

CHALMERS



Utveckling av pannlampa

För användning av kirurger vid operation

Kandidatarbete i Teknisk design

Lilian Forsgren, Frida Halt, Ajdin Hrnjica,

Andreas Höglind, Samuel Lunde och Tobias Olsson

Kandidatarbete LEDX

KANDIDATARBETE PPUX03

Utveckling av pannlampa

Kandidatarbete i Teknisk design

Lilian Forsgren, Frida Halt, Ajdin Hrnjica,

Andreas Höglind, Samuel Lunde och Tobias Olsson

HANDLEDARE: LARS-OLA BLIGÅRD

EXAMINATOR: ÖRJAN SÖDERBERG

CHALMERS TEKNISKA HÖGSKOLA
Göteborg, Sverige 2012

Institutionen för Produkt- och Produktionsutveckling
Avdelningen för Design & Human Factors



Kandidatarbete LEDX

Förord

Denna rapport behandlar ett kandidatarbete vid Chalmers Tekniska Högskola, Göteborg, inom institutionen för Produkt- och Produktionsutveckling med företaget LEDX of Sweden som uppdragsgivare. Projektet genomfördes av sex studenter i tredje årskursen på civilingenjörsprogrammet Teknisk Design under vårterminen år 2012.

Ett flertal personer har bidragit till att projektet kunnat genomföras med ett gott resultat. Vi vill framförallt tacka Anders Johansson på LEDX för förtroendet att utföra arbetet samt för sitt stora engagemang och stöd under projektets gång. Vi vill även speciellt tacka vår handledare Lars-Ola Bligård för exceptionellt god vägledning och stöd under arbetet.

Vi skulle också vilja tacka Göran Brännare, Antal Boldizar och Kenneth Hamberg på Chalmers institutioner för Material- och Tillverkningsteknik samt Produkt- och Produktionsutveckling för konsultation under arbetet.

Slutligen vill vi tacka kirurgerna på Sahlgrenska Universitetssjukhuset, Östra Sjukhuset, Linköpings Universitetssjukhus och Art Clinic för trevligt bemötande och värdefulla bidrag till projektet.

Göteborg, 2012-05-21

Lilian Forsgren, Frida Halt, Ajdin Hrnjica, Andreas Höglind, Samuel Lunde och Tobias Olsson

Sammanfattning

Pannlampor för kirurgi använder idag en dyr och ömtålig teknik med fiberoptik och xenonljus. Av denna anledning såg företaget LEDX of Sweden en möjlighet att slå sig in på marknaden med en ny lampa baserad på LED-teknik som är betydligt billigare än dagens lösningar.

Lampan har tagits fram av en grupp studenter på Teknisk Design, Chalmers tekniska högskola. Utgångspunkten har varit en orienteringslampa från företagets tidigare sortiment och målet har varit att utveckla en kirurgilampa med brukaren i fokus till en låg kostnad. För att effektivisera företagets tillverkning och bereda väg för framtida lampor, var det ett krav att konstruktion skulle baseras på ett modulsystem. Elektroniken och grundutförandet på huvudselen har till stor del varit utanför projektets ramar.

Genom observationer, intervjuer och användartester har krav och önskemål samlats in från användare och andra intressanter. De viktigaste kraven har varit hög ljusstyrka och rätt riktning på ljuset, tillsammans med en bekväm huvudsele. Användningstiden är lång och brukarmiljön är oftast krävande vilket ställde krav på justeringsmöjligheter och god ergonomi. Utmaningen har varit att utveckla en pannlampa med god konkurrenskraft tillsammans med en teknik som är ovanlig inom området.

Efter idégenerering och noggranna utvärderingar resulterade arbetet i en pannlampa bestående av huvudställning, elektronikbox, fäste, justeringslänk och lamphus, allt med hög demonterbarhet, anpassat efter kirurgers behov och arbetssituation. Slutresultatet består av produktionsunderlag för hela konstruktionen tillsammans med presentationsmodeller för att förtydliga pannlampans funktion och uttryck. Lampan bedöms vara likvärdig konkurrenterna vad gäller huvudfunktionen att tillhandahålla fullgott ljus vid kirurgi och priset anses vara den stora konkurrenskraften.

Abstract

The headlights used in surgery today use a very expensive and fragile technology with fiber optics and xenon lights. Because of this, the company LEDX of Sweden saw an opportunity to enter a, for the company, new market with a new lamp based on LED-technology which is more cost effective than today's solutions.

The lamp has been developed by a group of students of Teknisk Design, Chalmers University of Technology. The starting-point was a headlamp for orienteering from the company's earlier range of products and the goal has been to develop a surgical headlight with focus on the user whilst keeping the price much lower than the solutions existing today. To rationalize the company's production and make way for future lamps, a module system base was demanded. The electronics and base design of the head mount was outside this project's constraints.

Through observations, interviews and user tests a list of requirements and desires has been collected from users and other parties that are interested in the product. The most common requirements have been high light intensity in the right direction, along with a comfortable head mount. The lamp is often used during long periods of time and the usage environment is often very demanding which put high requirements on adjustment abilities and good user ergonomics. The challenge has been to develop a surgical headlamp with good competitiveness together with a technology that is rare with this type of product.

After generating ideas and thorough evaluating, the task resulted in a headlamp consisting of head mount, box with electronics, attachment, links for adjustment and a lamp body. Everything with high demountability, adapted to surgeons needs and work situation. The final result exists of ground work for production for the whole construction, together with presentation models to clarify the headlamps function and expression. The lamp is estimated to be equal to the competitors' products concerning the primary function which is to provide satisfactorily light whereas the price is believed to be the biggest competitive advantage.



