevné řešení, které působí více moderně (viz Obr. 7-2). Nosná deska je opatřena černým lakem (RAL 9011), kotvení je ponecháno černé a průsvitné lamely zůstávají bílé (RAL 9010). Mění se však barva světla, která již není neutrální bílá, ale chladná bílá. Namodralá barva světla bude vybízet organismus k činnosti a vyšší aktivitě, není ovšem příliš vhodná k relaxaci a odpočinku.



Obr. 7-2 Doplnková barevná varianta

7.2 Grafické řešení

7.2.1 Název

Za názvem závěsného světla *juganoo*, stojí podobnost lamelárního krytu lampy s členitým tělem světlušky. Zároveň je světluška samozřejmě jedním z živočichů, kteří ve tmě svítí. V angličtině byl již název pro různé typy osvětlení použit, proto je název v hindštině.

7.2.2 Logotyp

Pro logotyp (viz Obr. 7-3) je použita písmová rodina Atiba a řez písma je základní, ačkoliv působí spíše tučně. Konvexní linie, která slovo přerušuje, odkazuje na tvarování těla lampy. Pro uvedení logotypu na tělo lampy by mohla být použita technologie gravírování, která by šla výborně aplikovat na nosnou desku z překližky. Logotyp je navržen pouze v základní černobílé variantě.

juganoo

Obr. 7-3 Logotyp

Logotyp bude umístěn na horní straně nosné desky (viz Obr. 7-4). Uvažováno bylo i umístění na konci nosné desky ze spodní strany, tedy na velmi dobře viditelném místě. Problematické však bylo, že takovéto umístění logotypu působilo vizuálně rušivě a příliš odvádělo pozornost od tvarového řešení.



Obr. 7-4 Umístění logotypu

8 DISKUZE

Finální design závěsného světla reaguje na stanovené cíle a současně navazuje na informace získané z designerské a technické analýzy daného tématu. Respektuje posouzení environmentálních dopadů v rámci celého životního cyklu a zároveň dbá na to, aby byl design estetický, funkční a vyrobitelný.

8.1 Psychologická funkce

Závěsné světlo bylo řešeno s ohledem na environmentální dopady, potenciál k recyklaci a udržitelnost. Současně však velikostně a esteticky odpovídá specifickým interiérovým prostorům daných cílových skupin. Krytování je řešeno tak, aby omezovalo stínění, ale zároveň působilo sofistikovaně, organicky a elegantně. Použitý zdroj světla umožňuje ovládání jasu, čímž se snadněji přizpůsobuje individuálním požadavkům cílových uživatelů. Závěsné světlo tak může být použito při různých činnostech k docílení požadovaného výsledku, ať už jím je navození vhodné atmosféry, nebo optimální zrakové podmínky pro pracovní výkon. Barva chromatičnosti světla je neutrální bílá, jelikož se jedná o člověku nejpřirozenější barvu světla a je vhodná jak pro pracovní činnost, tak pro relaxaci.

8.2 Sociální funkce

Konstrukce závěsné lampy byla navržena s ohledem na konečnou etapu životního cyklu výrobku. Materiály byly preferovány jedno-druhové a spoje rozebíratelné. Použité materiály byly voleny s ohledem na environmentální dopady a posouzeny metodou LCA.

Bezpečnost je u závěsného osvětlení třeba primárně řešit při přímém kontaktu člověka s osvětlením. Jelikož se jedná o závěsné osvětlení, předpokládá se zavěšení mimo dosah člověka, a proto můžeme předpokládat, že se člověk do přímého styku s jakoukoli částí osvětlení dostává úmyslně, pravděpodobně při údržbě. Je tedy třeba dbát na to, aby údržbu prováděla osoba poučená o bezpečné práci s elektřinou a elektrickými zařízeními. Při údržbě je třeba preventivně odpojit svítidlo od zdroje napájení.

8.3 Ekonomická funkce

Závěsné osvětlení je na trhu velmi široce zastoupené, snadno můžeme najít jak příklady kusové, tak sériové výroby. Součástí zadání této práce bylo závěsné osvětlení orientovat na sériovou výrobu, čemuž byl přizpůsobený jak použitý materiál, tak konstrukce a technologie výroby.

Životnost výrobku může být ovlivněna prostředím, ve kterém bude umístěn, anebo například životností zdroje světla. Proto byl jako umělý zdroj světla zvolen LED pásek, který zpravidla vyniká dlouhou životností. Závěsné světlo je také koncipováno tak, aby bylo LED pásek možné vyměnit. Výhodou LED technologie je mimo jiné také úspora energie, z důvodu vyšší účinnosti.

8.4 Marketingová analýza

Pro utřídění poznatků o navrženém závěsném osvětlení byla vypracována SWOT analýza (viz Tabulka 8-1). Ta pojmenovává silné a slabé stránky výrobku, potenciální příležitosti, které pro výrobek plynou, a hrozby, které by mohly zapříčinit neúspěch výrobku na trhu.

Tabulka 8-1 SWOT analýza

S – SILNÉ STRÁNKY	W – SLABÉ STRÁNKY
<ul style="list-style-type: none">• řešení krytu• omezení oslnění• nastavitelný jas• neutrální bílé světlo• environmentální šetrnost• estetické kvality i při vypnutém osvětlení	<ul style="list-style-type: none">• důkladné čištění je časově náročnější• vhodná pouze pro specifické prostory• HDPE je vyráběno z ropy
O – PŘÍLEŽITOSTI	T – HROZBY
<ul style="list-style-type: none">• design celé řady osvětlení (nástěnné, stojací, stolní lampy)• design zmenšené verze pro soukromý sektor• vývoj vlastní ovládací aplikace• rozvoj doplňkových funkcí lampy	<ul style="list-style-type: none">• zpřísněné regulace pro ekodesign• pokles popularity závěsného osvětlení• vysoká konkurence na trhu

8.5 Cílová skupina

Závěsné světlo je určeno do veřejného i soukromého sektoru. Významnými parametry, které je třeba brát v úvahu, jsou rozměr a cenová hladina. Ty osvětlení směřují do specifických interiérových prostor pro vyšší střední třídu s nadprůměrným příjmem a sociálním i kulturním kapitálem. Dimenzování lampy je cílené na prostornější místnosti, kde bude mít tvarování možnost vyniknout, a spíše splyne s prostorem, než aby ho zatížilo.

