



VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ  
BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY



FAKULTA STROJNÍHO INŽENÝRSTVÍ  
ÚSTAV KONSTRUOVÁNÍ

FACULTY OF MECHANICAL ENGINEERING  
INSTITUTE OF MACHINE AND INDUSTRIAL DESIGN

# DESIGN SOUSTAVY REPRODUKTORŮ

DESIGN OF SPEAKER SYSTEM

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE  
BACHELOR'S THESIS

AUTOR PRÁCE ZDENĚK DROZD  
AUTHOR

VEDOUCÍ PRÁCE akad. soch. JOSEF SLÁDEK  
SUPERVISOR

BRNO 2012



## **ABSTRAKT**

Cílem bakalářské práce je analýza a návrh designu reproduktorové soustavy. Z tohoto rozsáhlého tématu se nakonec došlo k zaměření na sloupové reproduktory, s možností přídatného nebo integrovaného sub-wooferu. Ty by měly být použitelné v jakémkoli interiéru.

**KLÍČOVÁ SLOVA:** Reproduktor, reproduktorová soustava

## **ABSTRACT**

The main point of bachelors thesis is analyse design sound system. From this extensive topic were selected pillar sound system with possibility additional or integrated sub-wooferu. This should be use in any interior.

**KEYWORDS:** Speaker, sound system

## **BIBLIOGRAFICKÁ CITACE**

SAZIMA, O. Design reproduktorové soustavy. Brno: Vysoké učení technické v Brno, Fakulta strojního inženýrství, 2010. XY s. Vedoucí bakalářské práce akad.soch. Josef Sládek



## PODĚKOVÁNÍ

Děkuji svému vedoucímu práce ak. soch. Sládkovi za cenné rady a připomínky. Dále také děkuji firmě Bang & Olufsen, jejíž zkušenosti a cenné rady v tomto oboru, které jsem zužitkoval v této práci. A dále bych také poděkoval mé rodině a přátelům za pomoc a podporu.

## ČESTNÉ PROHLÁŠENÍ

Prohlašuji, že jsem bakalářskou práci na téma *design soustavy reproduktorů* zpracoval samostatně, s použitím a využitím zdrojů, které jsou uvedeny v práci.

---

Zdeněk Drozd

V brně dne 15. května 2012



**OBSAH**

<b>Abstrakt</b>	<b>11</b>
Abstract .....	2
<b>Bibliografická citace</b> .....	<b>2</b>
<b>Poděkování</b> .....	<b>3</b>
<b>Čestné prohlášení</b> .....	<b>3</b>
<b>Úvod</b> .....	<b>6</b>
<b>2. historická analýza</b> .....	<b>7</b>
<b>3. Technická analýza</b> .....	<b>8</b>
3.1 Ideální reproduktor .....	8
3.2 Dělení reproduktorů a jejich posuzování.....	8
3.2.1 Podle frekvenčního rozsahu.....	9
3.2.2 Podle principu činnosti a konstrukce.....	9
3.3 Materiál reproduktorových skříní.....	10
3.3.1 MDF Medium density fibre board.....	10
3.3.2 DVT Dřevo vláknitá deska .....	10
3.3.3 Překližka z břízy .....	10
3.3.4 Vícejádro .....	10
3.3.5 A.B.S- plast .....	10
<b>4. Designérská analýza</b> .....	<b>11</b>
4.1 Průzkum trhu .....	11
<b>5. Variantní studie</b> .....	<b>12</b>
5.1 První návrhy .....	12
5.1.1 První varianta.....	13
5.1.2 Druhá varianta .....	14
5.1.3 Třetí varianta.....	15
5.1.3 Finální varianta .....	16
<b>5. Ergonomické řešení</b> .....	<b>11</b>
<b>6. Tvarové (kompoziční) řešení</b> .....	<b>19</b>
<b>7. barevné a grafické řešení</b> .....	<b>20</b>
<b>8. Konstrukčně technologické řešení</b> .....	<b>21</b>
<b>9. Rozbor dalších funkcí designerského návrhu</b> .....	<b>22</b>
<b>( psychologická, ekonomická a sociální funkce)</b> .....	<b>22</b>
9.1 Psychologická funkce .....	22
9.2 Ekonomická funkce .....	22
9.3 Sociální funkce .....	22
<b>10. Závěr</b> .....	<b>23</b>
<b>11. Seznam použitých zdrojů</b> .....	<b>24</b>
<b>12. Seznam obrázků, použitých zkratk a symbolů</b> .....	<b>25</b>
12.1 Seznam obrázků.....	25
12.2 Seznam použitých zkratk a symbolů .....	25
<b>13. Seznam příloh</b> .....	<b>26</b>
<b>Sumarizační poster</b> .....	<b>27</b>



## ÚVOD

Zvuk jako takový je součástí člověka už od nepaměti a těžko si život bez něj představit. O to více v dnešní moderní době. Technologie jdou rychle vpřed a zvuk samozřejmě s nimi. Zvuk se stal nedílnou součástí člověka, jeho života a obklopuje nás na každém kroku. Zařízení produkující zvuk jsou všude kolem nás a nejčastěji právě ve formě reproduktorů nebo reproduktorové soustavy, ať už doma nebo v práci. Právě zmíněná reproduktorová soustava však nabízí uživateli lepší zvukový zážitek než samotný reproduktor, jelikož reproduktorů v sobě skýtá několik.

Kvalitní reproduktorová soustava však neobsahuje jen dostatečný počet reproduktorů, ale měla by také splňovat funkční, ergonomické požadavky a také mít odpovídající vzhled. A právě touto tematikou se zabývá má bakalářská práce. Jejím cílem je navrhnout vzhled sloupových reproduktorů tak, aby došlo k rovnováze propojení mezi estetickou a funkční složkou.



## 2. HISTORICKÁ ANALÝZA

Historie moderní reproduktoru se datuje do raného díla Ernsta Siemens v roce 1874, kdy vytvořil elektrodynamický měnič s kruhovou cívkou. Brzy, Alexander Graham Bell používá podobné zařízení pro zvukový přenos v prvním telefonu. Nicméně, příchod elektronkové zesilovače v roce 1906 bylo to, co umožnilo rozvoj "hlasitě mluvící telefon", nebo "reproduktor", jak ji známe dnes. S podobnými zařízeními však experimentovali jak Nikola Tesla, tak i Thomas Edison.

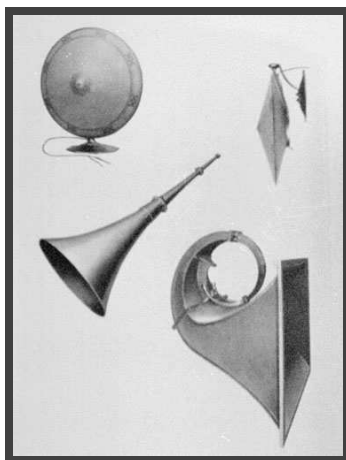
V roce 1898 Horace Short vyvinul mechanismus pro zesilování zvuku pomocí stlačeného vzduchu. Nahrávací společnosti poté začaly prodávat reproduktory s tímto systémem.

