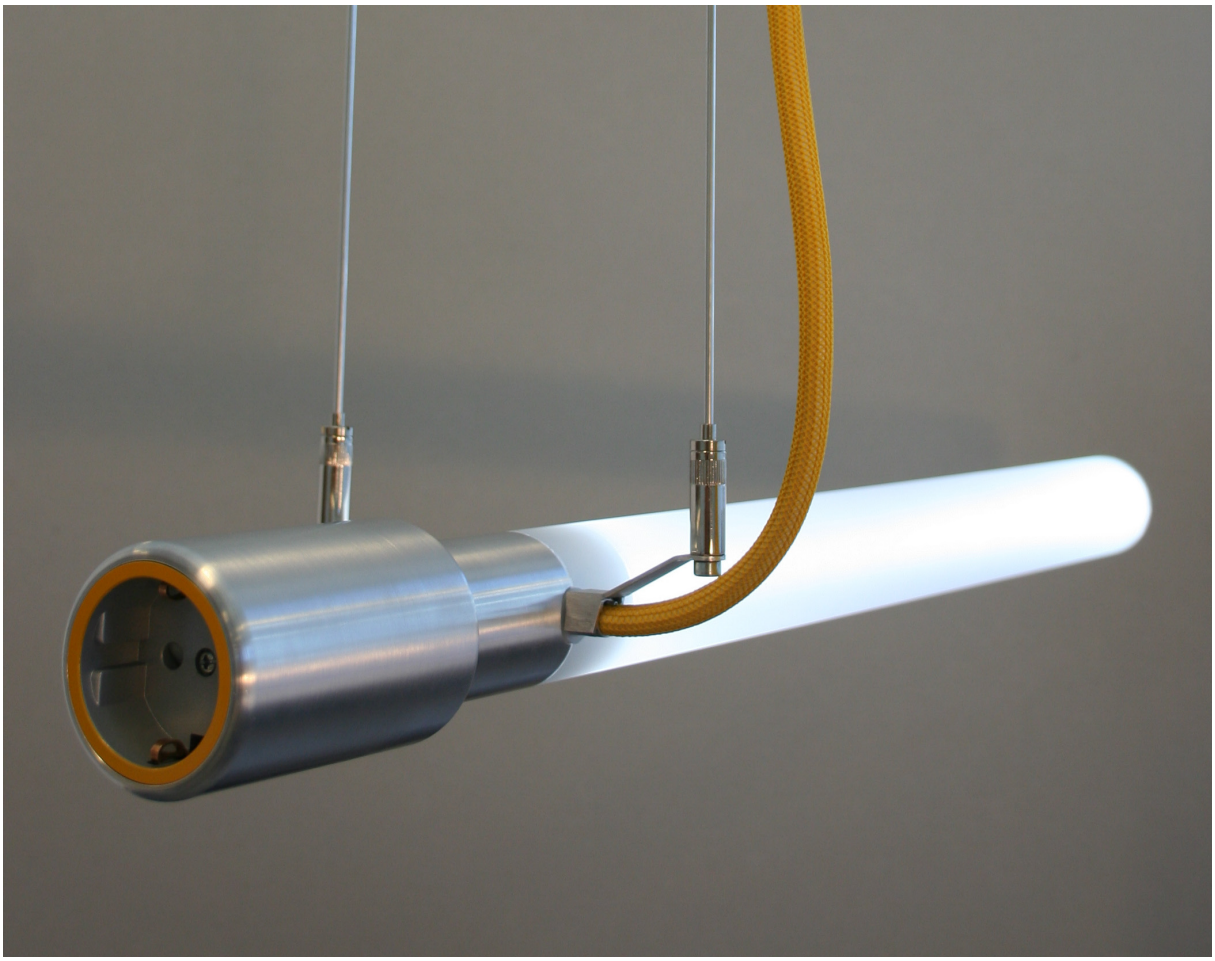
CHALMERS



Integration av eluttag i belysningsarmatur för offentlig miljö

Examensarbete inom Designingenjörsprogrammet

Magnus Andersson
Marc Hoogendijk

Institutionen för Produkt och produktionsutveckling
Avdelningen för Design
CHALMERS TEKNISKA HÖGSKOLA
Göteborg

Sammanfattning

I takt med att tillgången till trådlösa nätverk ökar blir det allt vanligare att använda bärbara datorer i offentliga miljöer. På dessa platser är ofta strömförsörjning ett problem och detta är grunden till projektet. Idén är att på ett enkelt sätt erbjuda tillgång till el genom att integrera ett eluttag i en belysningsarmatur.

Syftet med projektet har varit att driva ett komplett produktutvecklingsprojekt från ide till fungerande prototyp. Detta med hjälp av den designmetodik vi lärt oss under utbildningen till Designingenjör på Chalmers. Genomförandet omfattar allt från problemidentifiering, brukarstudier och idégenerering till CAD-underlag och modellbyggande. Arbetet har utförts i samarbete med belysningstillverkaren Fagerhult Professional och ett ytterligare mål har varit att skapa en lampa som kompletterar deras sortiment.

Lampan är en pendlad armatur för framförallt kafémiljöer, utformad för att ge en god läsbelysning på bordsytan. När brukaren ansluter exempelvis en bärbar dator till uttaget förändras lampans tyngdpunkt. Samtidigt minskar ljuset mot bordsytan och störande reflektioner i datorskärmen undviks.

I utvecklingen av lampan har vi utnyttjat den senaste och mest energieffektiva tekniken inom belysning. Genom att se tekniken, inte bara som ett komplement till formen utan istället som en del av den har vårt arbete resulterat i en unik och innovativ belysningsarmatur.

Summary

As the incidence of wireless internet connections have increased, the usage of laptops in public spaces has become more and more common. In these environments is the absence of electrical outlets often a problem. The idea for this project is to supply electricity at such places by integrating an outlet in a light fixture.

The aim of this project has been to perform a complete product development process and develop an idéa into a functional prototype. This by using the methodology we've learnt during our three years at Product design engineering at Chalmers. The project covers the development process, from identifying a problem and studying the potential users to development of CAD-models and building physical prototypes. The product has been developed in corporation with Fagerhult Professional, and an additional aim has been to develop a lamp that complements their range of products.

The lamp is a pendant fixture mainly meant to be used in public surroundings such as for example cafés. The lamp is designed to provide a sufficient reading light. As the user connects i.e. a laptop to the socket, the centre of gravity of the lamp changes. The lamp turns and this movement result in a reduction of the light at the table and irritating reflections in the laptop-screen are avoided.

By taking advantage of the latest lighting technology and by working with technology as a part of the design instead of just as a complement to the design our work has resulted in a unique and innovative lighting fixture.

Förord

Denna rapport är en del av vårt examensarbete på Designingenjörsprogrammet vid Chalmers tekniska högskola, Göteborg. Arbetet omfattar 15hp och har utförts under våren 2008 vid Institutionen för produkt- och produktionsutveckling. Handledare och examinator har varit Olof Wranne, industridesigner

Arbetet har utförts i samarbete med belysningsföretaget Fagerhult Professional. Där har produktchef Peter Björkman varit vår handledare och han förtjänar ett stort tack! Även Jörgen Johansson och Lars Carlgren på Fagerhult har varit till stor hjälp vid utveckling och prototypbyggande, tack!

En viktig del i projektet är den fullt fungerande prototyp som arbetet lett fram till. Ett flertal företag har bidragit med finansiering, kunskap och varuprover, tack till: Peter Björkman, Fagerhult Professional, Hasse Rundlöf, Osram, Staffan Svensson och Patrik Arnstrand, Frinab.

Innehållsförteckning

1 Inledning 1
1.1 Bakgrund 1
1.2 Syfte 1
1.3 Precisering av frågeställning 1
1.4 Avgränsningar 2

2 Teori 3
2.1 Termer 3
2.2 Belysningsergonomi 4
2.3 Ljuskällor 5
2.3.2 Halogenglödlampor 5
2.3.3 Lysrör/Kompaktlysrör 5
2.3.4 LED - Light Emitting Diod 5

3 Metod 6

4 Bakgrundsinformation .. 7
4.1 Målgrupp 7
4.1.1 Miljöer 7
4.1.2 Användare 8
4.1.3 Kund 8
4.1.4 Diskussion 8
4.2 Konkurrentanalys 9
4.2.1 Konkurrenter 9
4.2.2 Substitut 9
4.2.3 Diskussion 10
4.3 Designformat 11
4.3.1 Metod 11
4.3.2 Diskussion 11
4.4 Ledord 13
4.4.1 Nyskapande, intresseskapande 13
4.4.2 Självklar, intuitiv 13
4.4.3 Tillverkningsanpassad utformning 13
4.4.4 Miljömässigt utförande 13
4.4.5 Diskussion 13
4.5 Funktionsanalys 14
4.5.1 Funktionsträd 14
4.5.2 Diskussion 14
4.6 Kravspecifikation 15
4.6.1 Sammanställning av krav 15
4.6.2 Diskussion 15

5 Utveckling 16
5.1 Idégenerering 16
5.2 Koncept 17
5.2.1 Ett första idéurval och koncept-visualisering 17
5.2.2 Utvärderingsmetoder 17
5.2.3 Konceptbeskrivning 18
5.2.4 Uppdragsgivarens val 19
5.2.5 Valt koncept 20
5.2.6 Diskussion 20
5.3 Vidareutveckling av slutkoncept 21
5.3.1 Delproblem hos slutkonceptet 21
5.3.2 Ljuskälla, ljusspridning 21
5.3.3 Jämvikt 25
5.3.4 Kylning 25
5.3.5 Materialval ljusrör 27
5.3.6 Packning av komponenter 28

6 Slutlig produkt..... 31
6.1 Hantering.....31
6.2 Egenskaper 32
6.2.1 Ljusbild 32
6.2.2 Kommunikativ form..... 32
6.2.3 Ytor 32
6.2.4 Färger 32
6.3.1 Ljusrör..... 32
6.3.2 Ändplugg/reflektor 32
6.3.3 Armaturkropp 32
6.3.4 Elektriska komponenter..... 32
6.3.5 Axel..... 32
6.3.6 Kabel 33
6.3.7 Vajerupphängning..... 33
6.3.8 Takkopp 33
6.4 Resultat mot krav.....33
6.5 Framtidsvisioner 34

7 Slutsats..... 35
7.1 Diskussion 35
7.2 Rekommendationer för
fortsatt arbete 35

Referenser..... 37
Källor 37
Figurer 37

Bilagor
Bilaga A, Kravspecifikation ...I
Bilaga B, Idéskisser III
Bilaga C, Pugh´s
utvärderingsmatris IV
Bilaga D, Möjliga ljuskällor....V

1 Inledning

Under våren 2008 utvecklas i samarbete med belysningstillverkaren Fagerhult Professional en armatur som ska tillgodose krav på både belysning och el (fig. 1.1). Armaturen är tänkt att användas i offentliga miljöer där bärbara datorer används, som caféer, flygplatser, mm.

1.1 Bakgrund

Idén till produkten kom till när vi en dag i höstas satt på kaféet Condeco och diskuterade vad vi ville göra som examensarbete. Vi arbetade med en bärbar dator som efter en stund krävde tillgång till ett eluttag, men dessa visade sig vara en bristvara. I hela lokalen fanns två platser med eluttag, däremot såg vi att det vid varje bord hängde en liten pendelarmatur.

Idén att utveckla en lampa som förutom att tillgodose belysning även tillfredställer behovet av elförsörjning var född. Vi tog kontakt med Peter Björkman på Fagerhult Professional som nappade på idén och så var vi igång.

Fagerhultgruppen, där Fagerhult Professional ingår, är Nordens största och en av Europas ledande belysningskoncerner med ca 1600 anställda. Koncernen består av nio belysningsföretag uppdelade i fyra affärsområden; professionell belysning, butiksbelysning, utomhusbelysning och inredningsbelysning.

Fagerhult Professional utvecklar, tillverkar och marknadsför professionell belysning för offentliga miljöer som skolor, sjukhus, kontor, hotell, mm. Företaget strävar efter och ligger i framkant vad gäller utveckling och miljömedvetenhet, detta är ett starkt skäl till att vi sökte oss dit.

1.2 Syfte

Examensarbetet syftar till att utveckla en lampa kombinerad med elförsörjning i samarbete med belysningstillverkaren Fagerhult Professional.

Projektet kommer att beröra hela produktutvecklingsprocessen och resultera i en fungerande prototyp av lampan.

1.3 Precisering av frågeställning

Med examensarbetet vill vi söka svar på och utreda bland annat dessa frågor:

Hur kombinerar man på bästa sätt funktionerna belysning och elförsörjning i en produkt för offentliga miljöer?

Hur kommunicerar man på bästa sätt tillgången till elförsörjning?

Vad utmärker en lampa med Fagerhult Professionals formspråk?

Fig. 1.1 Idéillustration.

1.4 Avgränsningar

Examensarbetet genomförs som ett produktutvecklingsprojekt och det är nödvändigt att, till följd av arbetets omfattning, göra vissa avgränsningar.

Ekonomi (volymberäkningar, täckningsbidrag, osv.) kommer inte behandlas utöver det att vi vid material- och komponentval har i åtanke att produkten ska ha en konkurrenskraftig tillverkningskostnad.

Produktionsunderlag i form av fullständigt CAD-underlag för tillverkning kommer inte framställas. Däremot kommer CAD-modeller för visualisering skapas. Dessa ska vara ett fullgott underlag för prototypframställning och ett underlag för eventuell framtida produktionsanpassning.

Brukarstudier kommer användas för konceptutvärdering, men inte som grund för problemformuleringen.

Miljöaspekter kommer inte kartläggas metodiskt (t.ex. LCA), dock kommer hänsyn naturligtvis tas vi materialval och val av elektriska komponenter med avseende på resursförbrukning.

2 Teori

För att ge en grundläggande förståelse för de begrepp som används i sammanhang där belysning diskuteras presenteras nedan fakta som kan vara viktiga och intressanta vid läsning av rapporten.

2.1 Termer

Här följer en lista med viktiga termer och storheter som kräver sin förklaring, se fig. 2.1.

Storhet/Begrepp	**Beteckning**	**Enhet**	**Formel**	**Förklaring**
Ljusstyrka	I	Candela (cd)	$I = \Phi / \varpi$	Ljusstyrkan är ljusintensiteten i en bestämd riktning. Definition: ljusflöde per rymdvinkel (ϖ)
Belysningsstyrka	E (lx)	Lux (lm/m^2)		Belysningsstyrka avser det ljusflöde som träffar en bestämd yta. Definition: Ljusflöde per ytenhet (m2)
Luminans	L	(cd/m^2)	$L = I / A$ ($L = I / A\cos\alpha$)	Luminans benämns även ljustäthet. Definition: Ljustätheten i en given riktning mot en bestämd punkt/yta på en ljuskälla/armatur eller belyst yta.
Ljusflöde	Φ	lumen (lm)		Avser en ljuskällas ljusflöde som avges vid en omgivningstemperatur av $25^{\circ}C$. Ljusflödet avviker ibland från ljuskällans maximala ljusflöde.
Färgtemperatur		kelvin (K)		Färgtemperatur beskriver en ljuskällas färgintryck som normalt upplevs som varm vid K<4000 och kall vid K>4000.
Färgåtergivnings-index	Ra	R_a-index		Ett mått på en ljuskällas förmåga att återge färger i jämförelse med en referensljuskälla vid en bestämd färgtemperatur.
Ljusutbyte	H	(lm/W)	$\eta = \Phi / P$	Ljusutbytet från en ljuskälla definieras som förhållandet mellan det ljusflöde en ljuskälla avger och den elektriska effekt som den upptar. Ljusutbytet kan beskrivas som ett mått på ljuskällans verkningsgrad.