8.6 Cenová hladina

Cena bude ovlivněna způsobem a místem prodeje. Jelikož se předpokládá celosvětový trh, cena výrobku se bude pro různé části světa značně lišit. Významnou roli zde také bude hrát místo výroby – zda bude jedno, nebo jich bude více. Za významné směrodatné ukazatele považujeme, že plánujeme sériovou výrobu, zároveň se však jedná o práci designéra a závěsné osvětlení je nadstandartních rozměrů. Odhadované cenové rozpětí může být od 15 000 do 20 000 Kč.

8.7 Zhodnocení LCA

Zhodnocení LCA v rámci práce proběhlo poprvé při posouzení variantních návrhů, podruhé při posouzení materiálových návrhů finální varianty. Na závěr byl také pomocí LCA zhodnocen obal. Není kalkulováno se servisními zásahy v rámci životního cyklu.

8.7.1 Varianty I, II, III

Pro optimální porovnání výsledků energetické náročnosti byly všechny variantní návrhy hodnoceny z hlediska výsledků EoL:

- Varianta I: skládkování 738,671 MJ, spalování 627,887 MJ a recyklace (90 %) 648,426 MJ.
- Varianta II: skládkování 104,752 MJ, spalování 56,320 MJ a recyklace (90 %) 85,877 MJ.
- Varianta III: skládkování 734,095 MJ, spalování 412,215 MJ a recyklace (90 % mimo překližku) 856,126 MJ.

Výběr finální varianty byl komplikovanější, poněvadž bylo kromě výsledků LCA třeba zohlednit i estetické kvality, míru, s jakou odpovídají cílové skupině a vytyčeným cílům a perspektivnost řešení. Varianta II měla sice výborné výsledky pro LCA, ale byla by nejproblematictější z hlediska údržby – uvnitř krytu by se hromadil prach a nečistoty a bylo by náročné je odstranit. Tato varianta je také značně menší, což podstatně ovlivňuje výsledky. Pro větší prostory, kde by ostatní dvě varianty mohly být použity jako solitéry, by byla tato varianta použita ve skupině. Pro ten případ by také bylo vhodné vyřešit jiný systém kotvení u stropu, aby každá z lamp nebyla kotvena samostatně. Na základě těchto úvah byla vybrána jako finální Varianta III.

8.7.2 Varianta III/1, III/2, III/3

Stejně tak byly podle energetické náročnosti posouzeny materiálové verze Varianty III:

- Varianta III/1 (deska překližka, lamely HDPE): skládkování 943,377 MJ, spalování 482,844 MJ a recyklace (90 % mimo překližku) 1 264,935 MJ.
- Varianta III/2 (deska lisovaný papír, lamely netkaná textilie): skládkování 1 116,161 MJ, spalování 712,643 MJ a recyklace (90 %) 1 392,494 MJ.
- Varianta III/3 (deska PP, lamely PMMA): skládkování 1 747,459 MJ, spalování 1 006,486 MJ a recyklace (90 %) 1 713,076 MJ.

Významným poznatkem – plynoucím z tohoto posudku – je, že ne vše, co vypadá na první pohled environmentálně šetrné je pravdou, může dojít k situaci, kdy výpočet LCA potvrdí pravý opak. Varianta III/1, s nosnou deskou z překližky a s lamelami z HDPE, byla vybrána jako nejvhodnější varianta, co se týče hodnot LCA, estetického hlediska i z hlediska údržby. Není vyloučeno, že při jiném estetickém zpracování, jiné kombinaci použitých materiálů a technologií, může LCA vyjít lépe.

Nevýhodou této varianty je, že ve výpočtu EoL recyklace dochází k nárůstu energie oproti výrobě z primárních surovin. K tomu dochází, jelikož nosná deska z překližky vyžaduje energii na recyklaci (drcení, třídění), ale při výrobě pak uvažujeme výrobu překližky z primárních surovin. (Z estetického hlediska potřebujeme použít novou dýhu, nikoli drcené dřevo.) I přesto však má stále tato varianta nejlepší výsledky.

Nakonec bylo ještě vytvořeno poměrné zhodnocení užité fáze vybrané Varianty III/1. Srovnání probíhá mezi energetickou náročností části cyklu (součet produkce, výroby, transportu a EoL) a užitnou fází. Užitná fáze má energetické nároky jako 93,0 % nároků na skládkování, 171,0 % nároků na spalování a 70,6 % nároků na recyklaci.

8.7.3 Transport

Transport byl uvažován pro Variantu III/3. V rámci transportu je veškerý materiál do České republiky dovážen z Číny, mimo překližku, která je získána v České republice. Jedná se o převoz z Hongkongu do Hamburgu lodí 11 762 námořních mil (21 783 km) [69], z Hamburgu do Brna 840 km [70] nákladním autem, z Brna na místo sestavení 100 km dodávkou. Překližka je dovážena 200 km na místo sestavení dodávkou. Energetický požadavek na transport celkově činí 66,624 MJ.

8.7.4 Obal

Na závěr byl pro finální variantu navržen obal, který byl také posouzen podle energetické náročnosti:

- Obal: skládkování 74,822 MJ, spalování 38,626 MJ a recyklace (90 %) 118,264 MJ.

Výsledné hodnoty EoL pro obal a Variantu III/1 byly dány do souvislosti ve formě poměru. (Součet počítáme jako produkce, výroba, EoL obalu a světla.) Na obal vychází u skládkování 7,3 % vydané energie, u spalování 7,4 % vydané energie a pro recyklaci 8,6 % z celkové vydané energie.

9 ZÁVĚR

Předmětem této práce bylo navrhnout závěsné světlo, které bude řešeno s ohledem na environmentální dopady v rámci svého životního cyklu. Na počátku byla provedena rozsáhlá rešerše existujících výrobků. Protože závěsné osvětlení je na trhu velmi široce zastoupeno (a protože se to nabízelo s ohledem na nutnost pozdějšího zpracování posudku pomocí LCA), k podrobnější rešerši byly výrobky vybrány a kategorizovány podle materiálů. Vybraní zástupci byli popsáni detailněji v designérské analýze. V technické analýze byly následně rozebrány přidružené souvislosti, technické parametry a základní poznatky. Jako součást analýzy byla vypracována taxonomie, jejímž účelem bylo pomoci stanovit si cíle a utřídit si poznatky.

Na základě cílů práce a poznatků z analýz, byly vypracovány tři variantní návrhy. Ty byly podrobněji popsány a následně posouzeny pomocí LCA, z hlediska energetické náročnosti. Pro optimální porovnání výsledků byly varianty seřazeny do tabulky výsledků pro dané EoL (viz Tabulka 4-1). Zde uvádíme pro EoL skládkování (recyklace 0 %) hodnoty energetických požadavků (součet produkce, výroby, skládkování): Varianta I 738,671 MJ, Varianta II 104,752 MJ, Varianta III 734,095 MJ.