V roce 1898, Oliver Lodge vyvinul systém měniče cívkou a o pár let později, Peter L. Jensen našel pro toto zařízení praktické využití, ale práva na patent mu byla odeprána, takže nemohl prodat svůj vynález nahrávacím společnostem. V roce 1915 se oba dva vědci spojili a rozhodli vytvořit vlastní společnost, Magnavox, která se stalo úspěšnou.

V roce 1924 si Chester W. Rice a Edward W. Kellogg nechali patentovat něco, co se by se dalo nazvat jako přímý chladič, který používal pohyblivou cívkou ovladače. Byli schopni upravit vlastnosti cívek, dokud snížili frekvenci, při které kužel začal kopírovat hluk. Někdy kolem tohoto období, Walter H. Schottky vyvinul vůbec první plochý reproduktor, který používá diody.

Ploché reproduktory používají elektromagnety, které dodají energii cívkám. Energie pak pokračovala přes tyto cívky do druhé dvojice připojení k ovladači v systému. Toto řešení se osvědčilo jako zdroj napájení a zesilovač pro reproduktor. V roce 1930 reproduktory začaly kombinovat ovladače, aby zvukový systém zněl lépe. V roce 1937 vznikl "Shearer Hornův systém pro divadla", který byl zaveden do filmového průmyslu. Tento systém byl vynalezen James Bullough Lansingem, John Kenneth Hilliardem, a Douglas Shearerem.

Jestliže se ohlédneme zpět až k počátku vznik reproduktorů a porovnáme si je s dnešními reproduktory, tak je třeba si říci, že vývoj kráčel a stále kráčí mílovými kroky.



Obr. 1 Dynamic, počátek reproduktorů

**3.1 Ideální reproduktor**

Reproduktor je zařízení, které mění elektrickou energii na akustickou, proto jej někdy nazýváme elektroakustickým měničem. Od reproduktoru bychom měli očekávat vyrovnanou SPL charakteristiku, frekvenčně nezávislou směrovou charakteristiku bidového zářiče, konstantní frekvenčně nezávislou impedanci. Maximální účinnost a citlivost.

**3.2 Dělení reproduktorů a jejich posuzování**

Výběr reproduktorů je jedním z nejdůležitějších kroků při návrhu soustavy, který může být právě tak prvním krokem k úspěchu jako příčinou nezdaru. Je nutno zdůraznit, že jedině z kvalitních a vhodných reproduktorů lze postavit dobrou reproduktorovou soustavu.

**3.2.1 Podle frekvenčního rozsahu**

Podle toho jaké pásmo má reproduktor hrát, tak definujeme požadavky na reproduktor.

**Širokopásmový reproduktor**

Anglicky Full Range (celorozsahový), určený pro přehrávání od basů až po soprány. Má široké použití včetně studiových monitorů, automobilového ozvučení a hlavně pro stropní reproduktory.

**Hlubokotónový reproduktor**

Patří mezi nejstarší skupinu reproduktorů. Anglicky nazvaný jako woofer, někdy sub woofer. Určený pro reprodukci nízkých kmitočtů.

**Středotónový reproduktor**

Anglicky Mid Range. Úkolem je kvalitně reprodukovat pásmo kmitočtů od 500 do 4000Hz. Z hlediska konstrukce používají uzavřený nebo otevřený koš a membrána je kuželová nebo jako kalota.

Patří z hlediska kvality celé třípásmové reproduktorové soustavy k těm nejdůležitějším, bohužel praktické postupy se upírají na dostatečný silný basový reproduktor a kvalitní výškový reproduktor. Patří mezi nejnamáhavější reproduktor v soustavě.

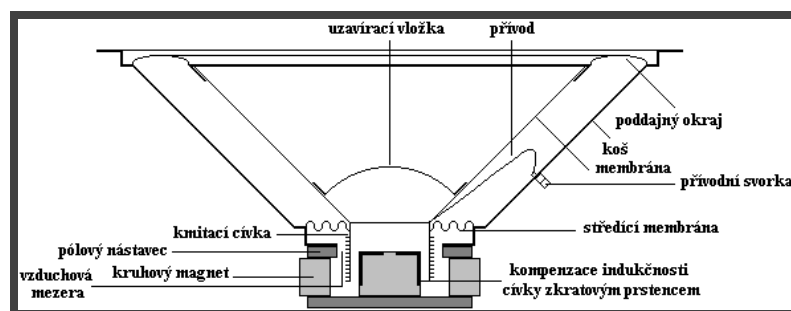
**Vysokotónový reproduktor**

Tweeter anglicky. Nejčastěji se vyskytuje v konstrukci kuželovou membránou, kalotou, ale také jako kompresní typy, elektrostatické a piezoelektrické. Rozsah 2-20 000 kHz.

### 3.2.2 Podle principu činnosti a konstrukce

#### Elektrodynamický reproduktor

Tento princip pohonu je nejběžnější. Základem těchto reproduktorů je cívka a permanentní magnet. Cívka se pohybuje ve válcové štěrbině mezi pólovými nástavci magnetického obvodu. Princip činnosti spočívá v působení síly na vodič, kterým protéká elektrický proud v magnetickém poli.



Obr. 2 Části elektrodynamickeho reproduktoru

#### Elektromagnetický reproduktor s kuželovou membránou

Membrána tvaru pláště komolého kužele je pružně zavěšená do rámu reproduktoru, který nazýváme koš. Pístový pohyb membrány způsobuje zředování a zhušťování vzduchu, čímž vzniká zvuková vlna. Funkce je založena na principu silového působení na vodič s protékajícím proudem umístěným v magnetickém poli.

#### Elektrostatický reproduktor

Membrána z tenké fólie s vodivou vrstvou bývá umístěna mezi dvě pevné elektrody, obvykle ve tvaru sítek. Reproduktor pracuje na principu vzájemného přitahování a odpuzování elektricky nabitých desek. Podle uspořádání a vzdálenosti elektrod vyžaduje značně velké provozní a polarizační napětí (stovky až tisíce Voltů). Mohou být vyráběny jako vysokotónové, nebo i širokopásmové, ovšem vyžadují značné rozměry. Na stejném principu se konstruují i vysoce kvalitní sluchátka.

#### Piezoelektrické

Využívá se piezoelektrického jevu. Destička z piezomateriálu je mechanicky spojena s vhodnou membránou, nebo přímo tvoří membránu. Použití je spíše pro levné vysokotónové jednotky (malá výchylka membrány), nebo pro tlakové měniče i poměrně velkých výkonů (malé sirény apod.). Jejich zásadní nevýhodou je poměrně nerovnoměrná frekvenční charakteristika a větší zkreslení. Výhodou bývá poměrně vysoká účinnost, jednoduchá konstrukce a nízká cena.

### **3.3 Materiál reproduktorových skříní**

#### **3.3.1 MDF Medium density fibre board**

Deska z tohoto materiálu je těžká, hustá se snadnou konečnou úpravou a má velké vnitřní tlumení. Dobrý materiál pro skřínky domácího hi-fi, ale příliš těžká pro použití ve velkých přenosných profesionálních skříních. Je pevná ale také těžká, takže pokud soustava z tohoto materiálu spadne a může se zlomit.