Fig. 2.1 Tabellen förklarar viktiga belysningstekniska begrepp.

2.2 Belysningsergonomi

Ljus och belysning har stor inverkan på oss och korrekt belysning är en viktig förutsättning för att kunna utföra uppgifter på ett effektivt och skonsamt sätt. Vad det gäller belysning på regelrätta arbetsplatser är det väl kartlagt och det finns tydliga riktlinjer hur ljusmiljön på sådana platser bör utformas, se fig. 2.2. I fig. 2.3 beskrivs lämpliga belysningsstyrkor för en arbetsplats (Fagerhult 2007). Dessa är enbart exempel och siffrorna får anpassas och tolkas för att passa de tänkta miljöer för vilka armaturen utvecklas.

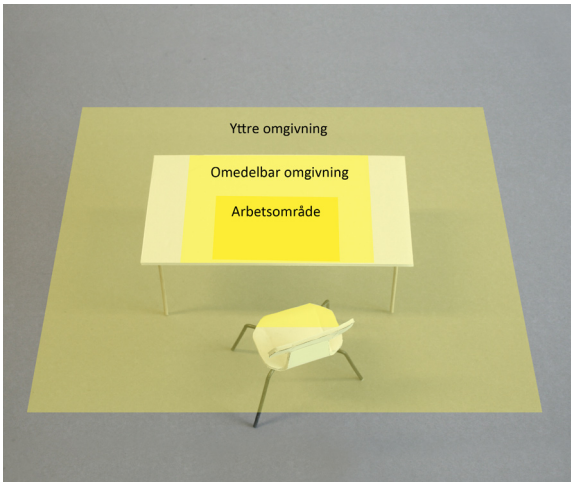


Fig. 2.2 Bilden ovan visar hur belysningsstyrkan bör variera beroende på vilket avstånd området har från den direkta arbetsytan.

Relationer mellan olika belysningsstyrkor och jämnhetskrav

Belysningsstyrka inom arbetsområdet	Belysningsstyrka inom den omedelbara omgivningen
≥ 750	500
500	300
300	200
≥ 200	bis 200
E_{min}/E_m mind. 0,7	E_{min}/E_m mind. 0,5

Fig. 2.3 Tabellen anger lämpliga belysningsstyrkor för omgivningen baserat på belysningsstyrkan inom arbetsområdet.

2.3 Ljuskällor

Det finns ett stort antal olika elektriska ljuskällor. De kan kategoriseras i fyra huvudtyper; glödljus, urladdningsljus, luminensljus och induktionsljus. Fig. 2.4 visar en översikt över de tre vanligaste huvudtyperna samt de ljuskällor som bygger på respektive teknik. Vidare beskrivs de ljuskällor som är vanligast förekommande och/eller lämpliga för detta projekt mer ingående.

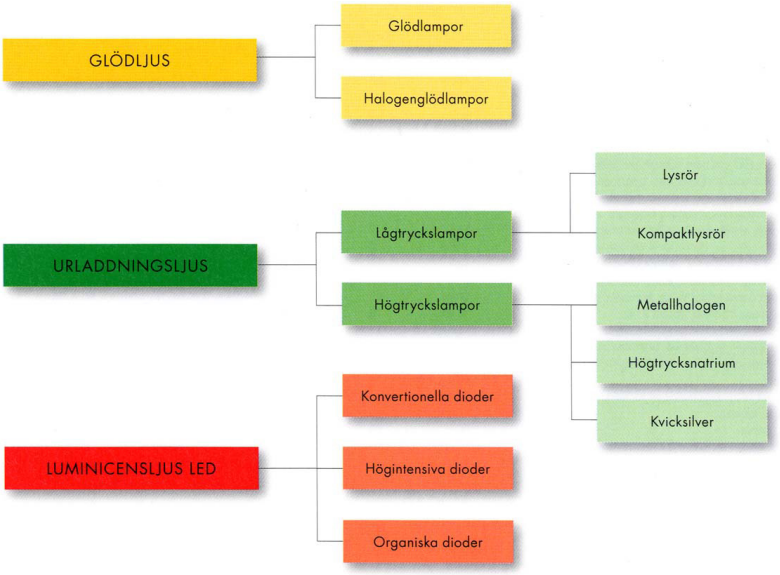


Fig. 2.4 Tre olika typer av elektriskt alstrat ljus och deras relation till respektive ljuskällor.

2.3.1 Glödlampor

En ljuskälla som funnits sedan slutet av 1800-talet och har många positiva egenskaper så som; bra färgåtergivningsförmåga, lågt pris, enkel ljusreglering och inget behov av driftdon.

Det som framförallt talar emot glödlampan är dess dåliga energieffektivitet, 95% av energin blir till värme och bara 5% blir ljus. Dessutom är glödlampans livslängd jämförelsevis kort.

2.3.2 Halogenglödlampor

Halogenglödlampor finns i både 12 och 230V utförande med effekt upp till 250W. Positiva egenskaper för halogenglödlamporna är bra färgåtergivning, relativt lågt pris, bra livslängd och möjlighet till ljusreglering (Fagerhult 2007). De är något effektivare och har bättre livslängd än vanliga glödlampor, men negativt är att energieffektiviteten är relativt dålig.

2.3.3 Lysrör/Kompaktlysrör

Fördelar med lysrör och kompaktlysrör är bland annat högt ljusutbyte, bra färgåtergivning, olika färgtemperaturer, möjlighet att ljusreglera och lång livslängd (Fagerhult 2007). De har en betydligt högre energieffektivitet än glödlampor och halogenglödlampor, även livslängden är bättre. Lysrör och kompaktlysrör kräver driftdon och effektiviteten påverkas till viss del av omgivningstemperaturen.

2.3.4 LED - Light Emitting Diod

LED är en relativt ny teknik som är under snabb utveckling och förväntas bli framtidens stora ljuskälla (Annell 2008). Den har många fördelar; energieffektivitet på ca 50 %, kompakta mått, tålig för yttre påverkan, möjlighet till ljusreglering och lång livslängd. Nackdelar är behov av driftdon och kylning för optimal effektivitet och livslängd. Ett annat problem är att dioderna, till följd av sin långa livslängd, ofta byggs in i armaturen och då blir i princip omöjliga att byta ut om de trots allt går sönder.

3 Metod

Arbetet innefattar alla faser av produktutvecklingsprocessen och baseras på den designmetodik vi lärt oss på Designingenjörsprogrammet. Specifika metoder som använts finns beskrivna under respektive kapitel, följt av resultat och diskussion. Arbetet har strukturerats enligt fig. 3.1.

Förstudie	marknadsundersökning miljöstudie av potentiella miljöer hur löser man problemet idag? belysningsergonomi semantikstudie designformatanalys
Produktspecificering	precisering av problem funktionsanalys kravspecifikation sammanfattning av problemanalys
Konceptgenerering	idegenerering morfologisk matris
Konceptutvärdering	pugh's matris brukarstudie
Konstruktion	komponentval bygga-testa-metoden materialval CAD-modell
Prototyp	

Fig. 3.1 Projektets upplägg.

4 Bakgrundsinformation

Grunden till en bra produkt som tillfredställer användarens behov är en noggrann insamling av de förutsättningar som finns och de krav som ställs. Genom att klargöra vem produkten riktar sig till, vilken konkurrens den kommer att möta och vilka ledord projektet ska ha, sätts riktlinjer för utvecklingen.

4.1 Målgrupp

Lampans målgrupp kan delas in användare och köpare, dessa är oftast olika personer då lampan främst är avsedd för offentlig miljö. En analys av tänkta miljöer ger en tydlig bild av vilka användare och kund är.

4.1.1 Miljöer

Utgångspunkten för lampan är att den ska underlätta arbete med bärbar dator. Det ger i sin tur ett antal lämpliga miljöer där lampan kan användas. Detta är miljöer där man befinner tillfälligt, antingen i syfte att arbeta (studieplatser, kaféer) eller där man passar på att arbeta i väntan på något (flygplats, hotellobby).

En fältstudie och idégenerering av potentiella miljöer för produkten resulterade i följande:

- Läsesal/studieplats på högskolor.
- Läsesal/studieplats på bibliotek.
- Kafé (särskilt de med trådlöst Internet)
- Flygplats (framförallt kafémiljöer)
- Buss/tågstation (framförallt kafémiljöer)
- Loungemiljö på företag
- Hotellobby & reception

Under utvecklings- och utvärderingsarbetet har följande bilder (fig. 4.1-4.4) varit till stor hjälp för att skapa en gemensam förståelse av de tänkta miljöerna.

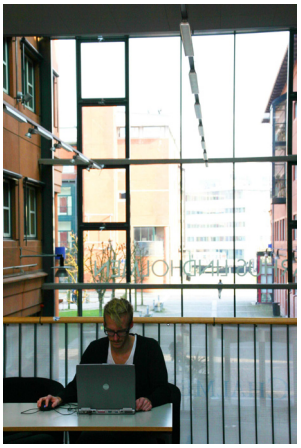


Fig. 4.1- 4.4. Tänkta miljöer för armaturen.

4.1.2 Användare

Utifrån de tänkta miljöerna kan två användargrupper identifieras. Dessa är de som använder lampan endast som belysningskälla och de som dessutom använder lampans eluttag för att ladda till exempel en bärbar dator.

Den första målgruppen är väldigt bred, alla har behov av belysning för att kunna ta sig fram och för att kunna arbeta och kan följaktligen ha nytta av lampan.

Den andra målgruppen är mindre och mer homogen, den utgörs enligt oss framförallt av studenter och de som reser mycket i tjänsten (fig. 4.5). Detta har legat till grund för urvalet av brukare till de brukarstudier som genomförts.

Fig. 4.5 Arbete på resande fot.

Studenter sitter ofta och pluggar på offentliga platser som bibliotek, kaféer och gemensamma studieutrymmen. Människor som reser mycket i arbetet spenderar en del av sin arbetsdag på reseknutpunkter som till exempel flygplatser och tågstationer. Ofta bor de även på hotell i samband med resan och har intresse av att kunna arbeta med datorn i exempelvis hotellobbyn eller receptionen.

Efterhand som det blir vanligare att man skaffar bärbar dator istället för stationär och i takt med att utbyggnaden av trådlösa internet-förbindelser ökar är det även troligt att andelen användare ur andra grupper ökar.

4.1.3 Kund

Då lampan utvecklas för användning i offentliga miljöer är det troligt att användaren och kunden är olika personer. Då dessa miljöer inreds är det ofta en professionell inredare eller ljusdesigner som tillsammans med kunden väljer armaturer och övrig inredning. Kundgruppen kommer därför till viss del sammanfalla med den för Fagerhult Professionals nuvarande sortiment. Denna armatur riktar sig mot den designmedvetna köparen som uppskattar nyskapande formgivning och kvalitet.

4.1.4 Diskussion

Att ha en klar bild av målgruppen för en produkt/lösning är viktigt då produktens framgång är starkt knutet till hur väl den uppfyller målgruppens behov. Den analys av och resonemang kring målgruppen som beskrivs i detta avsnitt har lagt grunden till denna förståelse.

4.2 Konkurrentanalys

För att få en överblick över de produkter som kan tänkas konkurrera med armaturen har en konkurrentanalys genomförts. Informationen har huvudsakligen insamlats från mässan Northern Light Fair, butiker/återförsäljare, kataloger och tillverkares hemsidor.

4.2.1 Konkurrenter

Vår armatur kan ses som en korsning mellan en dekorativ inredningsarmatur (fig. 4.6) och en armatur med integrerat eluttag, mer fokuserad på funktion (fig. 4.7). Dessa två typer av armaturer finns det en uppsjö av idag men ingen har tidigare kombinerat de två.

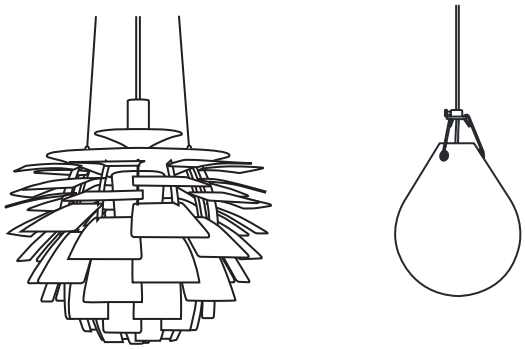


Fig. 4.6 Dagens marknad fullkomligt svämmar över av belysningstillverkare med ett brett sortiment av dekorativa inredningsarmaturer. För att lyckas sticka ut i detta segment krävs något extra.

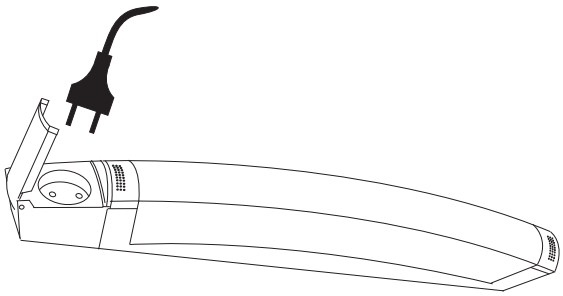


Fig. 4.7 Det finns i dagsläget armaturer med integrerat eluttag, dessa är dock avsedda för kök, badrum och i viss mån kontorsutrymmen. Denna typ av armaturer fokuserar ofta främst på funktion och i andra hand på utseende.

4.2.2 Substitut

Under fältstudierna observerades ett antal olika sätt att lösa problemet med elförsörjning i de tänkta miljöerna (fig. 4.8 - 4.10). Dessa var mer eller mindre funktionella och estetiskt tilltalande och i de fall där eluttag fanns tillgängliga har ett omfattande arbete med ledningsdragning krävts. Vanligast var dock att man inte brytt sig om att underlätta tillgången till elförsörjning, är det något man som brukare prioriterar gäller det att placera sig strategiskt i lokalen.

Fig. 4.8 Ingen möjlighet till elförsörjning ges.

Fig. 4.9 Eluttag monterade på/under möbler.

Fig. 4.10 Eluttag monterade på väggar/ i kabelkanaler.