V této fázi bylo důležité nejen přihlédnout k hodnocení LCA, ale především porovnat tři varianty z hlediska jejich kladů a záporů, určit, která z variant lépe odpovídá všem cílům a posoudit jejich celkovou estetickou hodnotu. Na základě těchto faktorů byla zvolena Varianta III jako základ finální varianty. Varianta II ji sice dalece předčila ve výsledcích LCA, ale pro její výrazné nedostatky z hlediska estetiky a údržby ji převážilo řešení Varianty III.

Po výběru konceptu řešení bylo třeba nejprve finalizovat tvarování. Největší úpravy se týkaly tvarování celého krytu nosné desky i lamel. Dimenzování jednotlivých komponent, bylo třeba řešit ve vzájemné souvislosti nejen po proporční stránce, ale i vzhledem k environmentálním dopadům a vstupním parametrům pro výpočet LCA. Finální koncept bylo třeba znovu posoudit metodou LCA a pro tento účel byly navrženy tři materiálové varianty. Pro ně bylo také nutné detailně navrhnout konstrukční, materiálové a technologické řešení, které slouží jako podklad pro posudek LCA. Z hlediska konstrukce byl řešen zejména způsob ukotvení a napájení, jako zdroj osvětlení byl zvolen LED pásek pro svoji vysokou životnost a účinnost.

Výsledky LCA pro Variantu III/1 byly opět porovnány podle energetické náročnosti vzhledem k EoL (viz Tabulka 6-1). Pro zvolenou Variantu III/1 vychází: skládkování 943,377 MJ, spalování 482,844 MJ a recyklace (90 % mimo překližku) 1 264,935 MJ. Varianty III/2 a III/3 pro lepší přehlednost porovnávané vůči finální Variantě III/1. Pro Variantu III/2 je výdej energie u skládkování o 15,5% vyšší, u spalování o 32,2 % vyšší a u recyklace o 9,2% vyšší. Pro Variantu III/3 je u skládkování o 46,0 % vyšší, u spalování je o 52,0 % vyšší a u recyklace o 26,2 % vyšší. Není vyloučeno, že při jiném estetickém zpracování, jiné kombinaci použitých materiálů a technologií, může LCA vyjít lépe.

Za finální materiálovou verzi byla zvolena Varianta III/1, závěsné světlo s nosnou deskou z překližky a s lamelami z HDPE. Tento materiálový návrh byl z uvedených návrhů nejvhodnější, a to nejen z environmentálního hlediska, ale také z hlediska údržby a estetické stránky.

Uživatelská fáze uvažuje životnost LED pásku až 50 000 hodin, je počítána na časový horizont 5 let s provozem 10 hodin denně, pět dní v týdnu. Při srovnání s ostatními energetickými nároky Varianty III/1 na závěsné osvětlení (součet produkce, výroby, transportu a EoL) vychází uživatelská fáze jako 93,0 % energetických výdajů na skládkování, 171,0 % na spalování a 70,6 % na recyklaci.

Transport probíhá z Hongkongu do Hamburgu lodí, z Hamburgu do Brna nákladním autem a z Brna na místo sestavení dodávkou. Překližka je získávána lokálně a dovážena na místo sestavení dodávkou. Při porovnání s výsledky pro dané EoL (součet produkce, výroba, EoL) vychází transport jako 7,0 % energetických výdajů skládkování, 13,8 % spalování a 5,3 % recyklace.

Pro finální variantu byl také navržen obal zaměřený na alternativní řešení obalových materiálů. (Namísto bublinkové folie byl použit voštinový papír a namísto polystyrenu papírové voštinové desky.) Porovnáním s výsledky pro EoL (součet výroby, produkce a EoL lampy i obalu) vychází, že skládkování obalu tvoří 7,3 % vydané energie, spalování 7,4 % vydané energie a recyklace 8,6 % z celkové vydané energie.

Kryt závěsného světla je řešen ve formě lamel zavěšených na nosné desce. Lamely jsou difúzní, rozptylují světlo a zároveň slouží k omezení oslnění. Díky jejich použití vzniká unikátní řešení krytu, který se mění s každým úhlem pohledu. Lampu je možné použít samostatně, nebo v menší skupince, v závislosti na prostoru. Celkově návrh kombinuje řešení funkční, materiálové, technologické i estetické a zároveň uvažuje environmentální dopady a udržitelnost.

Na závěr lze konstatovat, že vytyčené hlavní i dílčí cíle práce byly splněny. Bylo vytvořeno hodnotné designéřské řešení, které je konkurenceschopné na současném trhu. Projekt také nabízí mnoho příležitostí do budoucna, například v podobě designu celé řady osvětlení jiných typů, nebo návrh zmenšené varianty vhodnější pro použití v menších prostorech.

10 SEZNAM POUŽITÝCH ZDROJŮ

- [1] PH Artichoke. In: *Louis Poulsen* [online]. [cit. 2023-04-11]. Dostupné z: <https://www.louispoulsen.com/en/catalog/private/pendants/ph-artichoke?v=90145-5741111978-01&t=history&t=spareparts>
- [2] IKEA PS 2014. In: *Red Dot* [online]. [cit. 2023-04-11]. Dostupné z: <https://www.red-dot.org/project/ikea-ps-2014-31993>
- [3] IKEA PS 2014. In: *IKEA* [online]. [cit. 2023-04-11]. Dostupné z: <https://www.ikea.com/cz/cs/p/ikea-ps-2014-zavesna-lampa-bila-medena-barva-10311488/>
- [4] Illan. In: *Red Dot* [online]. [cit. 2023-04-11]. Dostupné z: <https://www.red-dot.org/project/illan-49760>
- [5] Illan. In: *Luceplan* [online]. [cit. 2023-04-11]. Dostupné z: <https://www.luceplan.com/products/illan-suspension>
- [6] Slice. In: *PORVENTURA* [online]. [cit. 2023-04-11]. Dostupné z: <https://www.porventura.pt/en/accessories/slice-ceiling-lamp>
- [7] Breath of light. In: *PRECIOSA* [online]. [cit. 2023-04-11]. Dostupné z: <https://www.preciosalighting.com/breath-of-light>
- [8] Breath of Light. In: *Red Dot* [online]. [cit. 2023-04-11]. Dostupné z: <https://www.red-dot.org/de/project/breath-of-light-25781>
- [9] Signature Designs. In: *PRECIOSA* [online]. [cit. 2023-04-11]. Dostupné z: <https://www.preciosalighting.com/signature-designs>
- [10] BOYA. In: *KABO & PYDO* [online]. [cit. 2023-04-11]. Dostupné z: <https://kabo-pydo.com/en/portfolio/boya/>
- [11] BURKE, Charlotte. Sustainable Lighting: A Design for Life. In: *Designer Lighting Company* [online]. [cit. 2023-04-11]. Dostupné z: <https://www.designerlightingcompany.co.uk/blog/sustainable-lighting-a-design-for-life/>