Innehållsförteckning

Förord

Sammanfattning

Abstract

1 Inledning **1**

1.1	Bakgrund	1
1.2	Syfte	1
1.3	Mål	1
1.4	Avgränsningar	1
1.5	Upplägg av rapport	2

Teori

2 Teori **5**

2.1	Terminologi	5
2.2	LEDX Cobra II	5
2.3	Kirurgi	6
2.4	LED-teknik	7
2.5	Optik	8
2.6	Ergonomi	8
2.7	Kylflänsar	10
2.8	Tillverkningsteknik	12
2.9	Hållbar utveckling	12

3 Metoder och verktyg **15**

3.1	Designarbetets etapper	15
3.2	Datainsamlingsmetoder	15
3.3	Analysmetoder	17
3.4	Kommunicerande medel	17
3.5	Idégenereringsmetoder	18
3.6	Utvärderingsmetoder	18
3.7	Visualiseringsmetoder	19

Genomförande

4 Genomförande **23**

4.1	Projektdefiniering och planering	23
4.2	Behovsidentifiering och informationssökning	25
4.3	Konceptframtagning	27
4.4	Detaljerad utformning	29
4.5	Slutkoncept	34

Resultat och analys

5	Projektdefiniering	37
5.1	Informationsmöte LEDX	37
5.2	Kontrakt	38
6	Behovsidentifiering och informationssökning	39
6.1	Datainsamling	39
6.2	Analys	44
7	Konceptframtagning	49
7.1	Idégenerering	49
7.2	Utvärdering I	51
7.3	Val av delkoncept	52
7.4	Justering huvudsele	54
7.5	Utvärdering II	55
7.6	Val av koncept	60
8	Detaljerad utformning	63
8.1	Lamphus	63
8.2	Elektronikbox	75
8.3	Länk	82
8.4	Huvudsele	83
8.5	Färgsättning	85
9	Slutkoncept	89
9.1	Presentation	89
9.2	Utvärdering	94
9.3	Ekonomisk analys	95
9.4	Hållbar utveckling	96

Avslutning

10	Rekommendationer	101
11	Diskussion och slutsats	103
12	Referenser	107
13	Bilagor	109

Kandidatarbete LEDX

1 Inledning

I rapportens inledning skildras bakgrunden till projektet, grundproblemet introduceras och arbetets syfte, mål och avgränsningar presenteras.

1.1 Bakgrund

Människans behov av att nyttja arbetsljus och samtidigt ha två fria händer var orsaken till att den första pannlampan togs fram, från början inom gruvindustrin. Historiskt sett har pannlampan förbättrats och utvecklats allt efter som tekniken gjort nya framsteg. Från brinnande vaxljus till flera typer av oljelampor och slutligen till olika elektronikbaserade lösningar, där LED-lampor är det allra senaste teknikgenombrottet. De tekniska genomslagen har medfört möjligheten att konstruera mindre, lättare och mer energieffektiva lampor, vilket i sin tur har lett till att pannlampans användningsområde har vuxit till många vitt skilda yrkesgrupper och fritidsaktiviteter. En yrkesgrupp som idag flitigt använder pannlampor i arbetet är kirurger.

Den avancerade kirurgi som idag utförs på många av världens sjukhus ställer höga krav på belysningen i operationssalarna. Detta för att arbetet ska kunna utföras på bästa möjliga sätt med den precision som krävs. Det är vitalt att kirurgen har ordentlig belysning som är anpassad för den specifika situationen som en operation innebär. Det finns idag flera olika typer av pannlampor som används vid kirurgi. Majoriteten av dessa utnyttjar fiberoptik med en xenonbaserad ljuskälla i en box placerad bakom användaren. Ljuset leds sedan via en fiberkabel upp till huvudet och pannan där det speglas ut genom ett lamphus. Denna teknik ger fullgod belysning men är dyr och lätt att skada under användning då fiberkabeln är ömtålig. På grund av dessa omständigheter såg företaget LEDX en möjlighet att slå sig in på den medicintekniska marknaden genom att utveckla en pannlampa för kirurgi baserad på LED-teknik.

LEDX, som är ett litet familjeföretag beläget i Bråmhult utanför Borås, har tidigare endast sysslat med att ta fram och producera pannlampor lämpade för orientering och friluftsliv. Med företagets senaste modell LEDX Cobra II som utgångspunkt fick kandidatgruppen som uppdrag att ta fram en ny produkt till LEDX sortiment, anpassad för kirurgi.

1.2 Syfte

Kandidatarbetets syfte är att bredda LEDX sortiment med en ny produkt, en pannlampa för kirurgi, som ska hjälpa företaget att slå sig in på en ny marknad. Arbetet har även syftet att effektivisera företagets tillverkningsprocess, öka produkternas marginaler och utgöra grunden för en framtida serie nya orienteringslampor.

1.3 Mål

Målet med projektet är att efter avslutat kandidatarbete kunna presentera underlag för en ny pannlampa utvecklad och anpassad för kirurgi. Lampan ska erbjuda fullgod belysning till ett lågt pris i jämförelse med konkurrenter. Konstruktionen ska anpassas efter företagets resurser, vad gäller ekonomi och tillverkningsmöjligheter, och baseras på ett modulsystem för att kunna utnyttjas i flera framtida lampmodeller med andra bruksområden. Resultatet ska presenteras i form av en rapport, CAD-ritningar och presentationsmodeller.