4.2.3 Diskussion

Sammanfattningsvis kan man konstatera att belysningsbranschen är en bransch med hård konkurrens, det finns många tillverkare och näst intill oändligt många olika armaturer. Vill man utmärka sig gäller det att ha något speciellt att erbjuda. Vad det gäller konkurrenter och substitut finns det en hel del olika lösningar av varierande kvalitet med avseende på estetik och funktion.

Vi har hittat/skapat en outforskad nisch på marknaden. Det finns i dagsläget ingen lösning som på ett enkelt och estetiskt tilltalande sätt tillfredställer detta behov av belysning och tillgång till el.

4.3 Designformat

Utöver de tekniska krav som ställs på en produkt finns ett antal andra aspekter att ta hänsyn till. En av dessa är produktens form, något som inte alltid är så enkelt att uttrycka med ord. Ett företag har ofta speciella kännetecken i sin formgivning av produkter, detaljer som bygger upp och identifierar företagets varumärke. Man säger att produkterna har samma designformat.

4.3.1 Metod

Designformatanalys är en metod framtagen av Warell (2001) som underlättar och systematiserar arbetet med att ta fram ett företags designformat. Uttrycket designformat är väldigt brett och kan innefatta såväl ett speciellt formspråk som en designfilosofi eller relatera till material och tillverkningsmetoder som ofta används i företagets produkter.

Det är inte säkert att man som företag har ett tydligt designformat och det är inte heller självklart att det är något att sträva efter. På samma sätt som det kan skapa en stark känsla av igenkänning och sammanhållning av företagets produkter kan det även leda till en oönskad likriktning av produktsortimentet.

Det designformatanalysen ger är en överblick och uppfattning om produktsortimentet. Utifrån det kan man sedan göra medvetna val och motivera om och varför man väljer att följa nuvarande designformat eller om man strävar efter att utveckla det i någon riktning.

I arbetet med att undersöka Fagerhult Professionals designformat har ett antal produkter valts ut (fig. 4.11). Utgångspunkten har varit pendlade armaturer i kategorierna interiör och inredning, då dessa får anses mest relevanta med avseende på den armatur som ska utvecklas. De utvalda armaturerna har kartlagts med avseende på material, färg och formelement.

Genom att värdera hur väl de olika produkterna överrensstämmer med uppställda kriterier fås en sammanlagd poängsumma. En fylld punkt ger två poäng och innebär att produkten i hög grad använder formelementet. En icke fylld punkt ger ett poäng och betyder att produkten delvis använder sig av formelementet. Poängsumman i högerkant visar vilka element som är vanligast förekommande i Fagerhult Professionals formspråk, dessa kan tillsammans anses utgöra deras designformat. Summeringen i nederkant visar vilken av produkterna i sortimentet som uppfyller de uppställda kriterierna bäst.

4.3.2 Diskussion

Det är inte självklart att analysen resulterar i ett uppenbart designformat som använts vid utformningen av Fagerhult Professionals produkter. Däremot kan man tydligt se att vissa formelement används i väldigt stor utsträckning. Vad det gäller form är både runda och rektangulära former vanligt, vilket naturligtvis har en stark koppling till formen på ljuskällor och tradition i branschen. Färgskalan är nertonad och strikt och baseras på vitt och alugrått, med inslag av svart och krom. Ett annat viktigt inslag i Fagerhults produkter är opala material i lampkuporna.

Med utgångspunkt i denna analys har ett antal kännetecken i Fagerhults formspråk identifierats, dessa kommer längre fram i processen antigen bevaras eller utvecklas.

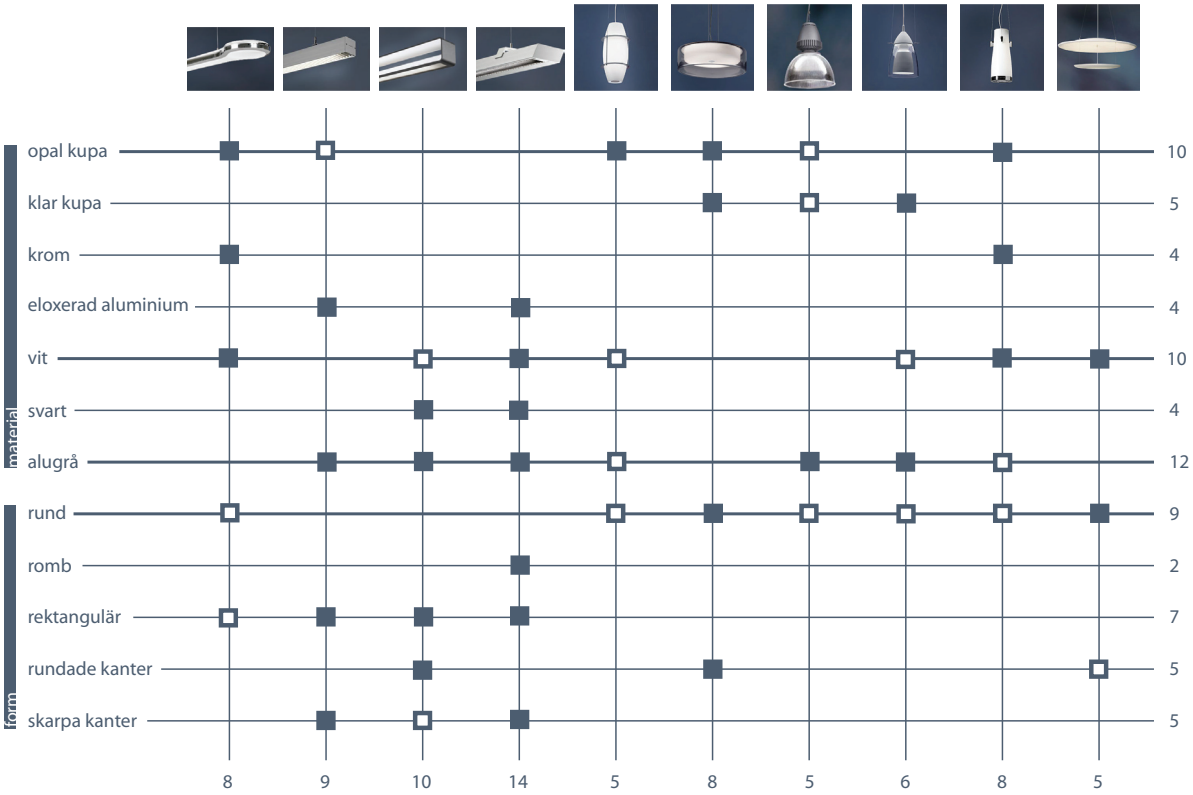


Fig. 4.11 Designformatanalys för ett urval ur Fagerhult Professionals sortiment.

4.4 Ledord

För att skapa en gemensam målbild för projektet har ett antal ledord tagits fram. Ledorden fungerar dels som en slags textbaserad moodboard som kommunicerar något av det uttryck lampan ska ta, dels de stora riktlinjer utformningen och konstruktionen av lampan ska följa.

4.4.1 Nyskapande, intresseskapande

Tanken har sedan tidigt i projektet varit att lampan, framförallt genom att kombinera belysning med elförsörjning, men även genom form och funktion ska bli något nytt och ett friskt tillskott till en annars ganska likriktad marknad. Vi vill inte kopiera eller göra ännu en version av något som redan finns på marknaden utan istället utmana traditionella tankebanor och synsätt på hur saker och ting ska vara och bete sig.

4.4.2 Självklar, intuitiv

En av de viktigaste målsättningarna med lampan är att produkten ska vara självinstruerande. Det ska inte finnas behov av en manual eller beskrivande grafik för att förstå lampans funktion. Formen i sig ska förmedla att det finns tillgång till el, var den finns samt hur lampan beter sig.

4.4.3 Tillverkningsanpassad utformning

För att skapa en realiserbar produkt är målet med en tillverkningsanpassad utformning väldigt viktig. Genom att göra produkten så enkel som möjligt att tillverka och på så sätt minimera tillverkningskostnaderna blir produkten direkt mer attraktiv för det producerande företaget. En produkt som är lätt att tillverka och består av så få komponenter som möjligt går även hand i hand med en låg miljöbelastning vid tillverkning.

4.4.4 Miljömässigt utförande

Genom att konstruera produkten med så resurssnåla komponenter som möjligt minimeras miljöbelastningen under användandefasen av produkten. Detta synsätt på konstruktion rimmar väl med Fagerhult Professionals syn på hållbar utveckling:

”Energiförbrukningen under själva användningstiden står för en stor del av armaturens totala miljöpåverkan. Därför är utvecklingen av energieffektiva produkter vårt främsta bidrag till miljön.”

(Fagerhult 2007)

Ett tidigt krav från Fagerhults sida var att lampan skulle innehålla en energisnål ljuskälla, och det är just i valet av ljuskälla den största energibesparingen kan göras.

4.4.5 Diskussion

Ledorden har följt oss genom utvecklingen av armaturen, men i vårt fall har vi inte arbetat aktivt med ledorden, de har snarare varit med på ett mer outtalat plan. Detta faktum har inte spelat så stor roll då vi bara är två som arbetar med utvecklingen. I en större projektgrupp är det viktigare att tydligt kommunicera målen inom gruppen.

4.5 Funktionsanalys

Funktionsanalysen fokuserar på, och analyserar metodiskt, de behov armaturen ska tillfredställa. Med hjälp av funktionsträdet redovisas nedan på ett tydligt och enkelt sätt resultatet av analysen, se fig 4.12.

4.5.1 Funktionsträd

Trädet utgår från huvudfunktionen underlätta arbete och förgrenar sig sedan vidare via de viktigaste delfunktionerna, tillgodose elförsörjning samt belysning. Till dessa delfunktioner, samt huvudfunktionen kommer en rad stödfunktioner som adderar ytterligare värden till produkten.

Genom att organisera funktionerna på detta sätt fås en bra översikt över funktionerna och vilka av dessa som måste vara uppfyllda för att huvudfunktionen skall uppfyllas.

Funktionerna ordnas i tre nivåer; huvudfunktion - som löser det primära behovet, delfunktion - en funktion som är nödvändig för att huvudfunktionen skall uppfyllas samt stödfunktioner som ökar produktens attraktivitet men är inte en förutsättning för att huvudfunktionen ska uppfyllas (Österlin 2003).

Funktionsträdet fokuserar i vårt fall på funktioner som rör användandet. Övriga funktioner och krav på till exempel montering och produktion redovisas i kravspecifikationen. I denna specificeras även funktionerna i mätbara värden.

4.5.2 Diskussion

Anledningen till att funktionsanalysen bantats ner är att vi vill ha ett verktyg som kan användas aktivt under arbetets gång, snarare än ett dokument att lägga på hög. En funktionsanalys kan annars göras betydligt mer omfattande.

Liksom ledorden har funktionsanalysen outtalat funnits med under hela utvecklingen. Vi har arbetat utifrån dess funktioner och anser att vi har haft betydligt större användning av detta funktionsträd än om det gjorts mer omfattande.

Framtagandet av trädet var det mest givande, då armaturens mål kunde fastställas och konkretiseras. Man kan säga att vägen, framtagandet av trädet, var viktigare än målet, att ha ett.

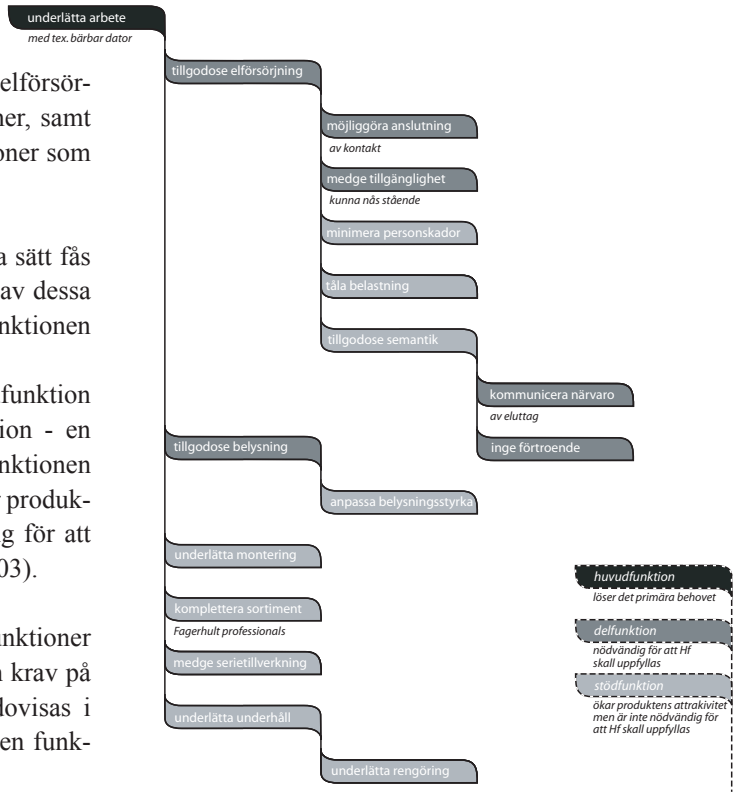


Fig. 4.12 Funktionsträd med fokus på funktioner som rör användande.

4.6 Kravspecifikation

I kravspecifikationen finns mycket av den information som samlats in redovisat på ett lättöverskådligt sätt. Kravspecifikationen används dels som riktlinje vid konceptgenerering, dels som mall när dessa utvärderas.

4.6.1 Sammanställning av krav

Kravspecifikationen har vi valt att till skillnad från funktionsanalysen göra mer omfattande.

Här finns de funktioner som på grund av överskådlighet inte kom med i funktionsanalysen samt ytterliga funktioner som är viktiga att ta hänsyn till, som till exempel lagkrav. Funktionerna är antingen krav eller önskemål som ställs på vår produkt och har i möjligaste mån getts mätbara värden. Kraven måste uppfyllas av alla lösningsförslag medan önskemålen inte är nödvändiga för funktionen hos produkten. Önskemålen ger däremot mervärde åt produkten och är viktade mellan ett och fem efter hur relevanta de är. Fig.4.13 illustrerar kravspecen, för fullständig kravspecifikation se bilaga A.