- [12] Graypants: SUN. In: *Designer Lighting Company* [online]. [cit. 2023-04-11]. Dostupné z: <https://www.designerlightingcompany.co.uk/type-c2/ceiling-pendants-c3/sun-large-recycled-s-light-ceiling-pendant-p1590>
- [13] Ni-Ni. In: *Clar Objects Luminaries* [online]. [cit. 2023-04-11]. Dostupné z: <https://lightbyclar.com/products/ni-ni?variant=1035956977670>
- [14] About Clar. In: *Clar Objects Luminaries* [online]. [cit. 2023-04-11]. Dostupné z: <https://lightbyclar.com/blogs/abouty/about-clar>
- [15] HEY-SIGN WAVE. In: *Archiproducts* [online]. [cit. 2023-04-11]. Dostupné z: https://www.archiproducts.com/en/products/hey-sign/acoustic-office-felt-pendant-lamp-wave-pendant-lamp_365456
- [16] HEY-SIGN ceiling object WAVE. In: *IF Design* [online]. [cit. 2023-04-11]. Dostupné z: <https://ifdesign.com/en/winner-ranking/project/hey-sign-ceiling-object-wave/301531>
- [17] Ceiling object Wave with luminaire. In: *HEY-SIGN* [online]. [cit. 2023-04-11]. Dostupné z: <https://hey-sign-shop.de/en/living/luminaires/ceiling-object-wave-with-luminaire?c=15>
- [18] Acoustic Static Links. In: *LightArt* [online]. [cit. 2023-04-11]. Dostupné z: <https://lightart.com/product/static-links>
- [19] [T3] Pendant light triangle. In: *GANT LIGHTS* [online]. [cit. 2023-04-11]. Dostupné z: <https://gantlights.com/en/product/t3-pendant-light-triangle/>
- [20] GANTlights. In: *GANT LIGHTS* [online]. [cit. 2023-04-11]. Dostupné z: <https://gantlights.com/en/about/>
- [21] Split Pendant Lamp. In: *Pamono* [online]. [cit. 2023-04-11]. Dostupné z: <https://www.pamono.eu/grey-concrete-gold-cap-split-pendant-lamp-by-dror-kaspi-for-ardoma-studio>
- [22] *ČSN EN 12464-1 Světlo a osvětlení - Osvětlení pracovišť - Část 1: Vnitřní pracoviště*. 2022.

- [23] Energy-Saving Lamps & Health: 1. Introduction - What is light?. In: *An official website of the European Union* [online]. [cit. 2023-04-11]. Dostupné z: https://ec.europa.eu/health/scientific_committees/opinions_layman/en/energy-saving-lamps/1-3/1-light-electromagnetic-spectrum.htm
- [24] Jakou roli hraje při výběru světelných zdrojů teplota chromatičnosti neboli barevná teplota?. In: *K&V ELEKTRO* [online]. [cit. 2023-04-11]. Dostupné z: <https://www.kvelektro.cz/blog/clanek/teplota-chromaticnosti>
- [25] Warm vs Cool Lighting. In: *Natale Neighborhoods* [online]. [cit. 2023-04-11]. Dostupné z: <https://www.natalebuilders.com/blog/warm-vs-cool-lighting-what-should-you-use-in-your-home>
- [26] Nařízení komise (EU) 2015/1428. In: *An official website of the European Union* [online]. [cit. 2023-04-11]. Dostupné z: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/CS/TXT/PDF/?uri=CELEX:32015R1428&from=CS>
- [27] Víte, jak funguje veřejné osvětlení?. In: *Pro elektrotechniky* [online]. [cit. 2023-04-11]. Dostupné z: <https://www.proelektrotechniky.cz/vzdelavani/26.php>
- [28] PRACHAŘ, Petr. *Elektronický předřadník pro vysokotlaké výbojky* [online]. Brno, 2014 [cit. 2023-04-11]. Dostupné z: <https://dspace.vutbr.cz/bitstream/handle/11012/33051/final-thesis.pdf?sequence=1&isAllowed=y>. Bakalářská práce. VUT v Brně, Fakulta elektrotechniky a komunikačních technologií. Vedoucí práce Ing. Roman Šotner, PhD.
- [29] KUSALA, Jaroslav. Zářivky. In: *RVP.cz* [online]. [cit. 2023-04-11]. Dostupné z: <https://clanky.rvp.cz/clanek/o/g/1456/ZARIVKY.html>
- [30] CYR, Aletheia. What are CFL bulbs and where should they be used?. In: *Regency Lighting* [online]. [cit. 2023-04-11]. Dostupné z: <https://insights.regencylighting.com/what-are-cfl-bulbs-and-where-should-they-be-used>
- [31] ŠVEJDAR, Pavel. *Barevné LED osvětlení* [online]. Pardubice, 2019 [cit. 2023-04-12]. Dostupné z: https://dk.upce.cz/bitstream/handle/10195/74497/SvejdarP_BarevneLED_JR_2020.pdf?sequence=4&isAllowed=y. Bakalářská práce. Univerzita Pardubice, Fakulta elektrotechniky a informatiky. Vedoucí práce Ing. Jiří Roleček.