1.4 Avgränsningar

- LED-teknik kommer inte ifrågasättas och alternativa ljuskällor kommer inte undersökas.
- Ansvar för utformning och framtagning av kretskort och övrig elektronik lämnas till företaget Br. Voss Ingenjörsmått AB som LEDX har ett nuvarande samarbete med.
- Produkten utvecklas främst för försäljning i Sverige.

1.5 Upplägg av rapport

Rapporten är uppdelad i fyra övergripande delar för att på bästa sätt tydliggöra arbetets process och resultat.

Teori

Här presenteras bakomliggande teori och terminologi som krävs för att förstå projektet, samt de metoder som använts under arbetet.

Genomförande

Denna del beskriver ingående genomförandet av projektets alla delsteg i kronologisk ordning.

Resultat och analys

I del 3 redovisas resultat och påföljande analys av projektets alla delsteg från behovsidentifiering till slutkoncept.

Avslutning

I rapportens avslutande del presenteras rekommendationer, diskussion och slutsats för projektet.

Teori

Del 1

Teori

2 Teori

Kapitlet innehåller terminologi och fakta som är nödvändiga för projektets förståelse. Teorin behandlar betydelsefulla områden som krävs för genomförande och förståelse av projektet. Nivån på teorin varierar från väldigt grundläggande bakgrundsfakta till specifik data rörande specialområden inom tekniker som har använts i arbetet.

2.1 Terminologi

Nedan definieras vissa ord och begrepp som används i rapporten:

LED – *Light Emitting Diode*, benämns även som lysdiod.

Lumen- SI-enhet för ljusflöde med beteckning lm.

Lux – SI-enhet för ljusintensiteten per ytenhet som betecknas lx.

FWHM – *Full Width at Half Minimum* – En beteckning som används inom optik för att benämna det gradtal som mäts upp, från punkten med maximal ljusintensiteten i mitten av ljuskäglan till den punkt där ljusintensiteten är halverad.

NC-fräs – *Numerical control*, en numeriskt styrd fräs.

Dartex – Ett tygmateriale som används till huvudselen.

Carbon footprint - Vanligen definierat som mängden koldioxid och metangaser som släpps ut under en produkts hela livstid.

Xenonbaserad ljuskälla – En ljuskälla som använder ädelgasen xenon som hjälpmedel vid urladdning och bildandet av en ljusbåge. Ljustet är av dagsljuskaraktär med god färgåtergivning.

2.2 LEDX Cobra II

LEDX Cobra II är idag en av de ljusstarkaste lamporna på marknaden för orientering. Den använder sex stycken CREE XP-G dioder som drivs med 1,3 Ampere per diod, vilket i teorin innebär att sex dioder producerar ungefär 2500 Lumen (1900 Lumen vid uppmätning). För att skapa både en bred ljusbild med lång räckvidd använder lampan en kombination av olika linser. Fyra av dessa linser ger en snäv och långtgående, cirkulär ljuskägla, en lins ger en något bredare och kortare, cirkulär ljuskägla, och en lins sprider ljuset väldigt brett och rektangulärt.



Figur 1. LedX Cobra II



Figur 2. Lamphuset, LedX Cobra II

Lamphusets skal, som omger elektroniken och dioderna, är tillverkat av bockat aluminium och på baksidan finns två påklistrade kylflänsar för att kyla lampan. Kylflänsarna är standardkomponenter och består av pinnkylflänsar som modifierats för att passa lampans former. Dioderna och elektroniken skyddas med ett plastglas framtill som limmas fast. För att dioderna inte ska skadas har de programmerats att stängas av om temperaturen överstiger 75° C. Vid stillastående bruk och maximal effekt klarar kylflänsarna inte av att kyla lampan tillräckligt, utan lampan stänger av sig efter fyra minuter om användaren inte är i rörelse. På baksidan finns en ingång för sladden som kopplas till batteriet och för att minska dragavlastningen finns en krympslang vid anslutningen.

Huvudställningen består av en sele, gjord i ett material som heter Dartex, och kardborreband för att möjliggöra justering. Längst fram på huvudselen finns en fästplatta i plast där lamphuset monteras via en o-ring som tillåter vinkling av lamphuset. Lampan drivs av ett 11,1 Volt Lithium-Ion-batteri med en kapacitet på 7,2 Amperetimmar. Det finns tre olika effektlägen på lampan, 100 %, 40 % och 10 %, som ställs in genom on/off- knappen på lamphusets baksida. Lamphuset och huvudställningen väger tillsammans 196 gram och batteriet med kablar väger 439 gram.

Stor del av tillverkningen sker i hemmiljö i företagets lokaler. Där utförs bockning av komponenter, modifiering av flänsar, fastlödning av sladd och montering av dragavlastning, slutgiltig montering av lamphusets alla komponenter och fäste till selen, samt sömnad av huvudselen.¹

2.3 Kirurgi

Kirurgi är en metod inom medicin som innebär att människokroppen öppnas upp för att åtgärda skador och sjukdomar genom att reparera, avlägsna organ eller annat. Detta utförs genom operation där patienten oftast befinner sig under narkos. Vanligaste typen av kirurgi är allmänkirurgi som i första hand behandlar problem i bukhålan. Utöver detta finns bland annat thoraxkirurgi, som opererar i bröstkorgen, neurokirurgi, som behandlar hjärnan och ortopedi, som behandlar kroppens rörelseapparatur.