#### **3.3.2 DVT Dřevo vláknitá deska**

Nejvíce používaný materiál u reproduktorových skříní. Středně těžká, méně houževnatá a levnější než MDF. Desky DTD a MDF nesmí být použity v případech kde je vlhko, jelikož se mohou zborstit. Obvyklá tloušťka je 18,20 ale i 25 mm.

#### **3.3.3 Překližka z břízy**

Středně těžká, silný a tuhý materiál. Nemá tak dobré vnitřní tlumení jako MDF. Je nejdražší a netrvanlivější všeobecně používaný materiál pro vyhotovení reprodukt. Skříní, hlavně profesionálních. Dobrý materiál pro mobilní systémy, kde profesionálové stěhují reprosoustavy a může být používána ve venkovních prostorech.



Obr.3 Kombinace překližky z břízy a MDF

#### **3.3.4 Vícejádro**

Multi Core je nový materiál, který může být použit téměř pro každou situaci, kdy se používá překližka z topolu. Je jen o něco těžší než překližka z topolu, má téměř stejnou cenu a je bez defektních míst. V tomto materiálu lépe drží vruty než v překližce z topolu. Tento materiál brzy převezme většinu míst, kde je dosud pro reproduktory používána překližka z topolu.

#### **3.3.5 A.B.S- plast**

Výrobně dobře reprodukovatelný, i když cena vstřikovací formy (raznice) je vysoká. Velmi hojně se používá pro malé satelitní reprosoustavy, pro plošné ozvučení a lacinější subwoofery.

Při navrhování designu reproduktorové soustavy se tvar soustavy odvíjí do značné míry použitými reproduktory. Tvary reproduktorů závisí na jeho funkci. Basový reproduktor potřebuje značnou hloubku prostoru, výškovému reproduktoru naopak stačí málo místa, protože velikostně s basovými reproduktory bývá mnohokrát menší. Z toho plyne, že jakmile chceme navrhnout design reproduktorové soustavy, musíme si nejprve říci, co od ní očekáváme, to znamená v jakém rozpětí od 20Hz až 20000Hz chceme, aby naše soustava hrála.

Jestliže tedy máme navrhnout design sloupových reproduktorů, který by hrál v celé této stupnici, je třeba výškového, basového a obvykle i středového reproduktoru. Tím pádem se nám vytvoří tři pásmová reproduktorová soustava. Aktuálně je na trhu malé množství soustav, které by tuto celou stupnici obsadila, ale vyskytují se. Tvar a tudíž i typ reproduktorů se také odvíjí od daného prostředí, ve kterém se má nacházet.

Sloupové reproduktory nejsou dimenzovány na malé prostory, ale na velké. Z důvodu toho, že mohou pojmout větší počet reproduktorů, který dá větší výkon, a proto je nelogické takovou soustavu umístit do malého prostoru. Zvuková kvalita těchto reproduktorů nabývá tudíž špičkových kvalit, v závislosti ale také na ceně zákazníka a použité technologie. Svými rozměry zaujmají v místnosti své právoplatné místo a díky tomu také na sebe velmi upozorňují.

### 4.1 Průzkum trhu

Aktuální nabídka na trhu nabízí výběr ze široké škály tohoto výrobku, což potěší každého zákazníka. Sloupové reproduktorové soustavy se vyrábějí nejčastěji ve dvou provedeních. Prvním je umístění reproduktorů do rámu, boxu soustavy a jejich následné osazení na sloupek. Druhým typem reproduktorové soustavy je soustava, která má stejným způsobem usazené reproduktory ve skříni jako u předchozího typu, ovšem s tím rozdílem, že už se jedná pouze o tvrdou, masivní konstrukci. Vyjímkou však nejsou reproduktorové soustavy, které nezapadají ani do jednoho z těchto typů. Tyto soustavy pak bývají obvykle organicky tvarovány a působí tak velice originálně.



Obr.4 Skříňová a stojanová koncepce



Obr.5 Audio soustava Phillipe Starck

## 5. VARIANTNÍ STUDIE

### 5.1 První návrhy

Cílem práce bylo navrhnout reproduktorovou soustavu do interiéru.

S prvními návrhy jsem chtěl začít co nejdříve a to se mi také povedlo. Už v prvním týdnu bylo o čem mluvit, nejen ve škole, ale i ve firmě Bang & Olufsen, kde se mi dostalo možnosti odborných konzultací. To bylo hlavním důvodem, proč začít tak brzy. Jejich přístup byl zcela odlišný, než s jakým jsem se doposud setkal. S průběžnými skicami a návrhy jsem byl vybídnut k jejich okamžité 3D vizualizaci. Každý návrh byl tedy okamžitě touto cestou probírán, tudíž se mi dostalo užitečných rad a postřehů.

Počáteční návrhy vycházely z tvarové jednoduchosti a nijak extrémně se neodlišovaly od produktů, jaké dnes nalezneme na trhu. S postupným sbíráním informací však rostl přehled o technologii, konstrukci a funkci reproduktorových soustav a díky tomu se měnil můj přístup a návrhy. Snažil jsem se o mnoho různých variant, nedodržování stejných tvarových kompozic ale pokusit se vždy vytvořit něco jiného.

Už od začátku však bylo jasno, že zaměření padne na dva sloupové, vyjížděcí reproduktory. Jedním z důvodů proč právě tento druh reproduktorů, bylo ovlivnění značkou Bang & Olufsen a hlavně zkušenost s tímto typem reproduktorů.

Dále bylo důležité se poprat s otázkou umístění basového reproduktoru. Buď navrhnout dva sloupové reproduktory a k nim zvlášť třetí, který bude v jejich blízkosti, nebo dva sloupové reproduktory, které budou mít integrované bassové reproduktory v sobě.

Nejen v těchto ale i v mnoha jiných aspektech mi pomohla firma Bang & Olufsen. Pravidelnými konzultacemi jsem dosáhl většího rozhledu o této tématice. Po nasbírání informací pak pokračovalo navrhování a diskutování s vedoucím práce, který mi také velice pomohl. Svými radami a názory mě nasměroval na danou cestu, kterou jsem poté diskutoval s konstruktéry a designéry firmy Bang & Olufsen.