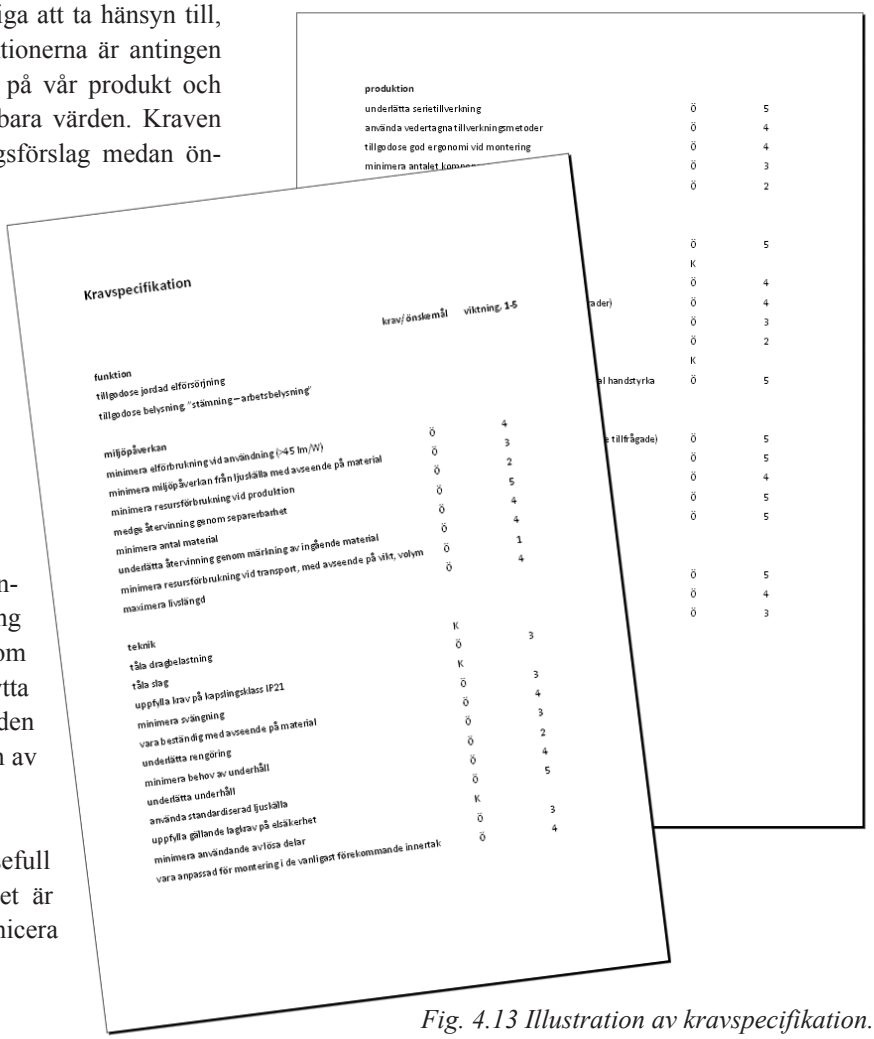


Fig. 4.13 Illustration av kravspecifikation.

4.6.2 Diskussion

Kravspecifikationen har inte använts i någon större utsträckning under projektets gång utan liksom funktionsanalysen gjort mest nytta då den utvecklades. Dock har den legat till grund för utvärderingen av koncepten.

Kravspecen är mer betydelsefull i en större projektgrupp där det är nödvändigt att tydligt kommunicera ramarna för projektet.

5 Utveckling

Utvecklingsarbetet är en till lika delar kreativ och metodisk process. En stor mängd idéer och dellösningar genereras, kombineras, utvärderas, sållas och vidareutvecklas i en omfattande, iterativ process. Experimenterandet är otroligt viktigt, det är här vi väger olika lösningar mot varann, hittar nya lösningar och utvärderar befintliga.

5.1 Idégenerering

Idégeneringen är ett i högsta grad kreativt arbete, men även kreativiteten kan behöva lite hjälp och struktur. De metoder som används i idégenereringsprocessen är till för att tvinga hjärnan att tänka i nya banor och bryta det invanda sättet att se på saker.

Grunden till en bra idégenerering är en grundlig förståelse av problemställningen. Denna fick vi genom en analys av miljö, målgrupp och marknad innan idégenereringen startade. För att ytterligare leva oss in i den situation brukaren befinner sig i valde vi att lägga mycket av idégenereringen på de platser som produkten är tänkt att användas. En miljö fylld av intryck och oförutsedda händelser ger dessutom inspiration och uppmanar till nya kopplingar och angreppssätt (fig. 5.1).

För att söka inspiration och ta del av nya tekniska lösningar och material besökte vi i början av året möbel och ljusmässan, Northern Light Fair, i Stockholm. Besöket var ett skönt miljöombyte och gav några uppslag till koncept.

Vi försökte att så snart som möjligt, innan vi fastnat i tekniska begränsningar, få ner de idéer vi haft. Idégenereringen blev sedan en diskussion och brainstorming kring olika idéer där vi vidareutvecklade och kom på nya koncept och lösningar.

Fig. 5.1 Idégenerering i produktens tänkta miljö.

5.2 Koncept

Här beskrivs arbetet från idéer, via koncept och utvärdering, fram till ett valt slutkoncept.

5.2.1 Ett första idéurval och konceptvisualisering

När huvuddelen av idégenereringen var klar fanns ett 30-tal konceptförslag att välja mellan, se exempel i bilaga B. Utifrån kriterier som hur väl konceptet passar miljön, hur väl det kommunicerar tillgång till eluttag, med flera, valdes nio koncept ut för visualisering i form av fysiska modeller. Dessa modeller användes sedan i brukarstudierna för att visa formen och demonstrera funktionen hos koncepten.

För att konceptmodellerna skulle vara hanterbara och lättillverkade skrevs de ut i en 3D-skrivare och lackerades därefter vita (fig. 5.2). En fullskalemodell av ett av koncepten samt ett rum med en stol och ett bord i skala 1:6 byggdes för att den intervjuade skulle få en uppfattning om lampans tänkta storlek.

Fig. 5.2 Lackering av prototyper.

5.2.2 Utvärderingsmetoder

Nästa steg i processen är att välja ett koncept att arbeta vidare med. Det finns många sätt att utvärdera idéer på, mer eller mindre strukturerat, och vilket som passar bäst varierar beroende på situation. Vi har valt att jobba med tre olika metoder och har sedan vägt samman resultatet från dem för att få ett så rättvisande resultat som möjligt.

5.2.2.1 Brukarstudier

De tänkta användarnas åsikter är naturligtvis väldigt viktiga att ta till sig. En utvärdering med brukare visar tydligt vilka idéer som fungerar som tänkt och vilka som inte gör det. I det här fallet genomfördes brukartestet i form av individuella intervjuer med sex personer. Konceptmodellerna i skala 1:6 presenterades och diskuterades en och en, placerade i det skalenligt rummet (fig. 5.3). Samtidigt fick brukaren möjlighet att komma med spontana kommentarer. Därefter ombads brukaren att rangordna koncepten i tre kategorier; passa miljö, attraktiv utseende samt kommunicera eluttag.

Resultatet från studien redovisas nedan i anslutning till att varje koncept presenteras.

Fig. 5.3 Intervju med brukare.

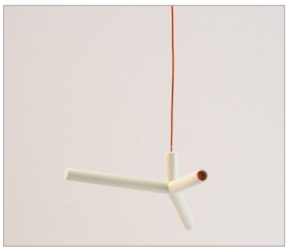
5.2.2.2 Pughs utvärderingsmatris

Som komplement till intervjuerna genomfördes även en mer objektiv bedömning av

koncepten i pughs utvärderingsmatris. Här bedömdes koncepten förutom utifrån ovan nämnda kriterier även utifrån realiserbarhet, möjlighet att anpassa belysning och hur väl de kompletterar Fagerhults sortiment. Resultatet kan ses i bilaga C.

5.2.3 Konceptbeskrivning

Nedan följer en genomgång av de nio koncepten med beskrivning av funktion samt kommentarer och resultat från brukarstudien (fig. 5.4-5.12).



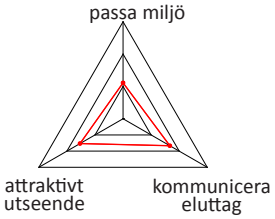
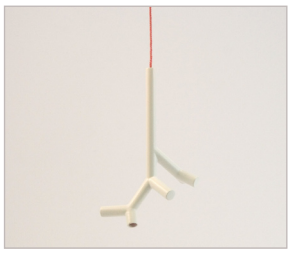


Fig. 5.4. Koncept ett. Hela lampan är tillverkad i ett opalt material och avger ett rundstrålande ljus. Ett eluttag är placerat i änden på en av cylindrarna. Då en kontakt ansluts i uttaget ändras lampans tyngdpunkt och formen förändras.



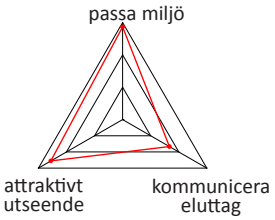
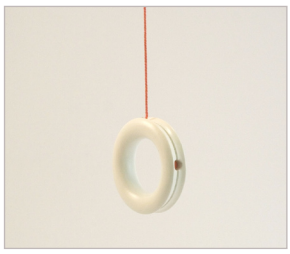


Fig. 5.5. Koncept två. Även här är lampan tillverkad i ett opalt material och avger ett rundstrålande ljus. Två eluttag är placerade i ändarna på cylindrarna. En spotlight är placerad i kortsidan på den cylinder som är riktad ner mot bordsytan. Formen förändras inte nämnvärt då kontakten kopplas in.



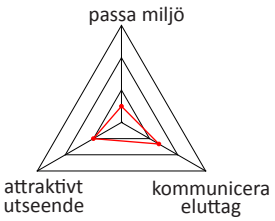


Fig 5.6. Koncept tre består av ett opalt material och avger ett rundstrålande ljus. Den har två lägen, ett uppfällt och ett nerfällt. I uppfällt läge är uttaget synligt och en del av upphängningskabeln är lindad runt armaturen. Denna låses med någon form av klämfunktion. När eluttaget ska utnyttjas fälls lampan ner genom att man drar i den och uttaget hamnar då närmre bordsytan, riktat nedåt.

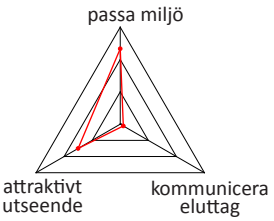
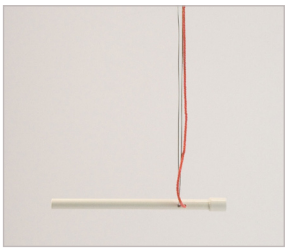


Fig. 5.7. Koncept fyra. Lampan har två lägen, i uppfällt läge bildar lamellerna en reflektor som riktar ljuset neråt mot bordet. I nerfällt läge, då en kontakt är ansluten till eluttaget, skapar lamellerna en avskärmning som minskar det ljus som sprids i rummet, även ljuset mot bordsytan minskar.



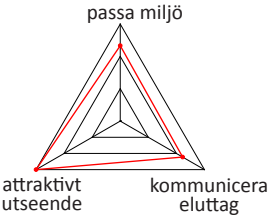


Fig. 5.8. Koncept fem. Lampan består av ett rör i ett opalt material, där ljuskällan är placerad, samt en kortare motvikt, där eluttaget är placerat. I ursprungsläget hänger lampan horisontellt och ger en arbetsbelysning på bordsytan. Armaturen är balanserad för att hänga horisontellt trots sin decentraliserade upphängning. Då man ansluter en kontakt till uttaget förflyttas tyngdpunkten och lampan roterar till ett vertikalt läge. Samtidigt minskar belysningen av bordsytan.

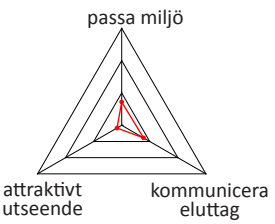
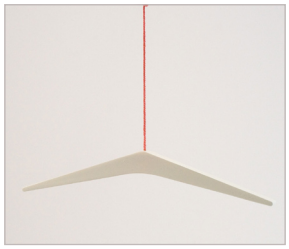


Fig. 5.9. Koncept sex. Lampan består av en mängd små ljuskällor eller kluster av ljuskällor som är upphängda i en grenliknande struktur. Bland klustren av ljuskällor hänger två eller tre eluttag.



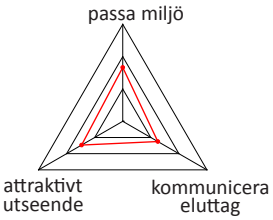


Fig. 5.10. Koncept sju. Ovan- och undersidan tillverkas i ett opalt material, vilket ger ljusstrålning både uppåt och neråt. Övriga ytor är ogenomskinliga, exempelvis lackade. Eluttaget är placerat mitt på en av ”armarna” vilket gör att formen förändras något vid inkoppling av kontakten.

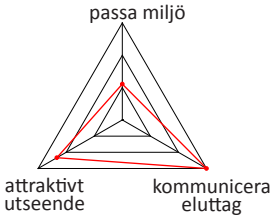
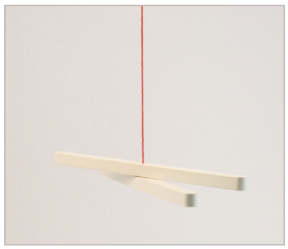


Fig. 5.11. Koncept åtta. Även här tillverkas ovan och undersidan i ett opalt material, vilket ger ljusstrålning både uppåt och neråt. Mantelytan är ogenomskinlig. Eluttaget är placerat på undersidan. I ursprungsläget hänger armaturen i en sned vinkel, vilket gör att eluttaget blir tydligt exponerat. Då en kontakt ansluts vinklas lampan ner till horisontellt läge där den begränsas i sin rörelse av längden på kabeln.



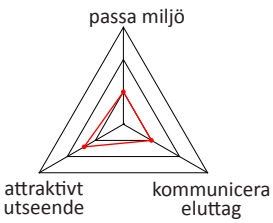


Fig. 5.12. Koncept nio. Övre och undre ytor är av ett opalt material, vilket ger ljusstrålning både uppåt och neråt. Övriga ytor är lackerade. Lampan är uppbyggd av två moduler och är ledad på mitten. Eluttaget är placerat i den ledade punkten, riktat mot bordsytan. Lampan ger användaren möjlighet att påverka form och belysningsstyrka. I ursprungsläget är modulerna placerade parallellt på varandra, genom att dra isär

5.2.4 Uppdragsgivarens val

Då projektet drivs i samarbete med Fagerhult Professional väger naturligtvis deras åsikt om vilka koncept som är mest intressanta att arbeta vidare med tungt. De har en gedigen erfarenhet och kunskap om marknaden som ger viktig vägledning. Informationen från brukarstudierna sammanställdes och presenterades tillsammans med modellerna för produktchef och handledare Peter Björkman. I diskussionen som följde vägdes brukarnas åsikter mot faktorer som till exempel realiserbarhet, hur väl de passar Fagerhults sortiment och tillverkningskostnad. Tillslut gallrades de tre bästa koncepten fram och det beslutades att fullskalemodeller av dessa skulle byggas.

En intensiv vecka följde då fullskalemodeller av de tre koncepten byggdes. På två av koncepten byggdes dessutom varianter för att utforska möjliga former. Koncepten presenterades för och diskuterades med ett par tänkbara brukare (fig. 13).

Fig. 5.13 Brukarintervju med fullskalemodeller.

Koncept två var ursprungligen tänkt att vara rundstrålande, men i diskussionen med Peter kom det snart fram att detta skulle bli ett problem att tillverka. Att lösa en jämn belysning av kroppen blir svårt och troligtvis dyrt att tillverka.