2.3.1 Arbetsplats

Operationer sker i speciella operationssalar med höga krav på bland annat klimat, luftgenomströmning, temperatur och utrustning. I allmänhet finns ett stort antal teknisk apparatur för att tillhandahålla narkos, syresättning, blodtransfusion, kontrollera patientens värden, samt utrustning och verktyg för att utföra själva ingreppet. När det gäller belysning finns fast armatur med LED-belysning rakt ovanför operationsbordet som går att ställa in i önskat läge. Ofta har kirurgen utöver detta även en pannlampa för att komplettera belysningen.

All utrustning som används av landsting eller liknande införskaffas av en inköpsavdelning som i sin tur måste följa lagen om offentlig upphandling.² Dessutom kan varje landsting ha speciella upphandlingskrav gällande till exempel närproducerade produkter eller uteslutande av miljöfarliga ämnen.

Vad gäller personal finns det minst en opererande kirurg, ibland flera, i operationssalen. Det måste även finnas en operationssjuksköterska som assisterar vid operationen och en narkossjuksköterska som ansvarar för narkos.³

2.3.2 Arbetsförlopp

Arbetet består i allmänhet av tre huvuduppgifter, förberedelsearbete, dokumentation och själva operationerna. Hur länge en operation pågår beror på svårighetsgrad och omfattning, vanligtvis mellan en halv till tolv timmar, med extremfall längre än så. Mer kritiska ingrepp tar betydligt längre tid än enklare operationer. Vid långa operationer tas i regel pauser för mat och vätskeintag.⁴

Hygienen är mycket viktig i operationssammanhang. Inför operation förbereds patienten noga genom tvättning, tester och fasta. Alla medverkande i operationssalen klär om till löst åtsittande skjorta och byxor som sjukhuset tillhandahåller, samt en mössa som döljer håret. Personal som ska befinna sig nära ingreppet använder också munskydd. Utrustning som ska sitta utanför klädseln, däribland pannlampa, tas på efter ombyte. Precis innan inträdet i operationssalen sker en noggrann tvättning av opererande kirurgers händer och underarmar för att sterilisera dessa. Under själva operationen är dessa delar, samt all utrustning som kommer i kontakt med patienten, sterilt område.

¹ LEDX.se

² Lagen.nu

³ Intervju och observation vid Östra sjukhuset

⁴ Intervju och observation vid Sahlgrenska universitetssjukhuset

Dessa områden är det enda som får vidröra patienten och kommer de i kontakt med något som inte är sterilt måste en ny sterilisering ske. I de allra flesta fall handlar det om kirurgens händer, armar, buk och bröst. Detta innebär i praktiken att operationssjuksköterskan måste hjälpa kirurgen med allt som innefattar icke-sterila objekt.

Under operationen arbetar kirurgen stående, lätt framåtböjd över patienten som ligger på ett operationsbord, och opererar i regel ovanifrån tittandes snett nedåt. Skyddsdukar ligger runt patienten så att det egentligen bara är området för ingreppet som är synligt. När operationen är klar rengör kirurgen händer och alla instrument steriliseras om. Hårskyddet kasseras och kläderna tvättas. Patienten förflyttas vidare till en avdelning för uppvaknande och eventuell rehabilitering.



Figur 3. Kirurger i arbete



Figur 4. Kirurger i arbete

2.4 LED-teknik

En lysdiod är en halvledarkomponent som avger ljus när ström flyter igenom den.⁵ En LED består av en katod och en anod där skarven mellan dem består av ett icke ledande material, kallat barriär. Strömmen kan bara gå från anodsidan till katodsidan. På den negativa katodsidan finns elektroner och på den positiva anodsidan finns så kallade hål. När de möts faller elektronen ner i en lägre energinivå och energi utstrålas i form av fotoner. Fotoner består av elektromagnetisk strålning av alla våglängder. Vilken färg lysdioden avger beror på materialet som används till katoden och anoden. Lysdioder är väldigt små, många gånger endast någon kubikmillimeter i storlek, och behöver oftast någon sorts lins eller reflektor för att ljuset ska riktas till något användbart.⁶

Den första användbara lysdioden uppfanns år 1962 och användes främst som indikatorlampa på olika elektriska produkter.⁶ Under senare tid har tekniken gått framåt och idag krävs förhållandevis lite energi för att få ut mycket ljus ur en diod. Detta faktum, tillsammans med en lång livslängd jämfört med andra ljuskällor, har lett till att lysdioder mer och mer konkurrerar ut vanliga glödlampor och halogenlampor som belysning.⁷

Lysdioder fungerar optimalt vid låga temperaturer, det är därför väldigt viktigt att leda bort värmen från dioden. Livslängden påverkas också negativt vid för hög temperatur. Problemet med värme är som störst med så kallade Power-LEDs. De har väldigt hög ljusstyrka med en energieffektivitet på upp till 50 %, medan resterande energi blir till värme som måste föras bort från dioden. Dioderna monteras ofta på aluminiumkretskort för en effektivare och jämnare värmefördelning över kortets yta.⁸ För att hålla en önskad temperatur kompletteras dioderna oftast med någon typ av kylanordning.