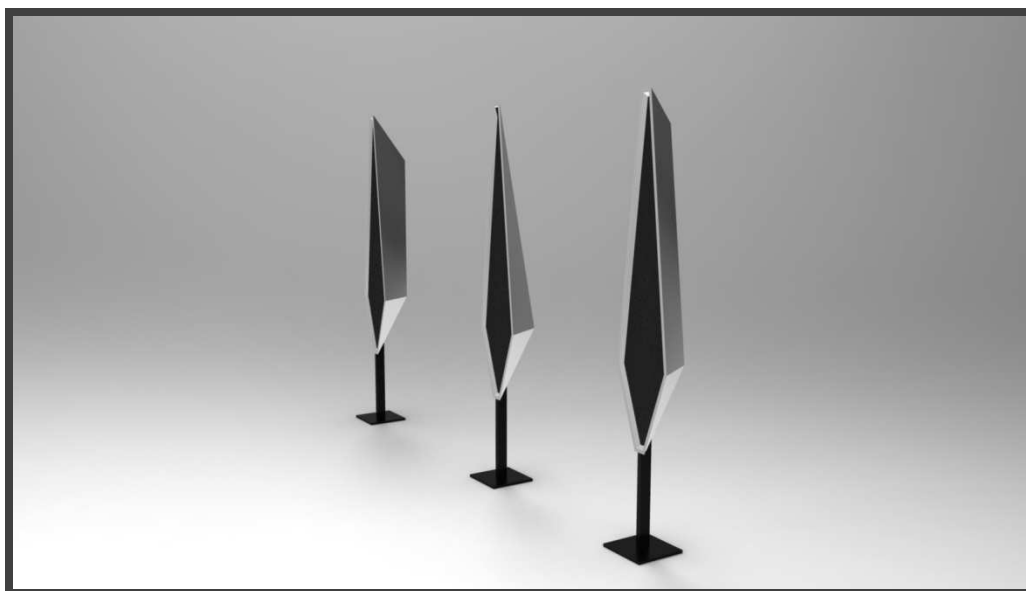
### 5.1.1 První varianta

Tvar vychází z ostrých hran. Byl zpracován v mnoha podvariantách. Tvar je složen z mnoha čtyřúhelníků. Všechny hrany směřují svým směrem dozadu. Hranatost byla zachována i u stojanu a jeho podstavce. Barevnou kombinací by byla černo – šedá. Tmavým kovem by byla opatřena celá spodní opěrná část, to znamená stojan a podstavec. Zbylá část by byla v lesklém, leštěném hliníku.

Z funkčního hlediska by byla tato soustava opatřena jedním basovým reproduktorem v nejširší části. Postupně směrem nahoru by obsahovala dva výškové reproduktory. Nejširší část, dá se říci, že přímo vybízí k osazení velkým reproduktorem z důvodu velkého místa. Ze tří podvariant by tou správnou volbou byla varianta úplně vpravo. První podvarianta má horní hranu příliš dlouhou a celek nepůsobí vyváženě, u druhého případu je na vrcholu reproduktoru ostrý hrot, který by i po obroušení působil ostrým dojmem. Poslední z těchto podvariant je nahoře i dole zkosená pod přibližně stejným úhlem a působí nejvyváženěji. Reprodukty by byly schovány za ochrannou, tmavou síťkou.

Výška tohoto reproduktoru je 1300 mm a byla nastavena tak, aby výškové reproduktory hrály ve výšce uší. Ovládání by pak probíhalo pomocí externího ovladače.

Z důvodu ostrosti hran, nakonec došlo k zamítnutí této volby i přes to, že ve firmě Bang & Olufsen tato varianta zapůsobila hned od počátku. Ať už zcela jiným přístupem, tak i tvarovou kompozicí. Dle názoru této firmy by problém s realizací této varianty rozhodně nebyl, stejně jako u dalších dvou variant.



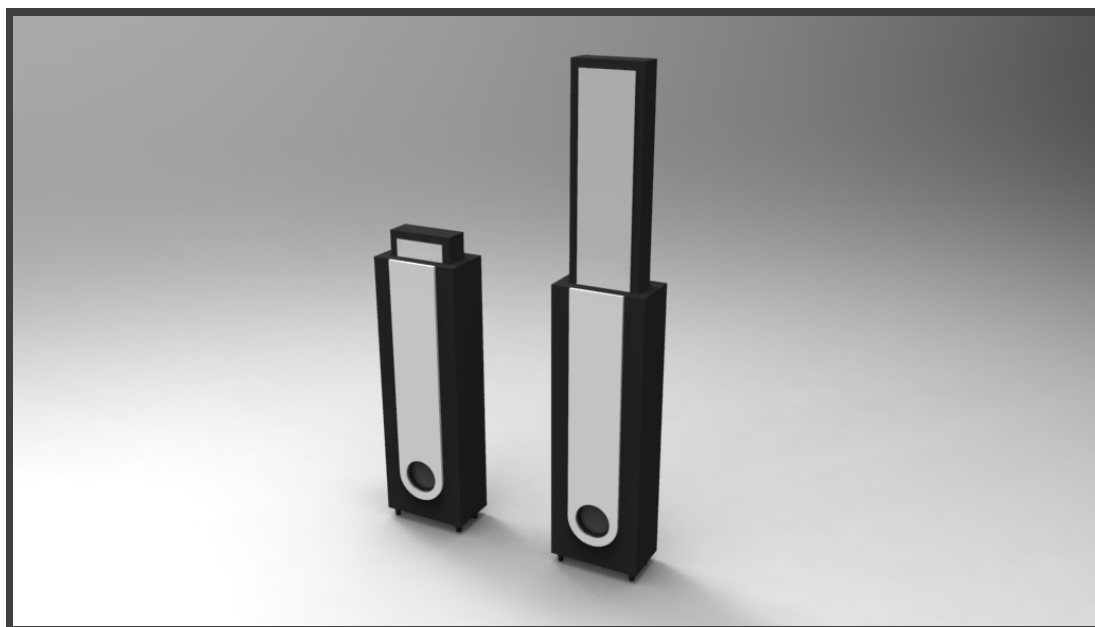
Obr. 6.1 Varianta 1, vizualizace všech tří podvariant

### 5.1.2 Druhá varianta

Tato varianta funguje na principu vysouvání a zasouvání vnitřní části z vnějšího „tubusu“. Tento princip se stal klíčovým prvkem i u mého finálního modelu.

Spodní tubus by byl z břízového dřeva, které je tuhé a těžké, aby tlumilo dobře otřesy basového reproduktoru. Ten je usazen v nejnižší části. Nastavení tohoto reproduktoru bylo provedeno směrem k uživateli, posluchači. Nabízí se zde i možnost nastavení směrem dolů k podlaze, ale aby posluchač měl ponětí o tom, že reproduktorová soustava obsahuje tento reproduktor, tak došlo i k jeho viditelnému přiznání. Navíc není důvod jakkoli tento reproduktor zapírat ani schovávat. Hlavní funkcí tohoto tubusu by bylo opěrné vedení pro horní část. Celý tubus by byl poté umístěn na čtyřech opěrných plastových nožkách.

Horní část by obsahovala dva reproduktory, výškový a středotónový, společně s ovládním pro navíjecí mechanismus, který by s touto částí pohyboval ve vertikálním směru. Důležitou součástí funkčního, výsuvného zařízení by byl prostor pro zajištění do tubusu. V klidném (vypnutém) stavu horní, výsuvná část lehce trčí z tubusu a po uvedení do režimu se tato část vysune do požadované pozice. Není lze možnost jiného výškového nastavení než je uvedená základní. Tato varianta se nakonec nestala konečnou z toho důvodu, že v klidném stavu připomíná USB flash disk a působila dosti hmotně a objemně. Co se týče ergonomického aspektu, tak výškové reproduktory byly opět umístěny ve výšce uší, tj. 1200 mm. Tato reproduktorová soustava by nabízela i přehrávání nejen klasicky přes napojení na jack 3,5 mm ale i bezdrátovou AirPlay technologii, která funguje na principu bezdrátového připojení Bluetooth a propojení s dotyčným zařízením.