- [32] LED technologie – Základní informace. In: *LEDme s. r. o.* [online]. [cit. 2023-04-12]. Dostupné z: <https://ledme.cz/textove-novinky/clanky/led-technologie-led-osvetleni>
- [33] TABORA, Vincent. LED — Lighting The Way And Saving Energy. In: *Medium* [online]. [cit. 2023-04-12]. Dostupné z: <https://medium.com/0xmachina/led-lighting-the-way-and-saving-energy-ecf760169189>
- [34] Pendant Wire Canopy Diagram. In: *Grand Brass Lamp Parts* [online]. [cit. 2023-04-12]. Dostupné z: <https://grandbrass.zendesk.com/hc/en-us/articles/203843060-Pendant-Wire-Canopy-Diagram->
- [35] Jak zapojit světlo a vypínač. In: *Svět svítidel* [online]. [cit. 2023-04-12]. Dostupné z: <https://www.svet-svitidel.cz/clanky/jak-zapojit-svetlo-a-vypinac/>
- [36] *Metals. General properties. Extraction and classification of metals.: General properties in all metals* [online]. In: . [cit. 2023-04-12]. Dostupné z: https://www.edu.xunta.gal/centros/cafi/aulavirtual/pluginfile.php/38297/mod_imscp/content/1/metals_general_properties_extraction_and_classification_of_metals.html
- [37] BÖHM, Martin, Jan REISNER a Jan BOMBA. Materiály na bázi dřeva. In: *Česká zemědělská univerzita v Praze* [online]. [cit. 2023-04-12]. Dostupné z: <https://drevene-materialy.fld.czu.cz/uvod/>
- [38] JIRÁSEK, Jakub a Martin VAVRO. Sklo. In: *Geologie VŠB: Vysoká škola Báňská – Technická univerzita Ostrava* [online]. Ostrava, 2007 [cit. 2023-04-12]. Dostupné z: <http://geologie.vsb.cz/loziska/suroviny/sklo.html>
- [39] Výroba skla. In: *Skleněný shop* [online]. [cit. 2023-04-12]. Dostupné z: <https://www.sklenenysshop.cz/zajimavosti-o-skle-vyroba-a-druhy-skla/>
- [40] Jak se vyrábí a recykluje papír?. In: *TONER PARTNER* [online]. [cit. 2023-04-12]. Dostupné z: <https://www.tonerpartner.cz/clanky/jak-se-vyrabi-a-recykluje-papir-53335cz39332/>
- [41] Vlastnosti papíru. In: *ELUC* [online]. [cit. 2023-04-12]. Dostupné z: <https://eluc.ikap.cz/verejne/lekce/2542>
- [42] Beton - vlastnosti, druhy, lexikon. In: *Envi web* [online]. [cit. 2023-04-12]. Dostupné z: <https://www.enviweb.cz/95401>

- [43] Jak se recyklují stavební a demoliční odpady (SDO): Betonový recyklát. In: *Třídění odpadu* [online]. [cit. 2023-04-12]. Dostupné z: <https://www.trideniodpadu.cz/jak-se-recykluje-stavebni-odpad>
- [44] LENFELD, Petr. Plasty a jejich zpracovatelské vlastnosti. In: *Technická univerzita Liberec, Fakulta strojní* [online]. [cit. 2023-04-12]. Dostupné z: http://www.ksp.tul.cz/cz/kpt/obsah/vyuka/skripta_tkp/sekce_plasty/01.htm
- [45] Jak se recykluje plast. In: *Třídění odpadu* [online]. [cit. 2023-04-12]. Dostupné z: <https://www.trideniodpadu.cz/jak-se-recykluje-plast>
- [46] JIRÁSEK, Jakub a Martin VAVRO. Keramika. In: *Geologie VŠB: Vysoká škola Báňská – Technická univerzita Ostrava* [online]. Ostrava, 2007 [cit. 2023-04-12]. Dostupné z: <http://geologie.vsb.cz/loziska/suroviny/keramika.html>
- [47] REJL, Oldřich. Kompozitní materiály ve stavebnictví. In: *TZB-info* [online]. [cit. 2023-04-12]. Dostupné z: <https://stavba.tzb-info.cz/stresni-okna/9909-kompozitni-materialy-ve-stavebnictvi>
- [48] ŽIVČÁK, Tomáš. Stavba a provoz strojů I: Spoje a spojovací součásti, Rozebíratelné spoje. In: *PUBLI* [online]. [cit. 2023-04-12]. Dostupné z: <https://publi.cz/books/208/01.html>
- [49] ŽIVČÁK, Tomáš. Stavba a provoz strojů I: Spoje a spojovací součásti, Nerozebíratelné spoje. In: *PUBLI* [online]. [cit. 2023-04-12]. Dostupné z: <https://publi.cz/books/208/02.html>
- [50] TEJA, Ravi. 22 Different Types of Light Switches. In: *Electronics Hub* [online]. [cit. 2023-04-12]. Dostupné z: <https://www.electronicshub.org/different-types-of-light-switches/>
- [51] Philips Hue Tap dial switch bílá. In: *CZC* [online]. [cit. 2023-04-12]. Dostupné z: <https://www.czc.cz/philips-hue-tap-dial-switch-bila/351759/produkt>
- [52] *Směrnice Evropského parlamentu a Rady 2009/125/ES: o stanovení rámce pro určení požadavků na ekodesign výrobků spojených se spotřebou energie* [online]. In: . s. 35 [cit. 2023-04-12]. Dostupné z: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/CS/TXT/PDF/?uri=CELEX:32009L0125&from=CS>

- [53] *Sdělení komise Evropskému parlamentu, Radě, Evropskému hospodářskému a sociálnímu výboru a Výboru regionů: Udržitelné výrobky jako standard* [online]. In: . Brusel, s. 15 [cit. 2023-04-12]. Dostupné z: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/CS/TXT/PDF/?uri=CELEX:52022DC0140&from=EN>
- [54] BOVEA, M.D. a V. PÉREZ-BELIS. A taxonomy of ecodesign tools for integrating environmental requirements into the product design process. *Journal of Cleaner Production* [online]. 2012, **20**(1), 61-71 [cit. 2023-04-12]. ISSN 09596526. Dostupné z: doi:10.1016/j.jclepro.2011.07.012
- [55] *ČSN EN ISO 14044 Environmentální management - Posuzování životního cyklu - Požadavky a směrnice*. 01.11.2006.
- [56] *ČSN EN ISO 14040 Environmentální management - Posuzování životního cyklu - Zásady a osnova*. 01.11.2006.
- [57] JANATOVÁ, Dana. Není pytlík jako pytlík, 3. díl: Je lepší pytlík z plastu, papíru nebo bioplastu?. In: *IPUR* [online]. [cit. 2023-04-12]. Dostupné z: <https://www.ipur.cz/video-je-lepsi-pytlik-z-plastu-papiru-nebo-bioplastu/>
- [58] Consider the full life cycle of the product. In: *Paints for life* [online]. [cit. 2023-04-12]. Dostupné z: <https://www.paintsforlife.eu/en/product-development/consider-life-cycle>
- [59] QUIST, Zazala. Life Cycle Assessment (LCA) – Complete Beginner’s Guide. In: *Ecochain* [online]. [cit. 2023-04-12]. Dostupné z: <https://ecochain.com/knowledge/life-cycle-assessment-lca-guide/>
- [60] POLYURETAN (Polyuretanový elastomer), Polytan. In: *Technické plasty* [online]. [cit. 2023-05-16]. Dostupné z: <https://www.technicke-plasty.cz/polyuretan>
- [61] Ohebný LED pásek. In: *LED Solution* [online]. [cit. 2023-04-17]. Dostupné z: https://eshop.ledsolution.cz/led-pasek-ohebny-6-2w-m/?variantId=73107&gclid=CjwKCAjw3POhBhBQEiwAqTCuBouWk1DBFyu3qiF1PEoHHSO20oP-6QKz5J5mpac9_b1-7EvfRVQ9yBoCg7wQA_vD_BwE
- [62] SVOBODA, Pavel a Jan BRANDEJS. *Výběry z norem pro konstrukční cvičení*. Vydání šesté, přepracované a doplněné. Brno: CERM, akademické nakladatelství, 2019. ISBN 978-80-7623-010-1.