⁵ Nationalencyklopedin.se

⁶ Held, G. *Introduction to Light Emitting Diode Technology and Applications*

⁷ Energimyndigheten.se

⁸ Källström J. CTO på Aluwave AB

2.5 Optik

För att ljuset från en diod ska bli användbart utrustas oftast dioden med någon typ av optik. Optiken kan bestå av bland annat linser eller reflektorer. En lins är ett genomskinligt objekt av antingen glas eller plast som bryter ljuset och riktar det i önskvärd riktning.⁵ Spridningsvinkeln beror på linsens utformning och anges mestadels i måttet *FWHM*. Graddal finns från 3°- 4° och uppåt. Linser är oftast små till storleken och har en effektivitet på ungefär 90-95 %.⁹

En reflektor är ett objekt som ursprungligen utformats för att reflektera ljus tillbaka till ljuskällan via reflekterande material. Tekniken har senare anpassats för att samla ihop och rikta ljuset framåt. En perfekt reflektor skulle rikta ljuset parallellt med reflektorns sidor och ljuskäglan skulle bli lika stor som reflektorns bredd. Oftast är det svårt att uppnå detta och oönskat ströljus är vanligt hos reflektorer.⁸



Figur 5. Linser och reflektor till dioder

2.6 Ergonomi

Här presenteras fakta om de ergonomiska faktorer som rör kirurgiskt arbete, med fokus på pannlampans påverkan. Detta inbegriper belastningsergonomi och fysikaliska faktorer i form av värmepåverkan och ljusmiljö.

2.6.1 Belastningsergonomi

De belastningsergonomiska aspekterna av kirurgiskt arbete, som är kopplat till och kan påverkas av en pannlampa, bedöms vara påverkan på muskulatur i nacke, skulderparti och i viss mån även ländrygg.

Belastningen av kroppen vid kirurgi klassificeras som lokal belastning då specifika delar av kroppen påverkas. Detta innebär att eventuella problem uppstår i de lokala verkningsområdena och inte i övriga delar av kroppen. Belastningen bedöms även vara låg och av statisk typ, vilket innebär ytterst liten risk för akuta belastningsskador men högre risk för långsiktiga muskuloskeletala problem.¹⁰

Nedan listas de faktorer som kan orsaka besvär i nacke och skulderparti som är aktuella vid kirurgiskt arbete.

Arbetsställning

Att stå framåtlutad och med framåtböjd nacke ökar risken för problem i nackens, skulderpartiets och ländryggens muskler, ofta på grund av belastningar från den egna kroppstyngden.¹⁰

Arbetsakt

Kirurger som arbetar i en traumaenhet, det vill säga med de mest akuta fallen på ett sjukhus, utsätts ofta för tidspress och stress under arbetet. Även andra kirurger kan uppleva detta om det skulle hända något oförutsett under operation. Under stress och tidspress spänns musklerna mer vilket kan öka risken för besvär.¹⁰

⁵ Nationalencyklopedin.se

⁹ LEDiL Oy

⁸ Källström J. CTO på Aluwave AB

¹⁰ Bohgard M. et al. *Arbete och teknik på människans villkor*

Synergonomiska förhållanden

Höga krav på syn leder ofta till ansträngda arbetspositioner, vilket ökar spänningen i nacken och skuldrorna. Detta beror troligen på ökade krav på att hålla huvud och axlar stilla då ögat fokuserar intensivt på en punkt. Även spänningar i ansiktsmuskulaturen ökar då ögats ciliarmuskel, som ändrar formen på linsen, spänns.^{10 11}

Kön

Kvinnor är överrepresenterade i skadestatistik när det gäller lättare belastning. Detta tyder på att kvinnor har en större tendens att drabbas av sådana skador.¹⁰

Ålder

Ökad ålder innebär ökad risk för problem.¹⁰

Långvarig statisk belastning, även så låg som 2 – 5 % av total muskelstyrka, kan leda till skador på muskelfibrerna där symptomen ofta är smärta och värk i den drabbade muskeln. Speciellt kappmuskeln som stabiliserar skulderblad och arm är känslig för den här typen av skador. Det finns en hypotes vid namn askungehypotesen som innebär att motoriska enheter (ME) i en muskel aktiveras i en bestämd ordning när muskeln används. Detta betyder att samma delar av muskeln och samma muskelfibrer aktiveras först och avaktiveras sist vid all typ av muskelanvändning och kommer på så sätt att vara aktiva under längst tid. Dessa muskelfibrer kommer därför att vara de som blir skadade först på grund av långvarig belastning, och blir det även vid väldigt låga belastningar.¹⁰

2.6.2 Fysikaliska Faktorer

Temperatur

Kirurgi klassas som lätt arbete med små verktyg, vilket innebär att kroppens värmeutveckling är låg. Arbetet sker i en neutral miljö, det vill säga i en lufttemperatur mellan 10° C - 25° C. Det föreligger därför en låg risk för att kroppens, som helhet, och omgivningens termiska klimat upplevs som ett störningsmoment under arbetet.¹⁰

Kroppen reagerar på ökad värmebelastning genom att slappna av, minska arbetstempot och minska vakenhetsgraden för att avlasta kroppen. Prestationsförmågan blir då sämre och benägenheten att göra fel ökar till följd av både mental och fysisk slöhet.¹⁰

Lokalt förhöjd temperatur är inte lika allvarligt och ger inga stora konsekvenser som ovan. Dock kan det vara extra påtagligt med värmebelastning på huvudet eftersom det är en känslig kroppsdel. Värmen leder även till svettningar lokalt i pannan vilket kan ge upphov till obehagskänslor i form av diskomfort och innebära ett störningsmoment, i arbetet.

Ljus

Under kirurgi ställs höga krav på syn och därmed också arbetsljus, både från operationssal och från pannlampa.