Obr. 6.2 Varianta 2, vizualizace v klidném a vyjetém stavu

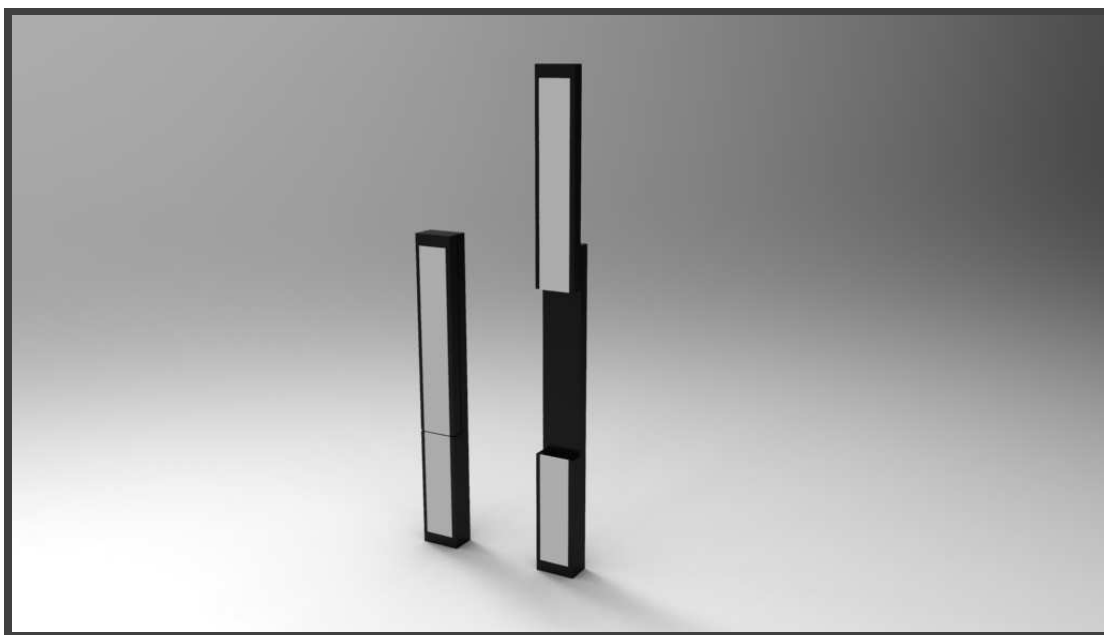
### 5.1.3 Třetí varianta

Tato varianta se zdála být po dlouhou dobu výslednou variantou. Čistota a jednoduchost byly hlavními znaky této práce. Problémem v tomto případě byla ovšem stabilita, která se dle názoru mého vedoucího práce nezdála být dostatečná. Ve firmě Bang & Olufsen byl tento problém vyřešen, stejně jako u jednoho z jejích produktů, který tohoto principu využívá a to umístěním litinového závaží do nejnižší polohy u podlahy. Litina sama o sobě je velice těžká, a tudíž by to v tomto případě problém nebyl. I přes toto vyřešení problému však ve škole zůstávaly rozpaky a nakonec se tato varianta nestala konečnou.

S mou konzultující firmou tato varianta byla brána jako finálová a velice se líbila.

Ve spodní části se nacházel bassový reproduktor, který by byl natočen k uživateli, v tomto případě však nelze vidět, stejně jako v případě reproduktorů. Ty jsou totiž schovány pod ochrannou síťkou, ale pro názorné vysvětlení se nacházejí v šedé části na soustavě.

Jedním z dalších problémů u této varianty byl nevyužitý prostor, který vznikl po vyjetí výsuvné části, mezi vyjetou a statickou částí. V této části by mohla vést kabeláž k vedení pro výškové reproduktory do horní části, ale jelikož je prostoru příliš mnoho i tak, tak by musel být vypuštěn a reproduktory by tak dostály zcela jiného vzhledu.



Obr. 6.3 Varianta 3, vizualizace v klidném a vyjetém stavu

### 5.1.3 Finální varianta

Poslední finálovou variantou se stala tato reproduktorová soustava, která jak už bylo řečeno, vychází z principu přední, vyjížděcí části a druhé statické části, která obsahuje dva basové reproduktory a slouží jako opěrný prvek. U této varianty se dle mého názoru ukázala inspirace a zkušenosti nabrané ve firmě Bang & Olufsen. Čisté linie a tvarová jednoduchost byla uplatněna právě u této výsledné varianty. Ta v počátcích svého vzniku byla velmi podobná jednomu z produktů firmy Bang & Olufsen. Z tohoto důvodu jsem byl nucen návrh přepracovat. Po konečném přepracování došlo k následujícímu.

Základem této soustavy je kruhová podstava. Ta zůstala po přepracování nezměněna. Z původních návrhů, ve kterých jsem se právě zabíral tvarem základny, dopadla nejlépe právě tato. Ze základny poté ční hlavní statická část. Původní návrh měl půdorysnu této části z obou stran tvořen elipsami, poté však tento tvar byl změněn tak, že finální verze je ze zadní strany elipsovitě vyboulená a postupným přechodem dopředu se stává rovnou. Do této části byly umístěny dva basové reproduktory. Od tloušťky těchto reproduktorů se odvíjela i celková tloušťka této části.

Z přední strany poté vyjíždí druhá pohyblivá část. Ta je značně lehčí než statická část, aby došlo ke snadnému vysunutí celé hmoty. V této části se nachází výškový reproduktor a středotónový reproduktor. Ty jsou ovšem uživateli schovány pod ochranou sítkou. Velký důraz byl kladen na vztah mezi oběma těmito částmi. Propojenost mezi oběma částmi byla vytvořena v rádiusech, ve kterých jednotlivé celky dokonale líčují a zapadají tak do sebe. Dále je třeba říci, že tato soustava je funkční pouze ve vyjetém stavu. To znamená, že uživatel přijde, ovládacím prvkem (dálkovým ovladačem) zapne reproduktory, ty vyjedou a zároveň tak odhalí basové reproduktory ve spodní části. Poté je tato reproduktorová soustava plně funkční.



Obr. 7 Verze Bang & Olufsen,



Obr. 8 Předvarianta



Obr. 9 Finální varianta

## 5. ERGONOMICKÉ ŘEŠENÍ

Jedním z nejdůležitějších prvků ergonomie pro návržení reproduktorové soustavy je výška a pozice reproduktorů a to hlavně výškových. Pro basové ani středotónové reproduktory je tato výška není tak podstatnou. Obecně platí, že basové reproduktory bývají umístěny v nižších polohách a to hlavně kvůli svým rozměrům a hmotnosti. Tudíž čím níže jsou uloženy, tak tím níže ukládají těžiště celé reproduktorové soustavy. Středotónové díky své konstrukci jsou podobné basovým a tudíž bývají také obvykle uloženy v nižších partiích. V tomto případě je tudíž důležitá výška uší člověka, v sedící poloze. Od této výšky se odvíjela pozice výškového reproduktoru a díky této výšce se i ovlivnila celková výška reproduktorové soustavy. Pozice výškového reproduktoru je pouze jedna, nelze více ovlivňovat nastavení vyjíždění celé horní části.