Om kroppen istället görs ogenomskinlig och ljuskällorna placeras i änden av grenarna kan belysningen lösas på ett betydligt enklare och billigare sätt.

Detta koncept kanske passar bäst i miljöer som kaféer och lobbys. Tvåan ses som en i hög grad dekorativ lampa och just formen sågs som ett problem. Konceptet är trendkänsligt, stiliserade naturliga former är något som är modernt och populärt idag men hur ser det ut när armaturen är redo för produktion?

Koncept fem sågs som nyskapande och spännande i sin funktion. Dock väcktes frågor som om användaren kommer våga interagera med armaturen och om denne reagerar positivt eller negativ på att formen förändras. Något som också diskuterades var hur väl formen passar i miljöer som till exempel hotellobbys. Vi hade främst diskuterat belysningslösningar i form av lysrör och LED-remsor innan vi presenterade fullskalemodellen. Men i diskussion med konstruktören Emanuel Kantis kom idén om att använda en stark LED-lampa i ena änden av röret som med hjälp av en lins och rörets opalitet sprider ljuset.

Koncept åtta har en av de mer konservativa formerna men upphängningen skapar en spänning och gör formen betydligt mer intressant. Kommer användarna tro att lampan är fel upphängd? Det krävs troligtvis att fler än en lampa hänger i lokalen för att användaren ska känna sig bekväm med upphängningen. Åttan ansågs även kunna passa bra in i lokaler som mötesrum där ett behov av eluttag i anslutning till bordet ofta finns. Dock insåg vi ganska snart att det skulle bli svårt att lösa belysningen med cirkulära lysrör som vi först tänkt. Lysrör kräver nämligen att transformatorn är placerad inom ca en meter från lysröret och ska detta krav tillfredställas genom att transformatorn placeras i armaturen leder detta till ojämn belysning av den opala plasten.

5.2.5 Valt koncept

Slutligen efter många varv av utvärderingar, brukarstudier, modellbyggande och ytterligare utvärderingar valdes koncept nummer fem ut som det koncept som skulle vidareutvecklas (fig. 5.14). Det var inget enkelt beslut då alla de tre utvalda koncepten ansågs ha många bra kvalitéer. Dock var koncept fem det som bäst uppfyller de högst värderade egenskaperna, kommunicera eluttag, vara estetiskt tilltalande och komplettera Fagerhults sortiment. De två första egenskaperna motiveras i brukarstudierna på föregående sidor. Att konceptet kompletterar Fagerhults sortiment bekräftas genom att det förs in i designformatanalysen, se bilaga E.

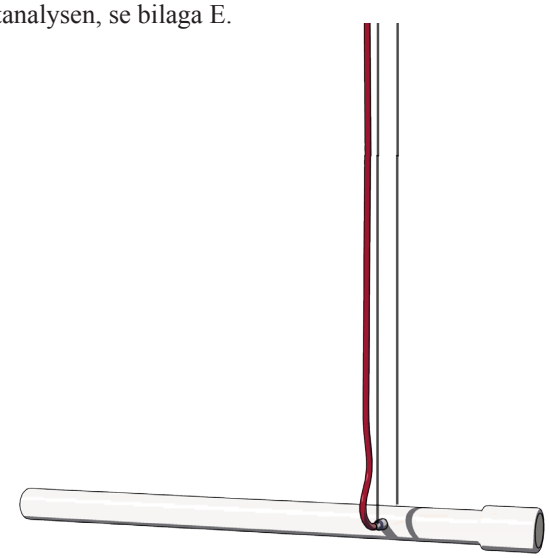


Fig. 5.14 Rendering av valt slutkoncept.

5.2.6 Diskussion

Att utvärdera och välja koncept är en uppgift som kan lösas på en mängd olika sätt. Allt från mer eller mindre godtyckliga subjektiva åsikter, till mer objektiva strukturerade metoder. För att få en så rättvisande bild som möjligt har flera olika metoder använts, lyckligtvis har de olika metoderna varit väldigt samstämmiga, vilket bekräftar att det valda konceptet är det bästa.

5.3 Vidareutveckling av slutkoncept

När konceptet valts följer arbetet med att utveckla idéerna för konceptet vidare, med hänsyn till de åsikter brukare och uppdragsgivare haft. I denna fas går konceptet från att vara några illustrerade idéer till att bli en fungerande armatur. Material, form och komponenter ska utvecklas, utvärderas och konstrueras. För att säkerställa funktionen krävs tester, omkonstruktion, nya tester och ytterligare konstruktionsändringar. Mycket av arbetet i denna fas har utförts enligt bygga-testa-metoden (Landqvist 2001).

5.3.1 Delproblem hos slutkonceptet

För att underlätta arbetet med att förverkliga konceptet har uppgiften brutits ner i en mängd delproblem. När något problem lösts har ofta ett antal andra upptäckts och naturligtvis är många av problemen nära relaterade till varandra. Målet har varit att med hjälp av bra lösningar på delproblemen skapa en väl fungerande helhet, utan att behöva kompromissa allt för mycket med de ursprungliga idéerna för konceptet. Nedan följer en lista på några av alla de problem som har bearbetats under arbetets gång. För att ge en inblick i hur arbete med problemlösningen genomförts redovisas ett urval av dessa.

- **jämvikt**
- justering av jämvikt
- kabelgenomföring
- **ljuskälla, ljusspridning**
- **kylning/materialval armaturkropp**
- **materialval ljusrör**
- val av reflektormaterial
- takkopp
- **packning av komponenter**
- justering av vajrar
- stabilisering av vajrar
- hållfasthet
- axeln, begränsning av rörelse

5.3.2 Ljuskälla, ljusspridning

En grundläggande förutsättning för alla armaturer är en ljuskälla och det finns en uppsjö olika tekniker och utformningar. Viktiga aspekter att ta hänsyn till vid val av ljuskälla är bland annat; belysningsstyrka, färgtemperatur, energieffektivitet. I detta fall spelar även storleken en viktig roll. Två tekniker som uppfyller dessa krav är lysrör och LED. De finns i olika formfaktor och vi har utvärderat de som kan tänkas rymmas i det begränsade utrymme konceptet har.

5.3.2.1 Möjliga ljuskällor

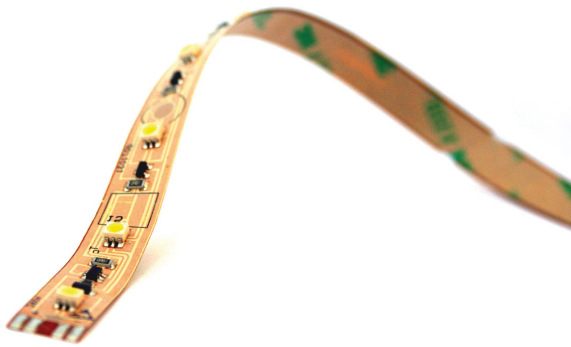
Nedan följer en genomgång av möjliga ljuskällor för armaturen. Informationen är hämtad från Osram (2007).

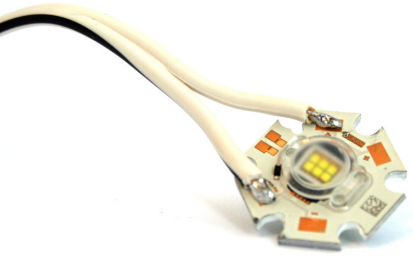
LED-tape

LED-tape består av en remsa med flexibelt kretskort, på vilken ljusdioder sitter monterade med 2 cm mellanrum. Tapen är väldigt flexibel och kan böjas och formas på många sätt. Den finns att få med varierande ljusstyrka och färg.

\+
flexibel
olika färger
låg värmeutveckling

\-
ojämn ljusspridning
många delar
relativt ljussvag





Power-LED

Ett litet kretskort med en ljusstark diod, kan förses med lins som anpassar ljusspridningen efter önskemål. Liten och lätt, men kräver ordentlig kylning för att undvika överhettning.

\+
liten
lätt
ljusstark

\-
hög värmeutveckling

T2-lysrör

Den smalaste typen av lysrör med en diameter på endast 7 mm. Bra belysningsstyrka och hög effektivitet. Kräver dock sockel i båda ändar vilket skapar en skuggbild på armaturen. Dessutom krävs en återledare från den bortre sockeln vilken också skapar en skugga.

\+
belysningsstyrka
effektivitet
storlek

\-
relativt tung
kräver sockel & återledare
stort driftdon

T5-lysrör

Lysrör med en diameter på 16 mm. Mycket bra belysningsstyrka och hög effektivitet. Kräver dock sockel i båda ändar vilket skapar en skuggbild på armaturen. Dessutom krävs en återledare från den bortre sockeln vilken också skapar en skugga.

\+
belysningsstyrka
effektivitet

\-
onödigt ljusstark
tung
kräver sockel & återledare
stort driftdon

Kompaktlysrör

Ett lysrör med fördelarna bra belysningsstyrka och effektivitet. Då sockeln är placerad i ena änden slipper man problemen med skuggor från socklar och ledare. Dock är effekten överdimensionerad för användningsområdet och storleken på gränsen till vad som får plats.

\+
belysningsstyrka
effektivitet

\-
onödigt ljusstark
tung
klumpig
stort driftdon

5.3.2.2 Val av ljuskälla

Efter diskussion och utvärdering kom vi fram till att Power-LED är den ljuskälla som är bäst lämpad för denna armatur. Detta tack vare dess låga vikt, kompakta storlek och höga energieffektivitet. Dessutom undviks problemet med störande skuggor som uppstår med många av de andra ljuskällorna. Problem som behöver lösas vid val av power-LED är bland annat; ljusspridning, kylning och belysningsstyrka.

Det finns ett antal olika varianter av power-LED som har lite olika för och nackdelar, nedan följer en genomgång av tre möjliga lösningar.

Alternativen (fig. 5.15-5.17) är rangordnade efter hur mycket ljus de ger (se även bilaga D). Armaturen kräver mycket ljus då den enbart belyses från ena kortsidan, dock har det ljusstarkaste alternativet ett antal nackdelar, bland annat extrem värmeutveckling och ett stort driftdon som måste placeras i taket. Valet faller därför på alternativet i mitten, Osram DragonPuck, som har godtagbar ljusstyrka, rimlig värmeutveckling och storlek på komponenter som gör att de kan placeras i armaturen.

5.3.2.3 Ljusspridning

Då armaturen är belyst från ena kortsidan och hela det opala röret ska avge ett jämnt, rundstrålande ljus till omgivningen ställer det stora krav på spridningen av ljuset. På powerLEDs kan olika typer av linser monteras för att få olika spridningsvinklar. Det finns linser med spridningsvinkel på 10, 15, 20, 25, 30 och 40 grader. Bäst för denna armatur är en så riktad ljuskägla som möjligt då röret är väldigt smalt. Har man en lins med bred spridning blir ljuset väldigt starkt närmast och svagt längst från ljuskällan. För att ta tillvara det ljus som riktas rakt mot motsatta kortsidan i röret är det lämpligt med någon typ av reflektor som sprider ljuset tillbaks in i röret. Med en liten spridningsvinkel och en reflektor uppnås en godtagbar ljusbild utan allt för stora variationer över rörets längd.

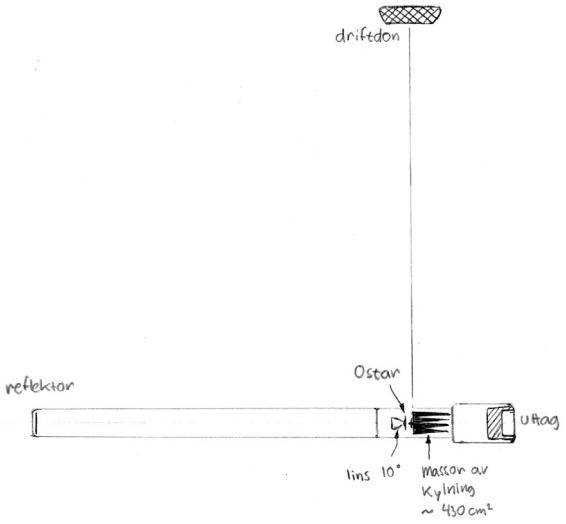


Fig. 5.15 Osram Ostar.

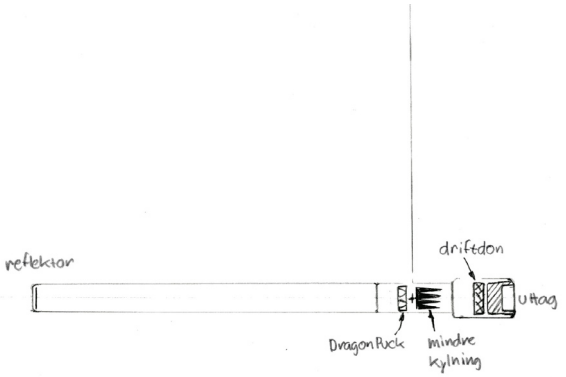


Fig. 5.16 Osram DragonPuck.

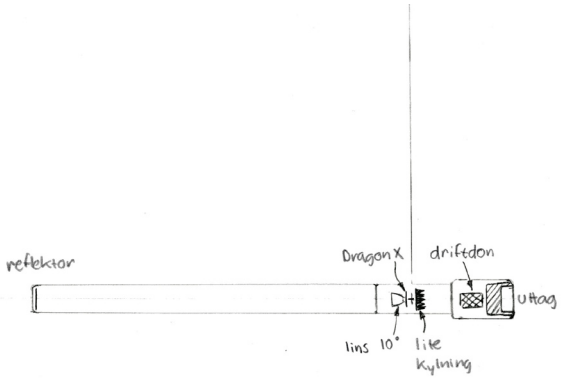


Fig. 5.17 Osram DragonX.

5.3.2.4 Diskussion

Då armaturen utvecklas för att i första hand passa kafémiljöer och liknande där man efterfrågar en mjukare stämningsbelysning är belysningsstyrkan för arbetsområdet specificerad till ~200 lux i kravspecifikationen. Detta ger en belysningsstyrka i den omedelbara omgivningen som också bör ligga kring 200 lux (se tabellen s.4). För att uppnå en jämn belysning av omgivningen bör man i dessa miljöer komplettera med ett flertal olika armaturer. Vid en eventuell produktion av lampan kan exakta spridningsvinklar och reflektionsvinklar beräknas och då få en i det närmaste perfekt ljusspridning.

Vid valet av ljuskälla har det enda rimliga varit att kompromissa något med belysningsstyrkan, i idealfallet skulle den gärna få vara betydligt högre. Om den ljusstarkaste LED-lösningen valts hade det krävts kompromisser på en mängd områden, framförallt till följd av värmeutveckling och storlek på komponenter. Teknikutvecklingen går dock väldigt snabbt och inom bara något år kommer det troligtvis att finnas produkter i samma storlek som de vi använt men med mycket högre belysningsstyrka och mindre behov av kylning. Som exempel kan nämnas att den Power-LED som valts för prototypen, Osram DragonPuck, nyligen lanserats i ett nytt utförande som sägs vara 70 procent ljusstarkare än tidigare version, utan att förbruka mer energi.