Högre ljusstyrka innebär i allmänhet förbättrad synskärpa och förmåga att se detaljer. Extremt hög ljusstyrka kan dock störa synen och upplevas som för ljus. Detta kan ske då belysningsstyrkan når över 100 000 lux, vilket kan liknas med väldigt starkt solljus från klar himmel. Risken att skada ögonen är låg om ljusstyrkan håller sig inom ramen för normalt solljus (5000-100 000 lux). Ljus kan däremot upplevas för starkt av andra anledningar, till exempel för stora skillnader i luminans i synfältet.¹⁰

För att inte skada ögonen bör färgtemperaturen på ljuset hålla sig inom intervallet för vad normala ljuskällor har idag, där en glödlampa ligger på 2700 K, en mulen dag cirka 5000 K och en klarblå himmel kan ligga på upp till 30 000 K.¹⁰ Det finns studier som visar att ljustemperaturen påverkar humör och vakenhetsgrad hos människor. Blått eller kallvitt ljus på ca 5600 K, som återfinns utomhus mitt på dagen en normal dag, verkar stimulerande och uppiggande för människan.

¹⁰ Bohgard M. et al. *Arbete och teknik på människans villkor*

¹¹ Arbetsmiljoforskning.se

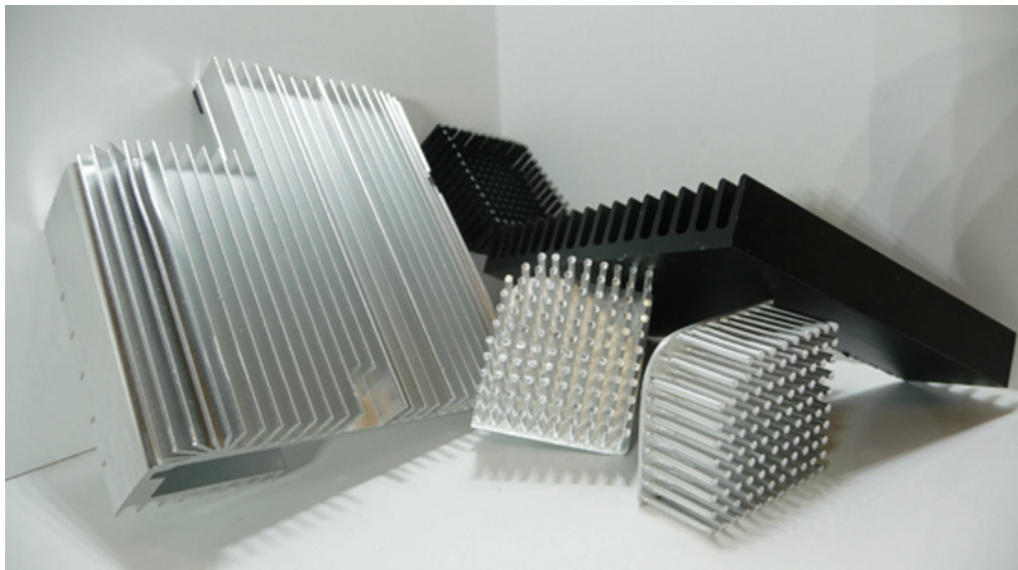
Färgåtergivningen hos ljuset, som mäts med ett index (R_a), är en annan faktor som påverkar hur ljuset upplevs. $R_a = 100$ innebär perfekt färgåtergivning och $R_a = 0$ innebär att det inte går att urskilja färger med ljuskällans hjälp.¹²

Ett fenomen som ger upphov till problem är bländning. Bländning innebär att ögat träffas av för mycket ljus och kan uppstå av olika skäl som listas nedan.

- Ögat träffas av för hög ljusintensitet och hinner inte anpassas.
- Ögat adapterar till ljus som inte kommer från synfältets arbetsområde, vilket innebär att ögat inte fungerar optimalt för det som observeras. Ett exempel på detta är motljus där det blir svårt att urskilja detaljer hos det som iakttas och ibland syns bara silhuetten.
- Ljus faller in från periferin och sprids in i ögat vilket stör synen.
- För stora intensitetsskillnader i synfältet kan innebära att synen inte kan anpassa sig optimalt för olika delar av synfältet samtidigt. Detta benämns som kontrastbländning.
- Växlingen mellan ljus och mörker går för snabbt och ögat hinner inte adaptera tillräckligt snabbt.¹⁰

Ett annat fenomen som bör undvikas är flimmar. Detta uppfattas som störande och kan orsaka stress eller huvudvärk på grund av muskelspänningar. I flimmar kan roterande objekt uppfattas som att de rör sig långsammare vilket kan innebära stora problem och vara en säkerhetsrisk i vissa sammanhang.¹⁰

2.7 Kylflänsar



Figur 6. Olika varianter av pinnkylflänsar och fenkylflänsar

En kylfläns är ett objekt som leder bort värme från energikällan för att minska temperaturen hos känsliga delar. Värmen stiger sedan upp till omgivningen via antingen naturlig konvektion eller forcerad konvektion (fläkt). Naturlig konvektion innebär att varm luft stiger, eftersom den är lättare än kall luft¹³ och på så vis skapas en rörelse. De flesta kylflänsar består av pinnar eller fenor för att öka ytan som värmen kan stiga ut ur. I en produkt kan kylflänsen antingen monteras i efterhand eller vara en del i konstruktionen. Den sistnämnda lösningen ger bättre kylförmåga då det inte förekommer någon skarv i monteringsområdet som eventuellt kan försämra värmeledningsförmågan.