Jelikož se jedná o vysouvací reproduktory, tak se zde nabízí možnost využití více úrovní a výšek, do kterých může vyjížděcí část pohybovat. Tato reproduktorová soustava ovšem nabízí pouze jednu jedinou úroveň, do které se výsuvná část dostane. Hlavním důvodem je ergonomie sluchu, to znamená nastavení ideální pozice výškového reproduktoru ve výšce uší běžného posluchače. Není důvod nabízet zákazníkovi více možností, neboť pak hrozí riziko jejich nevyužití a tudíž vložení zbytečného času a prostředků do vývoje takového produktu.

Jelikož se jedná o reproduktory k televizi, nebo domácímu kinu, je tudíž pozice umístění této soustavy vcelku jasná. Ať už bude umístěna v rohu místnosti nebo u stěny, měly by hrát stejně kvalitně. Svou výškou a konstrukcí jsou však navrženy na umístění na podlahu místnosti, tzn. nižší polohy.

Všechny ostré hrany jsou opatřeny drobnými rádiusy, tudíž nenabízejí možnost poranění. Stále ovšem mají charakter ostré hrany. O stabilitu celé soustavy se stará pevná kruhová základna.



Obr. 10 Ergonomie zvuku

## **6. TVAROVÉ (KOMPOZIČNÍ) ŘEŠENÍ**

Nejrozšířenějšími verzemi tvarů reproduktorových soustav na trhu jsou v drtivé většině klasické skříně z těžkého dřeva, které poté v sobě obsahují dané reproduktory. Spolupráce s mou konzultující firmou mi však ukázala zcela jiný směr. Směr plný čistých prvků a linií, které se poté odrazily v mé soustavě.

Kruhová základna poskytuje nutnou stabilitu a opěrnou plochu proti nahnutí nebo jinému vyboulení a do celkové kompozice oblých tvarů a křivek plně zapadá. Propojení mezi základnou a statickou částí nabízí elipsovitá zadní plocha statické části, která poté přechází do rovinné přední plochy. V tomto prostoru se nachází veškeré elektrické vedení pro soustavu a pro horní pohyblivou část ale také hlavně dva basové reproduktory, od kterých se velikost právě tohoto prostoru odvíjí.

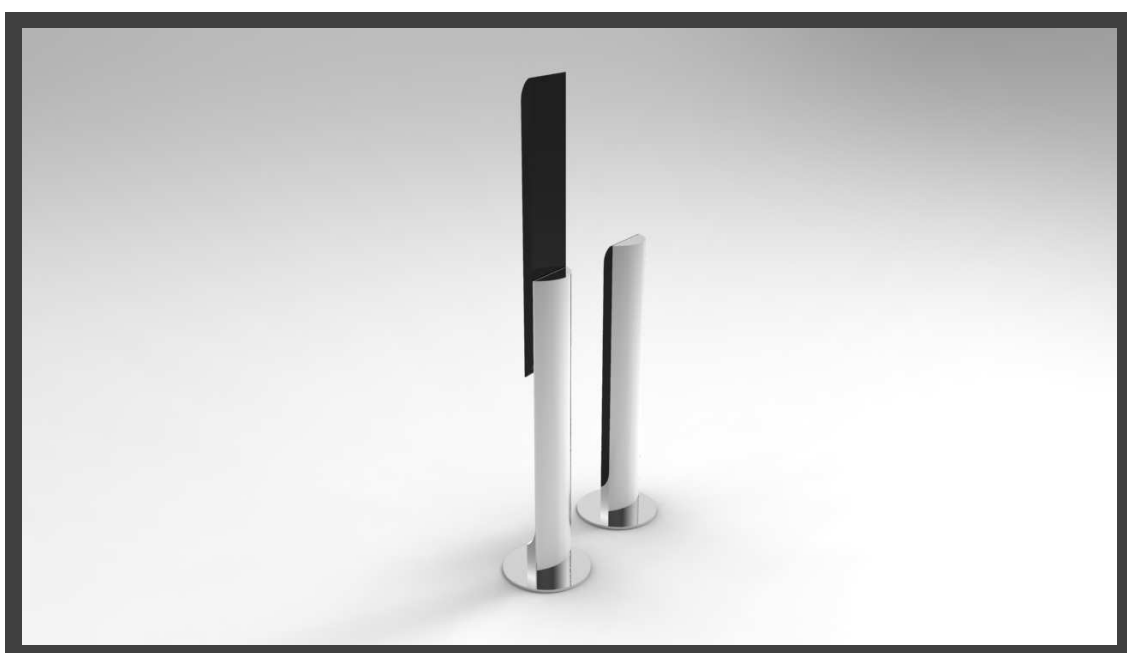
Oba reproduktory se nacházejí v prostoru odděleném žebrovím od ostatních částí spodního celku. Jsou vzduchově izolovány, tudíž membrány obou basových reproduktorů vytlačují stále stejné množství vzduchu. K navázání tvarů mezi statickým a pohyblivým celkem došlo díky rovinné, přední ploše, kterou právě spodní část disponuje. Takže od této plochy se odvíjel i tvar horní pohyblivé části, která už je poté kvádrovitého charakteru. Ten je ovšem narušen v obou částech rádiusy mezi oběma těmito celky. Ty dodávají zcela jiný náboj a nádech celé soustavě a jsou i příjemným zpestřením, něčím novým.

Horní celek má v sobě poté integrované dva reproduktory. Jeden výškový a jeden středotónový. Ty jsou ale schovány a kryty ochrannou mřížkou. Hlavním důvodem jejich skrytí byl spíše psychologický a to ten že, v klidném, nezapnutém stavu není důvod přiznávat výškový a středotónový reproduktor. Pakliže by to tak bylo, soustava by už neměla důvodu vyjždění. Díky tomu ale, že jsou schovány, uživatel do poslední chvíle neví, co ho čeká a tak když reproduktor zapne a on vyjede, uvidí nekryté basové reproduktory a navíc je překvapen zvukem z výškového a středotónového reproduktoru, o kterém nemá do poslední chvíle ani ponětí.

Navržená soustava může působit křehkým dojmem, ovšem vnitřní hliníková konstrukce dodává tuhost a pevnost danému celku.



Obr.11 Vizualizace finální varianty – tvarové řešení



Obr.12 Vizualizace finální varianty – tvarové řešení

## 7. BAREVNÉ A GRAFICKÉ ŘEŠENÍ

Jakkoli dokonalé tvary a linie nemusí znamenat v cíli tížený úspěch bez adekvátně zvoleného, barevného dokončení. V momentu, kdy reproduktorová soustava není aktivní, je to právě barva a tvar celku, který zaujímá a měl by zaujímat posluchače, uživatele.