5.3.3 Jämvikt

Armaturens rörelse är en viktig del i slutkonceptets uttryck (fig. 5.18). För att idén med en lampa som i ursprungsläget hänger horisontellt, och när en kontakt kopplas in tippar över till vertikalt läge, ska fungera krävs noggranna jämviktsberäkningar. Utifrån denna jämvikt justeras viktfördelningen sedan så att det blir en lätt övervikt på rörets sida för att kroppen ska sträva mot att hänga i horisontellt läge då kontakten kopplas ur. Det horisontella läget uppnås sedan genom ett stopp i axeln som hindrar armaturen från att fortsätta rotera.

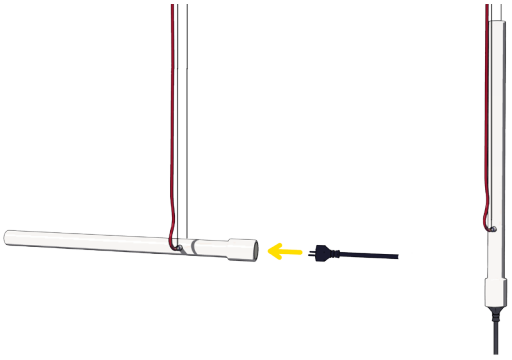


Fig. 5.18 Rörelse vid jämviktsförskjutning.

5.3.3.1 Jämviktsberäkning

Jämvikten är trots axelns decentraliserade placering möjlig tack vare en övervikt i den tjockare delen enligt hävstångsformeln:

$$M = (m * a) / b$$

Denna beräkning ger att massan, M, måste vara ca fyra gånger så stor som massan m (fig. 5.19). Detta uppnås dels genom materialval, dels genom att röret lyses upp från ena kortsidan och därmed lämnas tomt.

För att beräkna denna jämvikt samt axelns placering, uppskattades först rörets vikt och ett antal möjliga jämviktsfall beräknades. Efter att en ungefärlig placering av axeln fastställts byggdes en CAD-modell av armaturen upp i SolidWorks. I programmet kunde vi sedan exakt beräkna armaturens tyngdpunkt och sedan anpassa konstruktionen av armaturkroppen tills tyngdpunkten låg strax framför axelns centrum.

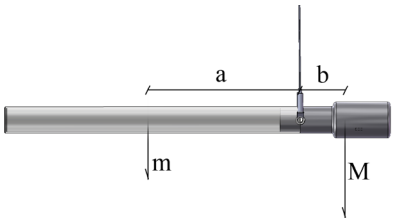


Fig.5.19 Illustration, jämviktsberäkning.

5.3.3.2 Diskussion

Under projektets gång har vi lärt oss mycket om hur svårt det är att uppnå jämvikt. I en konstruktion som vår bidrar många faktorer till att påverka hur armaturen hänger. Till exempel momentet som uppstår i 230V-kabeln då den leds in i och avlastas i armaturen är en faktor som är omöjlig att beräkna. Därför är det nödvändigt med en justeringsmöjlighet av jämvikten, till exempel genom att addera vikt i rörets ände.

5.3.4 Kylning

Även om LED är en väldigt energieffektiv ljuskälla med högt ljusutbyte innebär det inte att de inte avger någon värme. Kylning är väldigt viktigt, både för livslängden hos lysdioden och för att den ska ge maximalt ljusutbyte.

5.3.4.1 FEM-Simulering

För att simulera hur värmen från lysdioden sprider sig i armaturkroppen och sedan avges till omgivningen har beräkningar gjorts på modeller som konstruerats i SolidWorks. Dessa modeller har sedan körts i COSMOS Floworks, en FEM-programvara som simulerar bland annat termodynamik och strömning. FEM står för finita elementmetoden och är en metod för att matematiskt lösa fysiska problem inom olika ingenjörsområden. Med hjälp av dessa simuleringar har modellens storlek och utformning kunnat verifierats med avseende på kylningsegenskaper. Olika materialval har också testats och utvärderats.

5.3.4.2 Plast

Någon form av plast är ett tacksamt material då det är billigt och enkelt att bearbeta. För prototypbygget finns det även möjlighet att friformsframställa avancerade plastdetaljer i en 3D-skrivare till en rimlig kostnad.

I detta fall när armaturkroppen fungerar som en motvikt är plastens låga densitet en nackdel, vid val av plast skulle det vara nödvändigt att lasta armaturkroppen med vikter. Plasters dåliga värmeledningsförmåga är dock den största nackdelen.

Värmekällan blir med detta material isolerad och överhettas. För att plast ska vara ett möjligt materialval måste en extra kylfläns användas och storleken på armaturkroppen därmed ökas. Det är även nödvändigt att göra ventilationshål i kroppen för att möjliggöra luftflöde till kylflänsen.

5.3.4.3 Järn

Järn är ett annat möjligt materialval, det har en värmeledningsförmåga på 82W/mK. Bättre än plasten som i princip är helt isolerande. Dess fördel är framförallt den höga densiteten som gör att det enkelt går att uppnå jämvikt.

5.3.4.4 Aluminium

Aluminium har ett antal fördelar. Först och främst är värmeledningsförmågan överlägset bäst (237W/mK), en stor fördel när man har tätt packade komponenter som kräver kylning. Det har dessutom tillräckligt hög densitet för att det ska gå att konstruera för jämvikt utan extra vikter. En annan fördel är att aluminium ger stor valfrihet vad det gäller ytbehandling, det kan borstas, anodiseras eller lackas.

I kroppen gjord av aluminium sprids värmen väldigt effektivt i materialet och den yta som avger värme mot omgivande luft blir på så vis stor, vilket ger en effektiv kylning (fig. 5.20). Kyleffekten uppfyller med god marginal de krav som finns för kylning av de elektroniska komponenterna.

Då lampan är konstruerad så att användaren måste hålla i armaturen för att ansluta en kontakt i uttaget är det viktigt att greppytan inte blir för varm. Med dessa förutsättningar blir valet enkelt då aluminium har mycket bra värmeledningsförmåga.

5.3.4.5 Diskussion

I detta arbete har det varit till stor hjälp att arbeta med CAD-modeller och FEM-analys, då det på ett tydligt och tillförlitligt sätt gått att utvärdera olika former och material utifrån deras förmåga att leda bort värme. Att beräkna manuellt var också något som testades, men det gav inte ett lika överskådligt resultat, det man fick veta var vilken kylyta som krävdes, inget om hur varm denna blev eller hur värmen spreds i armaturkroppen. Nyttan har framförallt legat i materialvalet, där både värmeledning och jämvikt kunnat utredas samtidigt.

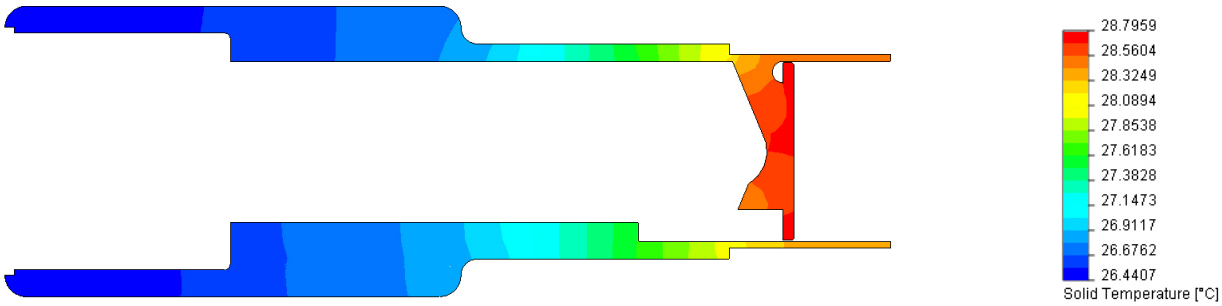


Fig. 5.20 Snittvy illustrerande värmespridning i armaturkroppen.

5.3.5 Materialval ljusrör

För att åstadkomma ett så jämnt lysande rör som möjligt spelar framförallt rörets material och dess ljusegenskaper in. Materialvalet föll tidigt på plasten PMMA, ofta refererad till som plexiglas, då detta material är både slagtåligt och UV-beständigt. PMMA finns i en uppsjö olika varianter (fig. 5.21).

5.3.5.1 Materialprov

De alternativ som utretts skiljer sig i transparens samt ytjämnhet. Vid besök på GOP (Glasfiber och Plastprodukter AB) fick vi ett antal materialprover med olika transparens och ytstruktur och valet föll tillslut på Degussa opalvit WH10 DC. Denna plast har satinerad (matt) yta och är färgad svagt vit.

5.3.5.2 Diskussion

I idealfallet hade vi velat använda oss av ett rör med en diameter på 45 mm och samma egenskaper som Degussas plast till prototyperna. Då detta inte är något standardrör hade vi varit tvungna att specialbeställa ett rör med dessa specifikationer och eftersom minsta volym är 150 m var detta inget gångbart alternativ för en prototyp. Därför har vi valt att använda oss av ett standardrör med diameter 40 mm som vi låtit blästra för att få rätt yta och en effektiv spridning av ljuset.

Fig. 5.21 Ett urval av materialprover från GOP.

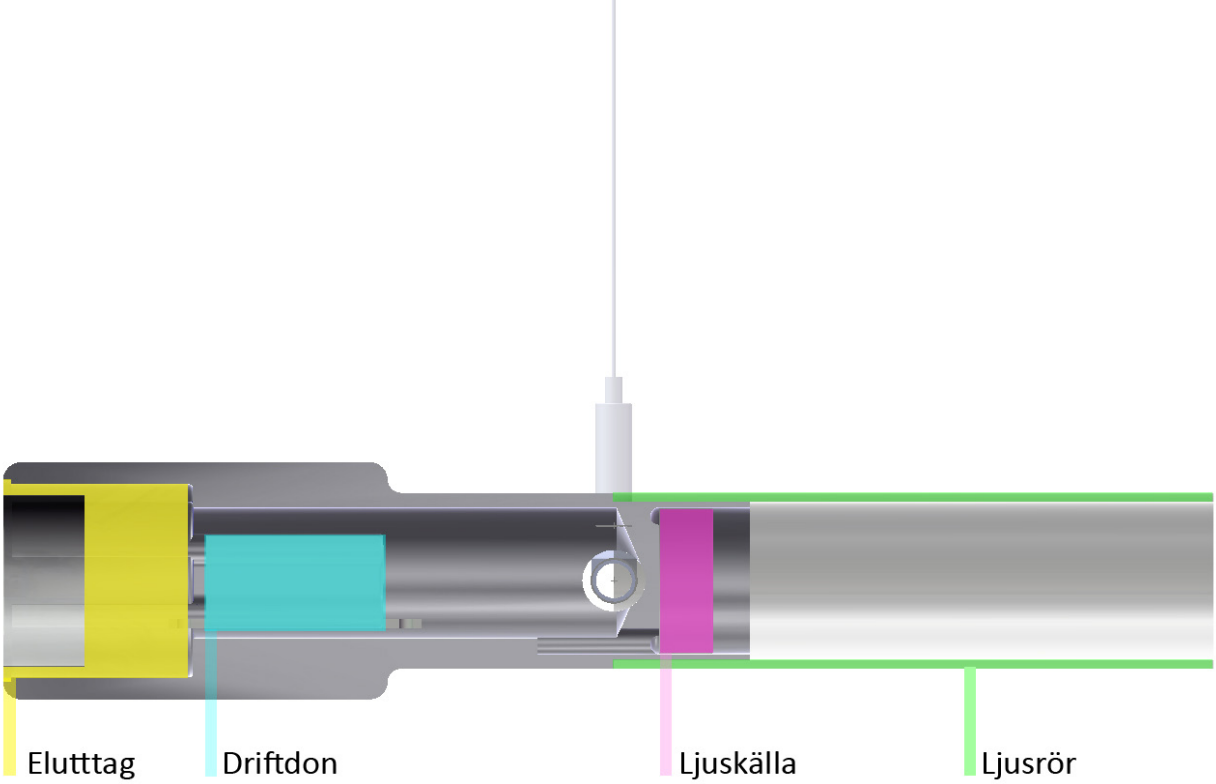


Fig. 5.22 Komponenetplacering i armaturkropp.

5.3.6 Packning av komponenter

De första tankarna kring lampans utseende var att den skulle bestå av ett smalt lysande rör med en decentraliserat placerad upphängning. Ena kortsidan skulle bestå av en cylinder med något större diameter än ett eluttag, och lagom längd att greppa med en hand.

När man kommit så långt i processen att tekniska lösningar har valts och den yttre formen mer eller mindre bestämts uppstår ett antal problem då det kommer till att finna komponenter/konstruktionslösningar som uppfyller önskemålen om funktion utan att kompromissa med utseendet.

I detta projekt där armaturen är väldigt kompakt har bristen på utrymme för komponenter varit den största utmaningen. De tekniska komponenter som ryms i armaturkroppen är; eluttag, driftdon, axel, kabelinföring, ljuskälla och lins (fig. 5.22).

5.3.6.1 Uttag

Eluttaget som används är en standardkomponent som Fagerhult använder i sina nuvarande produkter (fig. 5.23). Uttaget sitter i en kvadratisk ram i vilket det kan roteras i ett antal olika lägen. I detta fall kommer uttaget att användas utan denna ram och det har då väldigt kompakta yttermått, ytterdiametern är 46 mm, vilket är väl lämpat för denna armatur.

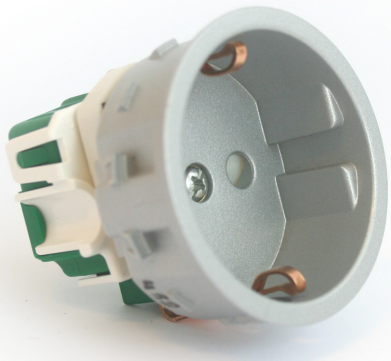


Fig. 5.23 Uttag

5.3.6.2 Axel

Axeln i denna konstruktion är en komponent med mycket funktion. Förutom att den ska tillåta armaturen att rotera innehåller den även fäste för upphängning, rotationsbegränsning, kabelinföring och dragavlastning för kabeln (fig. 5.24).

Lampan hänger i två vajrar från takkoppen. För enkelt handhavande sker justering av vajerlängden i vajerlås vid axeln istället för i taket. Vajerlåsen är standardkomponenter som används i Fagerhults produktion. Armaturen ska rotera 45 grader, från horisontellt till vertikalt läge, då man kopplar in en kontakt i uttaget. För att lampan inte ska hamna i något annat läge på grund av störningar så innehåller axeln en inbyggd rotationsbegränsning. Denna består av ett 45 graders spår i axelns glidlagring(se bild). I detta spår löper en smal skruv utan skruvskalle som sitter fast i axeln.

Den skruv som tillsammans med bussningen utgör rotationsbegränsningen fungerar även som dragavlastning för kabeln. Efter att kabeln är monterad dras skruven åt och låser på så vis kabeln i axeln.