- [63] Napájecí zdroj ALF 20W. In: *LED21 s.r.o.* [online]. [cit. 2023-05-15]. Dostupné z: https://www.smdledzarovky.cz/napajeci-zdroj-alf-20w-12v-dc-1-66a-do-krabice-ip67-vodeodolny?gclid=Cj0KCQjww4-hBhCtARIsAC9gR3YJxDHySEsR2DybLcPjgiu0jlmrxzCWinDPK0Ggswk-KmrdorrqSbsaAjEeEALw_wcB
- [64] TAYLOR-SMITH, Kerry a Laura THOMSON. Recycling of High-Density Polyethylene (HDPE or PEHD). In: *AZoCleantech* [online]. [cit. 2023-04-24]. Dostupné z: <https://www.azocleantech.com/article.aspx?ArticleID=255>
- [65] FOMITCHEV, George. Density of Various Kinds of Wood and Plywood. In: *Endurancelasers.com* [online]. 2020 [cit. 2023-05-16]. Dostupné z: <https://endurancelasers.com/density-of-various-kinds-of-wood-and-plywood/>
- [66] BEY, Niki. *The Oil Point Method: A tool for indicative environmental evaluation in material and process selection* [online]. Lyngby, Denmark, 2000 [cit. 2023-05-15]. ISBN 87-90855-09-4. Dostupné z: http://polynet.dk/lenau/niki_bey_phd_thesis.pdf. Disertace. Technical University of Denmark.
- [67] PUETTMANN, Maureen, Dominik KAESTNER a Adam TAYLOR. *CORRIM REPORT: Module D2 Life Cycle Assessment of Softwood Plywood Production in the US Southeast* [online]. University of Tennessee, 55 [cit. 2023-05-16]. Dostupné z: <https://corrim.org/wp-content/uploads/Module-D2-SE-Plywood.pdf>
- [68] What is the power consumption of a laser machine?. In: *Trotec Laser GmbH.* [online]. [cit. 2023-05-16]. Dostupné z: <https://www.troteclaser.com/en/learn-support/faqs/laser-power-consumption>
- [69] Hamburg to Hong Kong by Air freight: What is the distance between Hamburg to Hong Kong by ship?. In: *FLUENT CARGO* [online]. [cit. 2023-04-16]. Dostupné z: <https://www.fluentcargo.com/routes/hamburg-de/hong-kong-hk>
- [70] Trasa. In: *Mapy.cz* [online]. [cit. 2023-04-16]. Dostupné z: <https://mapy.cz/zakladni>
- [71] Vrut univerzální 4,5x12 PHH PZ2 ZB závit celý půlkul. hlava. In: *Hašpl a.s.* [online]. [cit. 2023-04-29]. Dostupné z: <https://www.haspl.cz/vrut-univerzalni-4-5x12-phh-pz2-zb-zavit-cely-pulkul-hlava.html>

- [72] High Density Polyethylene (HDPE) Sheets. In: *Grafix Plastics* [online]. [cit. 2023-05-10]. Dostupné z: <https://www.grafixplastics.com/materials-plastic-film-plastic-sheets/commodity-plastic-film/polyolefin-sheet/hdpe-sheet/>
- [73] Překližka dýhovaná. In: *KAPLAN, s.r.o.* [online]. [cit. 2023-05-10]. Dostupné z: <https://www.drevo-kaplan.cz/preklizka-dyhovana-10x2480x1230mm-dub-ab>
- [74] TURNER, Corey. How Long Do LED Light Strips Last?. In: *Lighting Access* [online]. [cit. 2023-04-16]. Dostupné z: <https://www.lightingaccess.com/light-strip-life/>
- [75] Oil, hardwax oil or polyurethane?. In: *VidaSpace* [online]. [cit. 2023-05-15]. Dostupné z: <https://www.vidaspace.co.nz/news-advice/oil-hardwax-oil-or-polyurethane>

11 SEZNAM POUŽITÝCH ZKRATEK, SYMBOLŮ A VELIČIN

11.1 Seznam použitých zkratk

<i>3D</i>	3-Dimensional
<i>ABS</i>	Acrylonitrile Butadiene Styrene
<i>Al</i>	Aluminium
<i>CE</i>	Conformite Europeenne
<i>Cu</i>	Cuprum
<i>EoL</i>	End of Life
<i>EPLC</i>	Environmental Product Life Cycle
<i>ERP</i>	Environmentally Responsible Product
<i>HDPE</i>	High-Density Polyethylene
<i>l</i>	Length
<i>LCA</i>	Life Cycle Assessment
<i>LCP</i>	Life Cycle Planning
<i>LED</i>	Light-Emitting Diode
<i>MET</i>	Material Energy Toxicity
<i>OPM</i>	Oil Point Method
<i>OSB</i>	Oriented Strand Board
<i>PA</i>	Polyamid
<i>PC</i>	Polycarbonate
<i>PCB</i>	Printed Circuit Board
<i>PILOT</i>	Product Investigation, Learning and Optimization Tool
<i>PMMA</i>	Polymethyl Methacrylate
<i>PP</i>	Polypropylene
<i>PU</i>	Polyurethane
<i>PVC</i>	Polyvinyl Chloride
<i>q</i>	Quantity

<i>Res</i>	Result
<i>S</i>	Surface
<i>SLCA</i>	Streamlined Life Cycle Assessment
<i>SWOT</i>	Strengths, Weaknesses, Opportunities, Threats
<i>V</i>	Volume