¹² Ljuskultur.se

¹⁰ Bohgard M. et al. *Arbete och teknik på människans villkor*

¹³ Durotec.se

Det finns ett antal faktorer som påverkar en kylfläns och dess kylförmåga, dessa listas nedan:

Luftflöde

Det är viktigt att kylflänsen möjliggör bra luftflöde genom flänsarna för att förhindra att värmen stängs in. Tunt material och stora glapp mellan delarna underlättar luftflödet men ytan och värmeledningen blir samtidigt lidande. En kompromiss mellan de två är att föredra.

Material

Olika material har olika bra värmeledningsförmåga och därför är materialet en avgörande faktor för hur bra kylningsförmåga kylflänsen har. Materialkonstanten anges i [Watt/(meter*Kelvin)] och ett högre värde innebär bättre värmeledningsförmåga. Aluminium som är ett välanvänt material för kylflänsar har en konstant på 204 [W/mK] jämfört med stål som har 50 [W/mK].¹⁴

Yta

En kylfläns är beroende av att en stor yta gränsar mot omgivningen (luft) så att konvektion kan ske, det vill säga att värmen stiger uppåt och att kylning sker. Ytan kan ökas genom att använda en större kylfläns eller utrusta kylflänsen med flera fenor eller pinnar.

Utformning

För att värmen ska kunna nå ut till alla delar i kylflänsen genom materialet är det nödvändigt att flänsarna är av en viss tjocklek. En bra fördelning mellan en stor yta och tjocka fenor/pinnar behöver uppnås. Tunna och långa fenor/pinnar gör att det kan uppstå en skillnad i temperatur mellan botten och toppen vilket innebär att kylflänsen inte utnyttjar materialåtgången fullt ut. Värmekällans spridning över kylflänsen påverkar också hur bra alla fenor/pinnar utnyttjas. Om värmen inte sprids jämnt över kylflänsens botten kan det innebära att vissa delar inte kommer upp i samma temperatur som övriga delar. Detta kan undvikas genom att öka bottenplattans tjocklek och/eller byta till material med bättre värmeledningsförmåga.¹⁵

Termisk resistans

Detta mått används som en jämförelse mellan olika kylflänsars kylförmåga och mäts i [Kelvin/Watt]. Det finns ingen bestämd internationell standard vad gäller mätning av den termiska resistansen, men en jämförelse av den termiska resistansen är ändå användbar vid val av kylflänsar från samma tillverkare. Måttet kan med en produkt användas för att visa hur stor värmeflödesresistans det finns från värmekällan till omgivningen och beskrivs då som summan av termiska resistanser i produktens olika delar. Ett högre värde innebär sämre förmåga att avleda värmen från de känsliga delarna. Om effekten hos värmekällan är känd och den termiska resistansen kan räknas ut, kan detta användas för att beräkna den slutgiltiga temperaturen i produkten.¹⁶

Fenor/pinnar

Pinnar erbjuder större yta med mindre totaldimension än vad fenor gör. Tester har dock visat att vid stillastående bruk och endast naturlig konvektion kan bättre kylförmåga uppnås med fenor om luften tillåts färdas axiellt längs med fenorna. Detta förbättrar luftflödet då luften tvingas strömma genom hela tunneln av fenor på väg upp i omgivningen. För att detta ska gälla måste produkten vara placerad på ett vis som gör att fenornas långa sidor är vertikala.¹⁵

Monteringsyta

Kontaktytan mellan kylflänsen och värmekällan skall vara helt platt för att värmeledningen inte ska försämrats. Montering med högt tryck ökar kontakten och minskar glappet. På grund av detta är exempelvis skruv att föredra jämfört med monteringsstejp. Kylpasta kan användas som komplement till skruv för att jämna ut håligheter och öka kontaktytan utan att minska värmeledningsförmågan avsevärt.⁸

¹⁴ Aluminium Matter Organization

¹⁵ Kordyban, T. *Hot Air Rises and Heat Sinks*

¹⁶ Fischer Elektronik GmbH & Co. KG, Produktkatalog 08/09

⁸ Källström J. CTO på Aluwave AB

Färg

Inom spannet 0°- 100° C är värmestrålningen försumbar jämfört med luftkonvektionen och ytans färg spelar därför väldigt liten roll för kylförmågan. För platta ytor utan fenor eller pinnar där konvektionen är mindre, påverkar värmestrålningen mer och färgen blir en faktor att ta hänsyn till. Mattsvart emitterar mer än till exempel ren blank metallfärg.¹⁵

2.8 Tillverkningsteknik

Här presenteras tillverkningstekniker som varit aktuella under processens gång.

2.8.1 Fräsning

Vid fräsning bearbetas en detalj med ett skärverktyg som tar bort material för att uppnå önskad form. Oftast roterar skärverktyget med hög hastighet när det bearbetar detaljen. Genom *NC-fräsar* kan arbetsförloppet effektiviseras och exaktheten ökas. Med fräsning kan många detaljer skapas, som till exempel dubbelkrökta ytor och gängor.¹⁷

2.8.2 Sandgjutning

Gjutning innebär att ett smält material hålls ner i en form och stelnar. Formarna kan vara permanenta eller av engångstyp. Vid sandgjutning tillverkas engångsformar av sand som hålls ihop med ett tillsatsmaterial. Efter gjutning behöver detaljen efterbehandlas då ytan som kommer i kontakt med sanden blir ojämn och fylld med orenheter. Blästring utförs oftast som en första åtgärd och innebär att sand och smuts slås bort med hjälp av att exempelvis sandkorn eller stålkulor skjuts på materialets yta.⁵