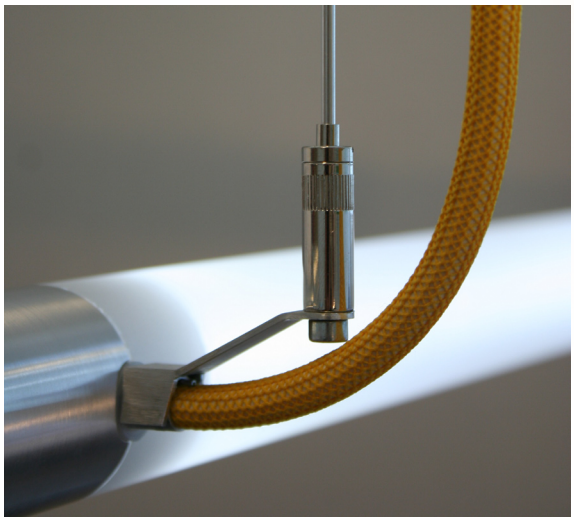


Fig. 5.24 Axel och vajerlås.

5.3.6.3 Driftdon

För att driva en lysdiod krävs ett driftdon som matar lysdioden med lämplig ström och spänning. Driftdonet innehåller även funktioner som överhettnings- och kortslutningsskydd. De mer avancerade donen klarar även att dimma dioden och/eller att justera färg (om RGB-diod används). Det är något av en djungel med ett antal olika standarder för hur lysdioderna ska matas, olika ström, spänning och effekt. Att försöka finna ett driftdon där alla parametrar stämmer, samtidigt som donet är så litet som möjlig, har varit en utmaning.

Osram som levererat ljuskällorna till prototypen har tyvärr inga driftdon som passar i armaturen. Ett problem är ju att tillverkarna oftast gör ett system med driftdon och lysdiod som är anpassade till varandra, man kan därför inte vara säker på att produkter från olika tillverkare fungerar tillsammans. Efter mycket efterforskande, kontakt med tillverkare och test av varuprover fick vi tag på ett litet smidigt driftdon från VLM som uppfyllde våra krav (fig. 5.25).

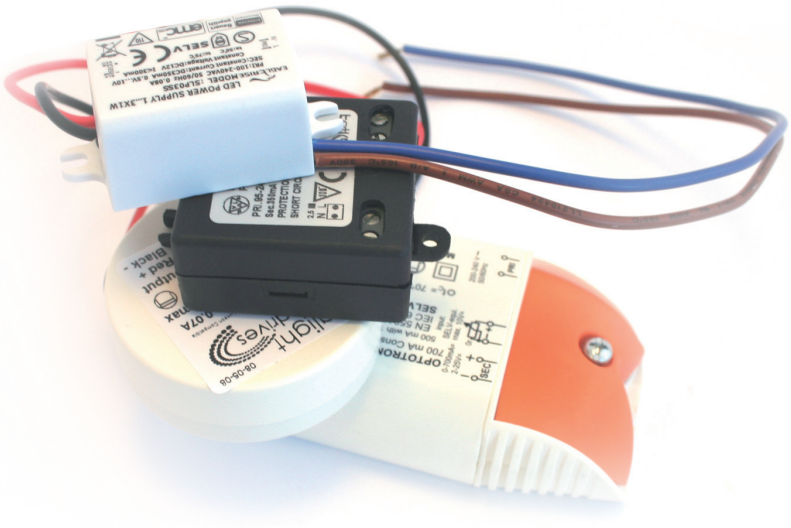


Fig. 5.25 Driftdon på 3-17 W från fyra olika tillverkare. Det svarta donet är det som används i armaturen.

5.3.6.4 Diskussion

Det har krävts mycket arbete både vad gäller informationsinsamling om potentiella lösningar och sedan tester för att utreda vilka konstruktionslösningar som fungerar bäst. En stor utmaning har varit att få de olika lösningarna att samverka för att nå en väl fungerande helhet, samtidigt som de var tvungna att få plats inom det begränsade utrymmet i armaturen.

6 Slutlig produkt

6.1 Hantering

Vår armatur öppnar nya dimensioner och ger nya synsätt på vad en lampa är och kan erbjuda. De armaturer med integrerat eluttag som finns på marknaden idag är antingen avsedda att sitta dolda över till exempel diskbänkar eller som stora armaturer för kontorsmiljöer. Denna armatur däremot visar eluttaget tydligt och det utgör även grunden för lampans form (fig 6.1-6.3).

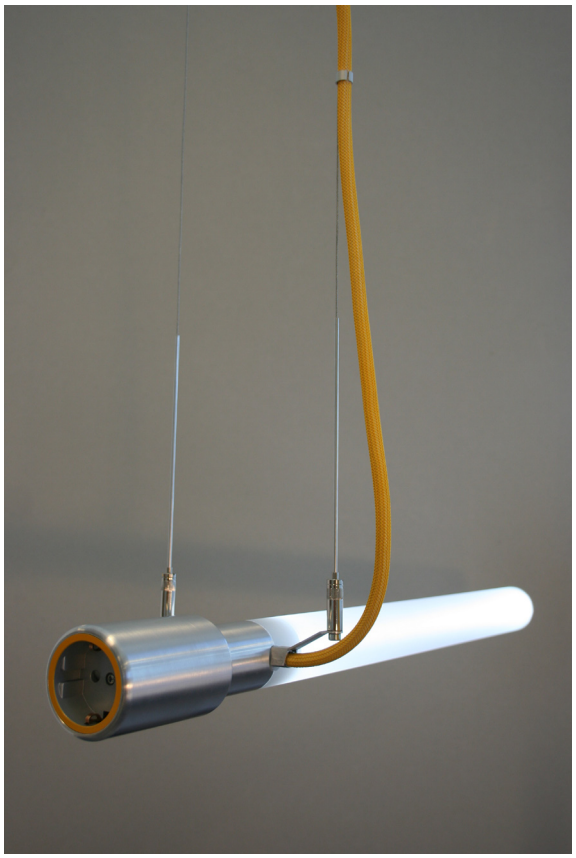


Fig. 6.1 Foto på prototypen.

Unikt och nyskapande är det sätt på vilket användaren interagerar med och armaturen svarar på användarens handlingar. Genom att addera denna extra dimension väcker den intresse och utmanar den traditionella synen på armaturer.

Fig. 6.2 Foto på prototypen.

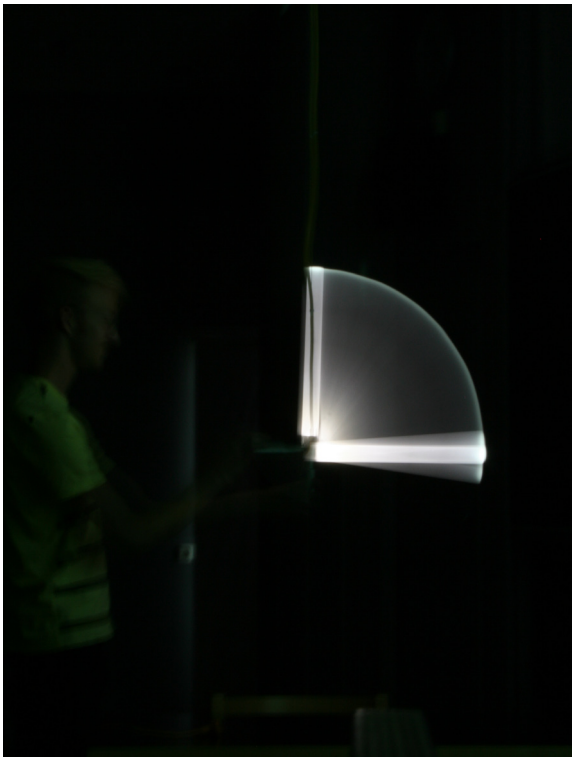


Fig. 6.3 Foto på prototypen i två läge.

6.2 Egenskaper

En lyckad produkt är beroende av ett gott samarbete mellan ingående lösningar. Vår produkts utförande är framförallt ett resultat av följande egenskapers goda utformning. Kombinerade utgör de en attraktiv och utmanande armatur.

6.2.1 Ljusbild

Armaturens ljusbild är adaptiv och anpassar sig efter om brukaren arbetar med en bärbar dator eller ej genom fysisk förändring av formen.

Då en kontakt kopplas in i uttaget roterar lampan ett kvarts varv och ljusbilden förändras från att både ge ett allmänljus och belysa bordsytan till att huvudsakligen fungera som allmänbelysning. På så sätt minimeras oönskade reflektioner i datorns skärm.

6.2.2 Kommunikativ form

Genom formen kommuniceras armaturens funktion. Den större diametern på armaturkroppen markerar uttagets placering och dess form inbjuder användaren att greppa.

6.2.3 Ytor

Det huvudsakliga kravet på lampans ytor är att de ska minimera och underlätta rengöring samtidigt som de ska vara trevliga att greppa. Armaturkroppens ytbehandling skapar en tålig och lättrengjord yta (fig. 6.4).

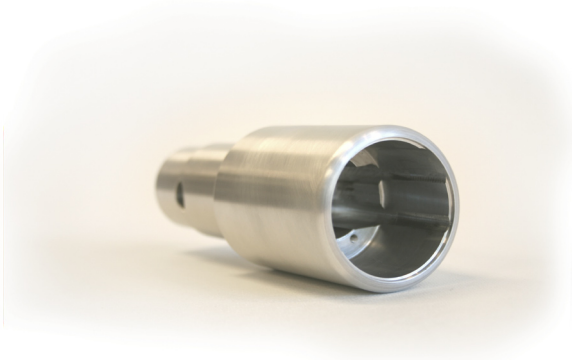


Fig. 6.4 Yta armaturkropp.

6.2.4 Färger

Kabeln står ut genom struktur och en accentuerade färg som går igen i uttaget för att visa på kopplingen dem emellan.

6.3 Tillverkning

En genomgång av alla de komponenter armaturen är uppbyggd av, med specifikationer av material och utförande.

6.3.1 Ljusrör

Den lysande delen av lampan görs av extruderad PMMA. Insidan på röret bör göras räfflad för att förbättra ljusspridningen. Rörets ytterdiameter görs 45mm och med en matt yta, så kallad satin ice.

6.3.2 Ändplugg/reflektor

Änden på röret gjuts i aluminium och har flera funktioner. Dels är den en reflektor som reflekterar tillbaka ljus in i röret och dels fungerar den som en justeringsvikt för att få jämvikt i lampan och kompensera för eventuella tillverkningsvariationer hos lampan.

6.3.3 Armaturkropp

Även armaturkroppen gjuts i aluminium. Den fungerar som hölje för komponenterna, kylning för ljuskällan och motvikt för hela konstruktionen. Ytan kan antingen borstas eller pulverlackeras.

6.3.4 Elektriska komponenter

De elektriska komponenterna är alla standardkomponenter. Eluttaget är en komponent som används i armaturer i Fagerhults sortiment. Driftdonet kommer från VLM, ljuskällan är en Dragonpuck från Osram utrustad med en lins från Khatod Optoelectronic.

6.3.5 Axel

Axeln består av ett aluminiumrör med urfräsningar för kabelgenomföring. På vardera sida om axeln sitter en bockad plåtdetalj som övergång mellan axeln och vajerlåsen.

6.3.5.1 Vajerlåsen

Vajerlåsen sitter monterade på axeln och möjliggör höjdjustering av lampan. De är standardkomponenter ur Fagerhults sortiment.

6.3.5.2 Glidlagring

Glidlagringen mellan axel och armaturkropp består av en polyamidbussning från Ackurat, som pressas fast i armaturkroppen.

6.3.6 Kabel

Kabeln är en treledare med en kabelarea på en kvadratmillimeter. Den grova kabelarean är en nödvändighet för att klara det höga effektuttag som kan uppstå om man kopplar in till exempel en dammsugare i det integrerade eluttaget. Kabeln är klädd med en textilstrumpa i en accentfärg.

6.3.7 Vajerupphängning

Lampan är upphängd i två standardvajrar för armaturer ur Fagerhults sortiment.

6.3.8 Takkopp

Även takkoppen är en standardkomponent som används i flera av Fagerhults armaturer. Takkoppen innehåller takfäste, fäste för vajrar, dragavlastning för kabeln och kopplingsplint för inkoppling av el. Takkoppens komponenter döljs av en vit plastkåpa.

6.4 Resultat mot krav

När slutkonceptet är färdigutvecklat kan det utvärderas mot de krav och önskemål som tidigt i arbetet specificerades i kravspecifikationen. Alla krav får anses vara uppfyllda, det som är lite i underkant är kravet på belysningsstyrka. I prototypen är belysningsstyrkan lägre än man kan önska, detta beror framförallt på att röret och reflektorn som reflekterar ljuset tillbaka in i röret inte gjorts i de material man skulle föredra att använda vid eventuell tillverkning av lampan.

Detta tillsammans med det faktum att teknikutvecklingen inom LED-belysning går oerhört snabbt gör oss övertygade om att lampan vid tillverkning kommer ge en belysningsstyrka som utan problem lever upp till kravet i kravspecifikationen.

Vad det gäller önskemålen har en hel del av dessa också uppfyllts, samtidigt som många inte behandlats över huvud taget. De stora bristerna rör framförallt tillverkningsanpassning och montering av lampan. Detta var något vi hade ambition att arbeta mer med än vad projektets omfattning gav möjlighet till.

6.5 Framtidsvisioner

Arbetet med armaturen har genererat en mängd idéer på hur produkten kan vidareutvecklas. Problemet med för många funktioner är att redan det utförande armaturen har idag är nyskapande och innehar egenskaper en ny användare inte väntar sig. Adderar man då ytterliga funktioner riskerar man avskräcka användaren då inlärningströskeln blir högre. Idéer har dels därför men även på grund av att projektets tidsram inte tillåtit utveckling av dessa bortprioriterats.

I detta avsnitt vill vi redovisa några av dessa och på så sätt visa hur armaturen kan utvecklas vidare.

Gemensamt för många av idéerna är att de syftar till att öka interaktionen mellan armatur och användare. Kan man till exempel låta ljusstyrka/ljustemperatur/färg variera med faktorer som ljudnivå och rörelse i rummet? Är miljön bullrig och orolig skulle belysningen kunna dämpas eller ljuset övergå från kallvitt till varmvitt eller helt byta färg till en mer lugnande. Kanske kan man låta användaren själv bestämma vilken färg/styrka ljuset ska anta. Fagerhult har i sitt sortiment redan idag system med automatisk ljusreglering beroende på omgivningens ljus och rörelse så steget till denna vision är inte långt.

En mer futuristisk idé är att koppla samman armaturer med händelser omgivningen eller samhället. Låta ljuset påverkas av väder, årstider, hur många barn som föds och så vidare.