11.2 Seznam použitých jednotek

<i>g</i>	gram
<i>g/m²</i>	gram na metr čtvereční
<i>h</i>	hodina
<i>K</i>	kelvin
<i>kg</i>	kilogram
<i>km</i>	kilometr
<i>MJ</i>	megajoule
<i>MJ/m³</i>	megajoule na metr krychlový
<i>mm</i>	milimetr
<i>m</i>	metr
<i>m²</i>	metr čtvereční
<i>m³</i>	metr krychlový
<i>OP</i>	Oil Point
<i>OP/kg</i>	Oil Point na kilogram
<i>OP/m</i>	Oil Point na metr
<i>OP/m²</i>	Oil Point na metr čtvereční
<i>OP/t</i>	Oil Point na tunu
<i>V</i>	Volt
<i>W</i>	watt
<i>Wh</i>	watt hodina

12 SEZNAM OBRÁZKŮ

Obr. 2-1 Lampa PH Artichoke [1].....	15
Obr. 2-2 Lampa IKEA PS 2014 [2]	16
Obr. 2-3 Lampa Illan [4].....	17
Obr. 2-4 Lampa Slice [6]	18
Obr. 2-5 Světelná instalace Breath of light [7].....	19
Obr. 2-6 Lampa Boya [10]	20
Obr. 2-7 Lampa Sun [11]	21
Obr. 2-8 Lampa Ni-Ni [13]	22
Obr. 2-9 Lampa Wave [15]	23
Obr. 2-10 Modulární systém Acoustic Static Links [18].....	24
Obr. 2-11 Lampa T3 [19].....	25
Obr. 2-12 Lampa Split [21]	26
Obr. 2-13 Teplota chromatičnosti [25].....	27
Obr. 2-14 Schéma zářivky, upraveno podle [30].....	28
Obr. 2-15 Schéma LED žárovky, upraveno podle [33]	29
Obr. 2-16 Schéma částí závěsného světla, upraveno podle [34].....	30
Obr. 2-17 Taxonomie závěsného osvětlení.....	31
Obr. 2-18 Philips Hue Tap dial switch [51].....	34
Obr. 3-1 Označení CE [52]	39
Obr. 3-2 Životní cyklus výrobku, upraveno podle [58].....	41
Obr. 3-3 Typy LCA [59].....	41
Obr. 4-1 Varianta I za denního světla	43
Obr. 4-2 Varianta I za tmy	44
Obr. 4-3 Varianta I, návrh uskupení v prostoru.....	45
Obr. 4-4 Varianta I, základní rozměry, M 1:20.....	45
Obr. 4-5 Varianta II za denního světla.....	47
Obr. 4-6 Varianta II za tmy	48
Obr. 4-7 Varianta II, návrh uskupení v prostoru	48

Obr. 4-8 Varianta II, základní rozměry, M 1:20	49
Obr. 4-9 Varianta III za denního světla	50
Obr. 4-10 Varianta III za tmy	51
Obr. 4-11 Varianta III, návrh uskupení v prostoru	51
Obr. 4-12 Varianta III, základní rozměry, M 1:20	52
Obr. 5-1 Finální varianta, pohled boční	55
Obr. 5-2 Finální varianta, pohled shora	56
Obr. 5-3 Finální varianta, pohled zdola	57
Obr. 5-4 Finální varianta, pohled zepředu	57
Obr. 6-1 Varianta III/1 – HDPE, překližka	59
Obr. 6-2 Varianta III/2 – PP textilie, papírová deska	60
Obr. 6-3 Varianta III/3 – PMMA, PP	60
Obr. 6-4 Návrh obalu	62
Obr. 6-5 Závěsné světlo juganoo za denního světla	64
Obr. 6-6 Závěsné světlo juganoo za tmy	64
Obr. 6-7 Návrh uskupení v prostoru	65
Obr. 6-8 Finální varianta, základní rozměry, M 1:20	65
Obr. 6-9 Detail, čípek	66
Obr. 6-10 Detail, spodní strana nosné desky	67
Obr. 6-11 Detail, kotvení nosné desky	67
Obr. 6-12 Detail, schéma komponent ve stropním krytu	68
Obr. 6-13 HDPE desky [72]	69
Obr. 6-14 Překližka [73]	69
Obr. 6-15 Vysouvání lišty, snímání difuzního krytu	70
Obr. 6-16 Snímání lamely	71
Obr. 7-1 Hlavní barevná varianta	73
Obr. 7-2 Doplnková barevná varianta	74
Obr. 7-3 Logotyp	75
Obr. 7-4 Umístění logotypu	75

13 SEZNAM TABULEK

Tabulka 3-1 Osvětlenost podle činnosti a místa výkonu, výběr z normy [22]	39
Tabulka 4-1 Posouzení EoL pro variantní návrhy, upraveno podle Přílohy G	53
Tabulka 6-1 Posouzení EoL pro materiálové varianty, upraveno podle Přílohy G	61
Tabulka 6-2 Posouzení EoL pro obal, upraveno podle Přílohy G.....	63
Tabulka 8-1 SWOT analýza	77

14 SEZNAM PŘÍLOH

Příloha A: Zmenšená taxonomie (A4)

Příloha B: Zmenšený sumarizační poster (A4)

Příloha C: Fotografie modelu

Příloha D: Taxonomie (A3)