Nejčastější barevné provedení audio soustav je v černé formě. Hojně se však i vyskytují dřevěná provedení a kovově lesklá. V drtivé většině však převažuje právě provedení v tmavých, černých odstínech. Vyjímkou však nejsou soustavy v jiných barevných provedeních, jako například bílé nebo červené. Ty však touto barevnou kompozicí na sebe silně upozorňují a tudíž můžou odvádět pozornost od jiných činností. V mém případě není důvod vytvořit takovouto z prostoru vyčnívající reproduktorovou soustavu ale zaměřit se na běžnou barevnou kompozici.

V mém případě se nabízely dvě možnosti. První možnost byla v celo-černém provedení. Lesklý černý kov by se nacházel na dolní, opěrné části. Horní vysouvací část by byla buď v matném černém provedení nebo by byla celá obalena ochrannou sítkou, tudíž by působila i trochu textilněji. V druhém případě by spodní, statická část byla v provedení leštěného hliníku, který je navíc hojně využíván právě ve firmě Bang Olufsen. Vysouvací část by poté byla do kontrastu se spodní částí v tmavém, černém provedení. V tomto provedení by také byly oba basové reproduktory. Tato varianta se stala finálním barevným řešením celé mé reproduktorové soustavy. Co se týče možnosti využití materiálu dřeva u této soustavy, tak se zde nejeví jako vhodná. Dřevo působí tvrdým, těžkým dojmem a tudíž by tento materiál mohl narušit původní ideu a koncepci celého produktu. Z tohoto důvodu se toto řešení nerealizovalo.

V procesu výroby a následného prodeje by nebyl problém vyrábět tento produkt v obou těchto barevných provedeních.



Obr.13 Vizualizace finální varianty – barevná řešení

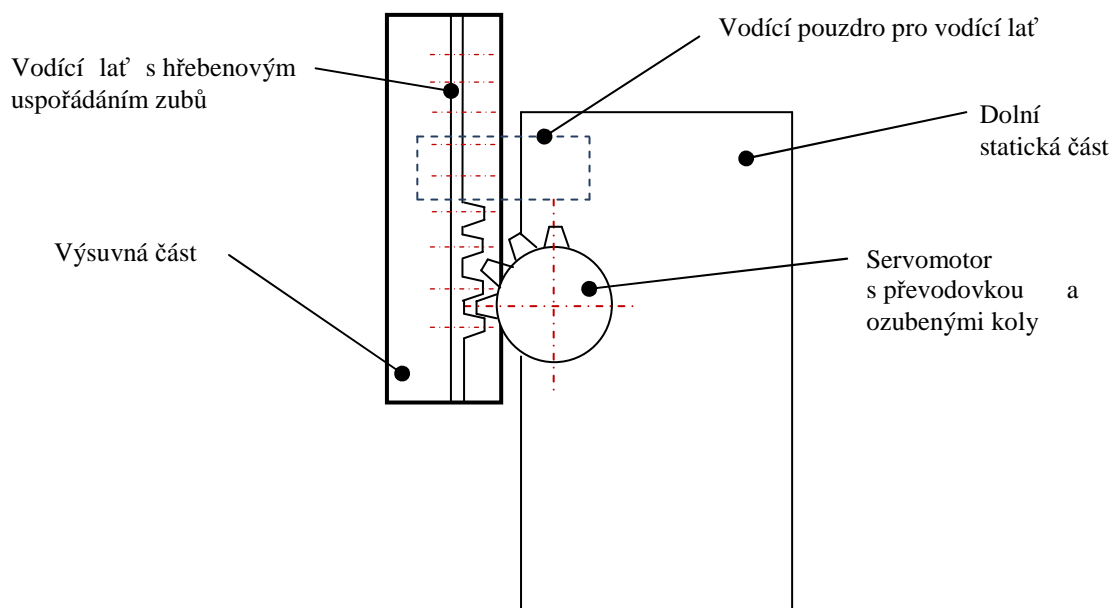
## 8. KONSTRUKČNĚ TECHNOLOGICKÉ ŘEŠENÍ

Tato reproduktorová soustava je koncipována jako trou pásmová. To znamená, že basový reproduktor, středotónový reproduktor a výškový reproduktor obsazují každý z nich dané herzové pásmo. Celkově se jedná o dosažený kmitočtový rozsah 35-20000Hz.

Hlavním konstrukčním prvkem této soustavy je mechanismus, uvádějící do pohybu vnější část se středotónovým a výškovým reproduktorem. Tento princip funguje na základě použití elektromotoru s převodovkou umístěným v nejvyšší části statické části. Na koncích hřídelí tohoto mechanismu jsou ozubená kola s přímými zuby, která uvádějí do pohybu kolejnici, uchycenou v pouzdře. Tyto kolejnice jsou dvě, po bocích reproduktorů schovaných v horní části a obsahují vybrání pro zapadání ozubených kol. Pro dosažení potřebného výkonu k zvednutí pohyblivé části jsou tyto kolejnice vyrobeny z hliníku. Potřebné schéma vysvětlení tohoto principu je obsaženo v obrázku 14. Hliník je také použit jako hlavní nosný materiál celé konstrukce. Maximální rozměr, o jaký se může vysunout vnější část je 500mm. Tato délka byla navržena tak, aby aspoň z jedné třetiny po vysunutí se překrývaly obě části a byla tak zároveň dosažena bezpečnost, za které by se daná soustava stala nestabilní.

Základní rozměry statické části jsou 52x160x890mm. Rozměry pohyblivé části jsou poté 30x160x770mm. Po vyjetí se akorát změní výška, do které se tato část dostane a ta činí 1400mm.

Hloubka půdorysny spodní části se odvíjela od basového reproduktoru. Jeho hlavní průměr je 100mm a dosahuje hloubky 44mm. Zbytek místa byl navržena tak, aby se do něj vešla dodatečná kabeláž a hliníková konstrukce. Výškový reproduktor má hlavní průměr 74 mm s hloubkou 24mm. Tudíž do celkové hloubky se bez problému dostane i s ohledem na dodatečnou kabeláž. Jedná se o reproduktor značky Monacor DT-74/8. Výškový a středotónový reproduktor, stejně jako celá vyjížděcí část, jsou obaleny ochrannou průzvučnou síťkou.



Obr.14 Schéma zvedacího mechanismu

## **9 ROZBOR DALŠÍCH FUNKCÍ DESIGNERSKÉHO NÁVRHU (PSYCHOLOGICKÁ, EKONOMICKÁ A SOCIÁLNÍ FUNKCE)**

### **9.1 Psychologická funkce**

Hlavní psychologický aspekt této reproduktorové soustavy je schován již v klidném nevyjetém stavu, kdy uživatel nevidí žádný reproduktor. Po vyjetí a uvedení do funkčního stavu se poté odhalí dva bassové reproduktory. Jedná se o moment překvapení, který charakterizuje tuto soustavu a je jejím dominantním prvkem. Do poslední chvíle nelze vědět, co se připravuje a co se stane, až dojde k vyjetí a poté následné realizaci zvuku. Jedním z dalších psychologických aspektů je provázání pohybu dvou hlavních celků soustavy, pohyblivé a statické části. Toho se dosáhlo rádiusy mezi jednotlivými částmi, tudíž celky do sebe dokonale pasují a v klidném stavu pak působí jako celek.