Att ersätta den vita LEDen med RGB-LED (Red Green Blue) skulle möjliggöra denna typ av ljusförändring. RGB-tekniken fungerar på så sätt att de tre färgerna individuellt justeras i styrka. Då de tre grundfärgerna blandas kan alla färger i färgspektrat (inklusive vitt ljus) genereras och varieras i ljusstyrka.

Armaturens formspråk är enkelt och här finns utrymme att arbeta ytterligare med detaljer. Till exempel en linje eller mönster i samma färg som kabeln som löper från kabelinföringen fram till uttaget och på så sätt ytterligare visar på sambandet dem emellan.

Ett mönster utskuret i den del av aluminiumcylindern som ligger innanför PMMA-röret och på så sätt släpper igenom lite ljus och skapar ett mönster på den annars mörka delen av röret.

En annan detalj som kan arbetas och förfinas mycket är ändpluggen. Ska man försöka få den att smälta in eller kan man låta den stå ut?

Den rena yta röret utgör har stor potential som kommunikativ kanal. Genom att lägga en transparent film med grafik på insidan av röret eller applicera självhäftande grafik på utsidan kan armaturen anpassas efter vilket kafé eller miljö den hänger i.

7 Slutsats

Slutligen följer en reflektion över projektets genomförande och resultat, det hela avslutas med rekommendationer för fortsatt arbete.

7.1 Diskussion

Det övergripande målet för examensarbetet var att utveckla en belysningsarmatur som även erbjuder tillgång till elförsörjning för exempelvis bärbara datorer. Lampan utvecklades för offentliga miljöer i samarbete med belysningstillverkaren Fagerhult Professional.

Ett mål har varit att använda den produktutvecklingsmetodik vi lärt oss under utbildningen. Då processen omfattat allt från första ide till en funktionsduglig prototyp har vi verkligen fått möjlighet att praktisera våra kunskaper i produktutveckling. Projektet har dessutom varit betydligt mer omfattande än något vi gjort tidigare så har vi lärt oss massor och fått en inblick i hur komplexa lite större projekt blir.

Projektet har inneburit en blandning av arbete med mer teoretiska metoder och handfast byggande, testande och utvärderande. Att på detta sätt blanda teori med praktiskt arbete är något som fungerat mycket bra och det har upplevts som en nödvändighet om man ska nå fram till en fungerande produkt inom en så begränsad tidsram. Om det funnits mer resurser vore det möjligt att arbeta mer strikt efter metoder och metodik, men vi har gjort medvetna val och arbetat på det sätt som upplevts mest effektivt i respektive fas.

En viktig uppgift var att fastställa hur man på ett bra sätt kunde kombinera funktionerna belysning och elförsörjning. Efter omfattande idegenerering, konceptskapande och utvärdering med bland annat potentiella brukare får resultatet anses vara det bästa sättet att lösa funktionerna utifrån rådande förutsättningar.

Då produkten erbjuder funktioner som är helt nya för brukarna är det nödvändigt att den i möjligaste mån kommunicerar funktion och handhavande genom sin utformning. Detta har lösts genom tydlig formförändring och greppyta vid eluttaget, en kraftig kabel som signalerar tillgång till el och att eluttag och kabel har getts samma färg.

En målsättning med lampans utformning var att den på ett bra sätt skulle passa in i, och komplettera, Fagerhults nuvarande sortiment. Med utgångspunkt i designformatanalysen fastställdes vilka material, former och färger som är typiska för Fagerhult. Dessa har sedan inspirerat till den enkla cylindriska formen och den återhållsamt färgade armaturkroppen. Den textilklädda kabelns starka accentfärg är en strävan att utveckla Fagerhults designformat.

7.2 Rekommendationer för fortsatt arbete

Projektets mål är uppfyllt i och med byggandet av en fungerande prototyp och dokumentationen av processen i denna rapport. Innan lampan går att tillverka finns det dock en hel del arbete kvar. En önskan i starten av projektet var att de lösningar som togs fram skulle vara helt tillverkningsanpassade, detta kan i efterhand ses som en väl optimistisk strävan med tanke på projektets omfattning. Det är stor skillnad i att ta fram underlag för ett fåtal prototyper jämfört med att anpassa något för serietillverkning.

Även om ritningsunderlag och liknande inte är anpassade för serietillverkning har det under hela processen funnits i åtanke att lampan ska kunna tillverkas med vedertagna tillverkningsmetoder. Det bör därför inte vara några större problem att anpassa lampans komponenter för till exempel gjutning och extrudering.

Vad det gäller tillverkning av rördelen till lampan är rekommendationen att man går upp till en ytterdiameter på 45 mm. Denna dimension har varit önskvärd men omöjlig att realisera för prototypen då standardrör endast finns i 40 respektive 50 mm diameter.

Vid en eventuell produktion bör röret extruderas och då är det inget problem att välja en udda diameter.

I takt med att teknikutvecklingen gör att de elektriska komponenterna blir mindre är det önskvärt att minska längden på den del i armaturkroppen där uttaget sitter monterat med 10-15 mm om möjlighet ges.

Ett problem som bör testas och utvärderas noggrant är armaturens komplexa jämviktsproblematik. Lampans funktion att den ska tippa upp vid anslutning av elkontakt gör den känslig för hur den balanseras och även kabeldragningen i armaturen kan påverka dess rörlighet. Detta bör utredas och en funktion för balansering utvecklas för att möjliggöra individuell kalibrering av lamporna till följd av skillnader vid montering eller andra störningar.

Referenser

Källor

Annell (2008) Annell Belysningskatalog 2008. Stockholm: Brommatryck & Brolins AB

Fagerhult (2007) Belysningskatalogen 2007, Professionell belysning för offentliga miljöer. Habo: Fagerhults Belysning AB

Landqvist, J. (2001) Vilda idéer och djuplodande analys: Om designmetodikens grunder. Stockholm: Institutionen för industridesign, Konstfack

Osram (2007) Indoor and Outdoor Lighting 2006-2007. München: Osram GmbH

Warell, A. (2001) Design Syntactics: A FunctionalApproach to Visual Product Form. Göteborg: Institutionen för produkt- och produktionsutveckling, Chalmers tekniska högskola

Österlin, K. (2003) Design i fokus för produktutveckling. Malmö: Liber Ekonomi

Figurer

I de fall där upphovsrätten till figurerna inte tillhör författarna till denna rapport anges källan nedan.

Fig. 2.1, 2.3, 4.7
Belysningskatalogen 2007, Professionell belysning för offentliga miljöer. Habo: Fagerhults Belysning AB

Fig. 2.4
Annell Belysningskatalog 2008. Stockholm: Brommatryck & Brolins AB

Fig. 4.7
Targetti Poulsen Sweden AB. http://www.louispoulsen.com

Bilaga A, Kravspecifikation

	krav/önskemål	viktning, 1-5
funktion		
tillgodose jordad elförsörjning		
tillgodose belysning á 0-200 lux		
miljöpåverkan		
minimera elförbrukning vid användning (>45 lm/W)	Ö	4
minimera miljöpåverkan från ljuskälla med avseende på material	Ö	3
minimera resursförbrukning vid produktion	Ö	2
medge återvinning genom separerbarhet	Ö	5
minimera antal material	Ö	4
underlätta återvinning genom märkning av ingående material	Ö	4
minimera resursförbrukning vid transport, med avseende på vikt, volym	Ö	1
maximera livslängd	Ö	4
teknik		
tåla dragbelastning (150 N)	K	
tåla slag	Ö	3
uppfylla krav på kapslingsklass IP20	K	
minimera svängning	Ö	3
vara beständig med avseende på material	Ö	4
underlätta rengöring	Ö	3
minimera behov av underhåll	Ö	2
underlätta underhåll	Ö	4
använda standardiserad ljuskälla	Ö	5
uppfylla gällande lagkrav på elsäkerhet	K	
minimera användande av lösa delar	Ö	3
vara anpassad för montering i de vanligast förekommande innertak	Ö	4

produktion

underlätta serietillverkning	Ö	5
använda vedertagna tillverkningsmetoder	Ö	4
tillgodose god ergonomi vid montering	Ö	4
minimera antalet komponenter	Ö	3
minimera antalet moment vid montering	Ö	2

ergonomi

underlätta installation (max 10 moment)	Ö	5
kunna nås stående (95:e percentil)	K	
erbjuda god färgåtergivning	Ö	4
motverka bländning	Ö	4
fri höjd över eventuell bordsyta 700 mm	Ö	3
minimera elektromagnetisk strålning	Ö	2
uppfylla gällande lagkrav på arbetsmiljö	K	
möjliggöra anslutning av kontakt för person med normal handstyrka	Ö	5

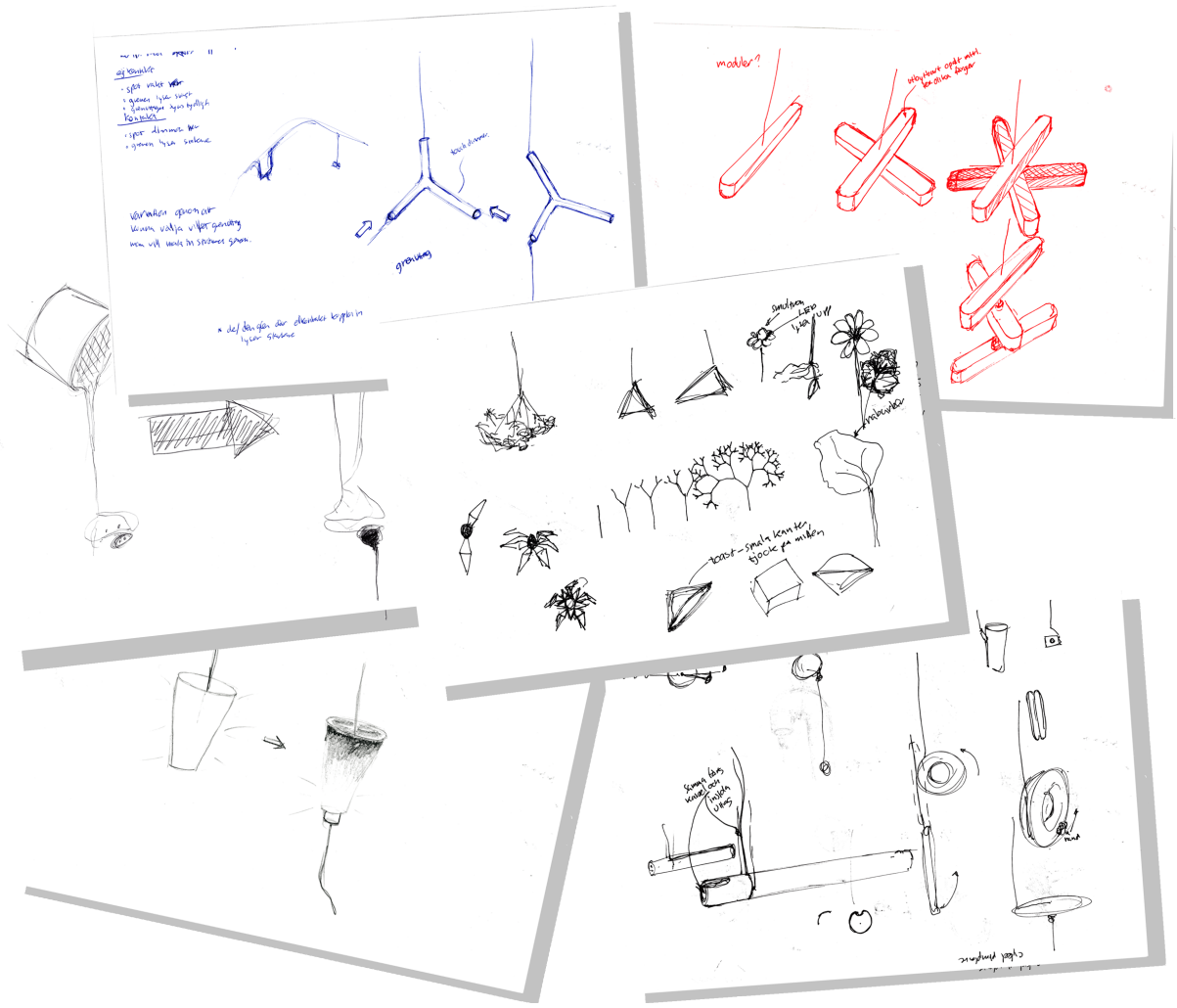
formgivning

kommunicera tillgång till eluttag (tydligt enligt 90 % av de tillfrågade)	Ö	5
inge förtroende	Ö	5
komplettera Fagerhult Professionals sortiment	Ö	4
vara funktionell	Ö	5
vara en tydlig gestalt i rummet utan att dominera	Ö	5

ekonomi

inneha ett konkurrenskraftigt pris	Ö	5
möjliggöra kostnadseffektiv produktion	Ö	4
minimera produktens underhållskostnad	Ö	3

Bilaga B, Idéskisser

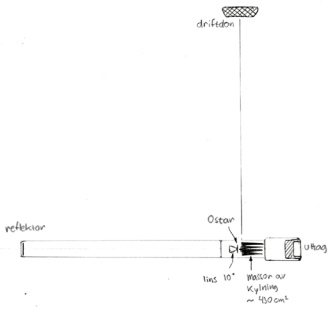


Ett urval av de idéer som framkom vid idégenereringen

Bilaga C, Pugh´s utvärderingsmatris

	vikt	ett	två	tre	fyra	fem	sex	sju	åtta	nio
passa miljö	3	3	4	2	4	3	5	2	4	3
kommunicera eluttag	4	3	4	3	1	5	2	2	5	2
estetiskt tilltalande	5	3	4	2	3	4	4	2	5	5
enkel tillverkning	3	3	2	3	1	3	2	3	5	4
anpassa belysning	3	2	2	1	3	4	2	2	1	4
komplettera sortiment	4	3	2	2	1	4	1	3	5	5
		63	68	48	47	86	59	51	95	86

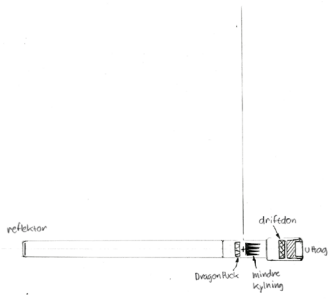
Bilaga D, Möjliga ljuskällor



Ostar

+ ljusstark

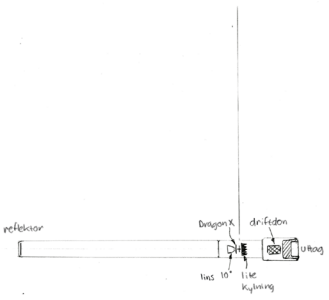
- hög värmeutveckling
- driftdonet i takkopp medför att man måste leda spänning i vajrarna
- bländar?



DragonPuck

+ utvecklar inte lika mycket värme som Ostar
+ driftdon ryms i lampan

- för svagt ljus?



DragonX

+ utvecklar mycket lite värme
+ litet driftdom

- för svagt ljus

Bilaga E, Utökad designformatanalys