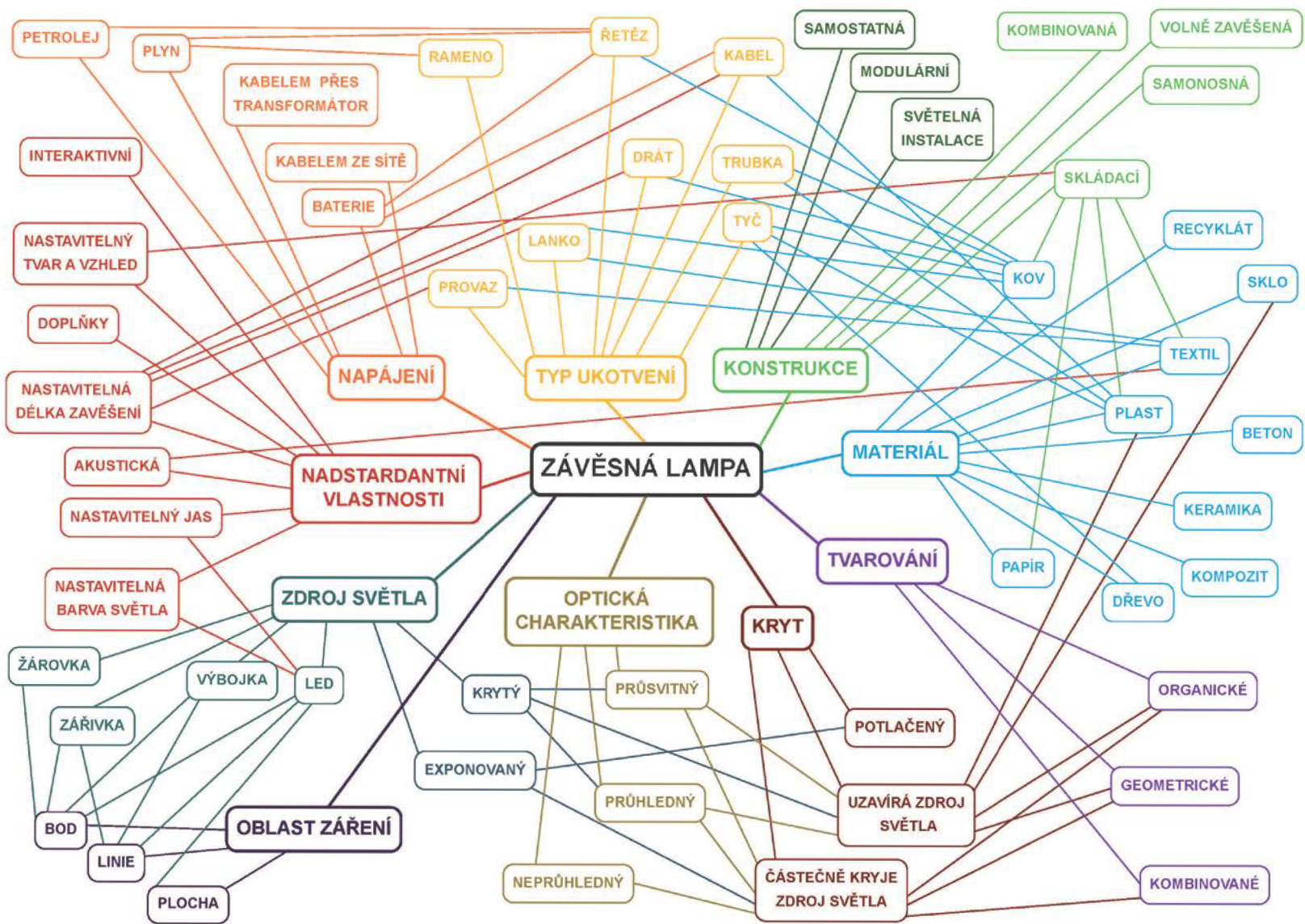
Příloha E: Sumarizační poster (A1)

Příloha F: Fyzický model (M 1:4)

Příloha G: Soubor Excel (Posouzení LCA, 3 listy)

Příloha H: Portfolio (A4)

Příloha I: Video



Příloha A: Zmenšená taxonomie



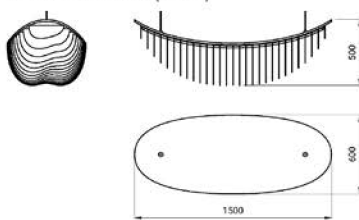
Za názvem závěsného světla juganoo stojí podobnost lamelárního krytu lampy s členitým tělem světlušky. Důvodem tohoto unikátního řešení krytu je ve skutečnosti snaha omezit oslnění. Snímatelné lamely z HDPE jsou průsvitné a umožňují tak světlu, aby se přirozeně rozptýlilo po místnosti. Zdrojem světla je LED pásek o výkonu 20 W, který vydává neutrální bílé světlo a je stmívatelný. Nosnou deskou je deska z překližky, na které jsou upevněny jak lamely, tak i zdroj světla.

Významným aspektem této práce bylo sestavení taxonomie závěsných světel a posouzení environmentálních dopadů v rámci celého životního cyklu (s použitím metody LCA). Hodnoty energetických požadavků pro daný konec životního cyklu (součet produkce, výroba, EoL) vycházejí: skládkování 943,377 MJ, spalování 482,844 MJ a recyklace (90 % mimo překližku) 1 264,935 MJ. Uživatelská fáze – počítána na časový horizont 5 let, s provozem 10 hodin denně, pět dní v týdnu – činí 261 kWh (939,600 MJ). Transport pak probíhá v režimu Hongkong – Hamburg (lodní), Hamburg – Brno (nákladní auto) a Brno – místo sestavení (dodávka). Překližka je získávána lokálně a dovážena na místo sestavení dodávkou. Energetické požadavky na transport činí 66,624 MJ.

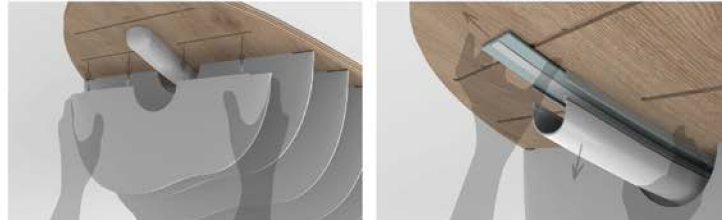
DOPLŇKOVÉ BAREVNÉ ŘEŠENÍ



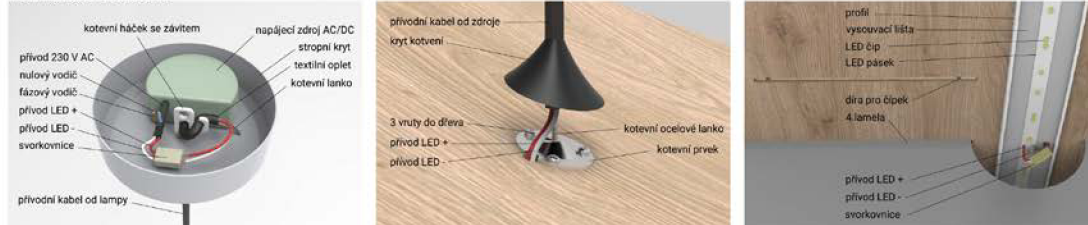
ROZMĚROVÉ ŘEŠENÍ (M 1:15)



ERGONOMICKÉ POHLEDY



VNITŘNÍ KOMPONENTY



DESIGN ZÁVĚSNÉHO SVĚTLA | BAKALÁŘSKÁ PRÁCE | Autor: Eliška Špačková | Vedoucí práce: Ing. Richard Sovják, Ph.D. | Vysoké učení technické v Brně | Ústav konstruování | Odbor průmyslového designu | červen 2023



Příloha C: Fotografie modelu