Tato soustava nabízí mnohem více než eleganci a jednoduchost, kterými se vyznačuje i plno jiných reprosoustav. Přidaná hodnota je obsažena v pomyslné třešničce na dortu ve formě vyjížděcího mechanismu. To této soustavě navyšuje její hodnotu. Jestliže chceme poslouchat hudbu a zvuk, tak ať nás to i baví. Ať už jdeme zapnout tuto reproduktorovou soustavu s tím, že chceme slyšet zvuk ale ještě předtím chceme vidět i něco zajímavého. Člověk se na reproduktorovu soustavu nejvíce zaměří ve chvíli kdy ji kupuje, poté se stane běžnou součástí jeho života, zvykne si na ni a postupem času ho může přestat bavit. To by se zde stát nemělo.

### **9.2 Ekonomická funkce**

Už při nákupu reproduktorové soustavy by člověk měl mít jasno, co od ní očekává. Od těchto prvotních požadavků se dostane k vlastní ceně. Čím více očekáváme, tím více si musíme připlatit. Tato reproduktorová soustava se bude řadit do cenové kategorie dražších a to hlavně díky tomu, že nabízí něco více, jak už bylo zmíněno. Nabízí technologický vtípek společně s kvalitním požitkem z hudby. To jsou dva hlavní typické znaky této reproduktorové soustavy, které ji dělají originální.

### **9.3 Sociální funkce**

Cílem bylo vytvořit reproduktorovou soustavu, která bude působit líbivým ale zároveň novým dojmem. V této oblasti je těžké vytvořit něco nového, sloupové reproduktorové soustavy budou vždy působit podobně. Vše na principu umístování reproduktorů do různých výšek. Zcela jiným přístupem, s možností technického obměnění od stále se opakujících reproduktorových soustav a jejich tvarů.

## 10. ZÁVĚR

Hlavním úkolem bylo navrhnout reproduktorovou soustavu. Z tohoto takto širokého okruhu došlo k zaměření se na sloupovou reproduktorovou soustavu, vhodnou pro použití u domácího kina, televize. Je koncipována na větší pokoje a větší prostory, tudíž nejlépe obývací pokoj. Obsahuje celkem čtyři reproduktory. Dva basové, jeden výškový a jeden středotónový.

Značné oživení této soustavě dodává vyjíždění vnější části. Tento prvek je zcela dominantním ale na první pohled nepoznatelným. Štíhlé tvarování této soustavy tak podporuje i samotnou funkci. Tato reproduktorová soustava obsahuje všechny běžné materiály, které se nacházejí na trhu. Měla by oslovit jak běžného zákazníka, který touží po tom mít doma něco nového, ale zároveň i náročného zákazníka, který si potrpí na kvalitu zvuku.

## **11. SEZNAM POUŽITÝCH ZDROJŮ**

- [1] TOMAN K. *Reproduktory a reprosoustavy*. Orlová: 2001. 186 1.díl, 1. vydání  
[2] TOMAN K. *Reproduktory a reprosoustavy II*. Dexon: 2010, 2. vydání  
[3] <http://homepage.mac.com/oldtownman/recording/loudspeaker.html> 22.2.2012  
[4] [http://reprosoustavky.kvalitne.cz/private/vyber%203p\\_1.htm](http://reprosoustavky.kvalitne.cz/private/vyber%203p_1.htm) 22.2.2012  
[5] <http://www.voices.com/articles/audio-recording-technology/history-of-the-loudspeaker> 23.2.2012  
[6] KOLMER F. *Prostorová akustika*. Praha: 1982, STNL 24.3. 2012  
[7] BRAMSTON D. *Design výrobků / Hledání inspirace*. Brno : 2010. Computer Press  
[8] *Dynamic, počátek reproduktorů*  
<[http://www.newlaunches.com/archives/parrot\\_zikmu\\_by\\_philippe\\_starck\\_the\\_360\\_degree\\_speaker\\_system\\_.php](http://www.newlaunches.com/archives/parrot_zikmu_by_philippe_starck_the_360_degree_speaker_system_.php)> [citace 12.4.2012]

## **12. SEZNAM OBRÁZKŮ, POUŽITÝCH ZKRATEK A SYMBOLŮ** **12**

---

### **12.1 Seznam obrázků** **12.1**

---

<b>Obr. 1</b> Dynamic, počátek reproduktorů .....	7
<b>Obr. 2</b> Části elektrodynamického reproduktoru.....	9
<b>Obr. 3</b> Kombinace překližky z břízy a MDF.....	10
<b>Obr. 4</b> Skříňová a stojanová koncepce.....	11
<b>Obr. 5</b> Audio soustava Phillipe Starck.....	11
<b>Obr. 6.1</b> Varianta 1, vizualizace všech tří podvariant.....	13
<b>Obr. 6.2</b> Varianta 2, vizualizace všech tří podvariant.....	14
<b>Obr. 6.3</b> Varianta 3, vizualizace všech tří podvariant.....	15
<b>Obr. 7</b> Verze Bang & Olufsen.....	16
<b>Obr. 8</b> Předvarianta.....	16
<b>Obr. 9</b> Finální varianta.....	16
<b>Obr. 10</b> Ergonomie zvuku.....	17
<b>Obr. 11</b> Vizualizace finální varianty – tvarové řešení.....	19
<b>Obr. 12</b> Vizualizace finální varianty – tvarové řešení.....	19
<b>Obr. 13</b> Vizualizace finální varianty – barevná řešení.....	20

### **12.2 Seznam použitých zkratk a symbolů** **12.2**

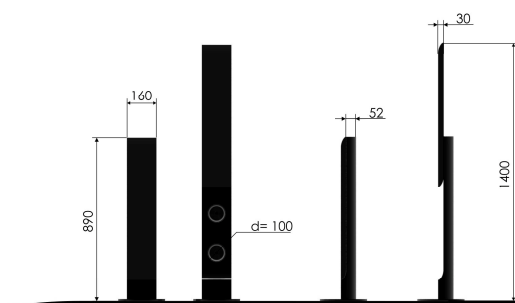
---

Hz - hertz  
Db - decibel  
Mm - milimetr

## **13. SEZNAM PŘÍLOH**

- [1] Sumarizační poster
- [2] Model M1:2
- [3] CD s bakalářskou prací
- [4] Foto modelu

## Design soustavy reproduktorů



Cílem práce bylo navrhnout reproduktorovou soustavu. Tato je vhodná především pro použití u domácího kina a televize. Soustava obsahuje dva basové reproduktory, jeden výškový a jeden středový.

Originalita této soustavy je umístěna ve vyjždění vnější části vůči pevné statické části. Tvarování této reproduktorové soustavy podporuje celkovou funkci.

Produkt by měl oslovit jak běžného běžného zákazníka, tak i náročného uživatele.

Poznámka: Průměr podstavy je 250mm

Zdeněk Drozd  
Design soustavy reproduktorů  
3E/94, letní semestr, školní rok 2011/2012  
Vedoucí práce: akad. soch. Josef Sládek, Odbor průmyslového designu, ÚK FSI VUT Brno