2.8.3 Formsprutning

Formsprutning är den vanligaste metoden för att tillverka plastdetaljer. I formsprutning används granulär, plastkorn, som matas in i en stor skruv. Skruven smälter pulvret till en plastmassa samtidigt som plastmaterialet matas framåt och in i formarna. När plasten svalnat öppnas formen och detaljen är klar. Formsprutning kan användas till termoplaster och hårdplaster.¹⁷

2.9 Hållbar utveckling

Definition av hållbar utveckling:

"Utveckling som baseras på miljömässiga och sociala betingelser som främjar mänsklig välfärd i obegränsad tid." (Thorpe, A. 2007)

För att arbeta mot ett hållbart samhälle är det viktigt att ta hänsyn till hållbar utveckling i produktutvecklingsprocessen. För detta krävs en helhetssyn där systemtänkande och systemanalys används. Hållbar utveckling kan delas upp i tre olika faktorer som tillsammans ger den totala hållbarhetspåverkan.

- Ekologisk hållbarhet – att hushålla med naturens resurser på ett långsiktigt hållbart sätt samt värna om naturen och ekosystemen.
- Ekonomisk hållbarhet – att på ett hållbart sätt hushålla med materiella och finansiella resurser.
- Social hållbarhet – att uppfylla de grundläggande mänskliga rättigheterna och långsiktigt bygga ett hållbart stabilt samhälle.¹⁸



Figur 7. Hållbar utveckling

¹⁵ Kordyban, T. *Hot Air Rises and Heat Sinks*

¹⁷ Hågeryd, L. Björklund, S. Lenner, M. *Modern produktionsteknik del 1*

⁵ Nationalencyklopedin.se

¹⁸ Thorpe, A. *Design för hållbar utveckling*

Vid en hållbarhetsanalys kan en produkts hela kretslopp analyseras genom en livscykelanalys. Analysen hanterar i första hand material- och energiflöden kring en produkt och skall ta hänsyn till alla aspekter "från vaggan till graven". Anledningen till att en livscykelanalys används kan vara för att:

- Identifiera miljöbelastade delar ur produktens livscykel för att lägga ytterligare miljöarbete på särskilt utsatta delar
- Optimera processer
- Analysera och jämföra olika sätt att utföra en viss funktion
- Jämföra produktens eller tjänstens påverkan på olika delar av världen, till exempel om miljövinster i ett led ger miljöförluster i ett annat.¹⁹

3 Metoder och verktyg

I kapitlet beskrivs de metoder och verktyg som använts under kandidatarbetet.

3.1 Designarbetets etapper

Produktutvecklingsprocessen består av ett antal olika faser med olika syfte och mål. Förloppet är iterativt och vissa etapper kan, och bör ofta, genomgå upprepade gånger innan önskat resultat uppnås. Detaljplanering ska alltid anpassas till varje enskilt projekt men faserna är i regel dessa:

Uppstart

Ett projekt inleds med att målsättningen och ramarna för arbetet klargörs. Detta utförs normalt med uppdragsgivaren och syftar i att sätta igång projektet och undvika missförstånd.

Informationsinsamling och analys

Nästa steg i processen är insamling av nödvändig data om produkten, användarna, användningssituationen, marknaden och allt annat som kan krävas för ett bra underlag. Efter en analys av data formuleras ofta en kravspecifikation för produkten.

Idé- och konceptgenerering

Denna fas syftar i att generera lösningar som uppfyller kraven som ställs på produkten. Detta sker genom idéskissning av olika slag.

Bearbetning av principerna

De bästa koncepten från den tidigare fasen väljs här ut för vidareutveckling, med målet att skapa en primärkonstruktion av produkten. Detta görs genom ytterligare informationsökning, idégenerering, analyser och tester.

Uppföljning av detaljer

I den sista etappen genomförs detaljkonstruktion för att färdigställa en produkt redo för tillverkning, ofta med hjälp av modeller eller prototyper som korrigeras iterativt för bästa resultat.²⁰

3.2 Datainsamlingsmetoder

Här beskrivs metoder som har använts för att samla in information om produkten, användarna och miljön.

3.2.1 Intervju

Intervju är den mest grundläggande datainsamlingsmetoden. I produktutvecklingsprocessen används denna metod främst för att skapa en problemförståelse och samla in krav från användare. Det finns flera olika typer av intervjumetoder, exempelvis personliga intervjuer, telefonintervjuer och gruppintervjuer.

Intervjuer kan vara både strukturerade och ostrukturerade. En strukturerad intervju är planerad i detalj och ett antal färdigformulerade frågor ställs. Vid en ostrukturerad intervju diskuterar intervjuaren det berörda ämnet fritt med intervjupersonen. Detta skapar en öppen diskussion som gör att det finns möjlighet att komma djupare in på ämnet. En intervju kan även vara semistrukturerad. Detta innebär att intervjun endast är planerad till viss del. Ett antal punkter har då staplats upp i förväg men intervjupersonerna tillåts att diskutera fritt och intervjun anpassas efter hand.²¹

²⁰ Österlin, K. *Design i fokus för produktutveckling*

²¹ Karlsson, M. *Metodappendix*

3.2.2 Fokusgrupp

En typ av gruppintervju är intervju med en fokusgrupp. En fokusgrupp består av ett antal intervjupersoner som har koppling till ämnet. Deltagarna diskuterar tillsammans de frågor som tas upp i intervjun. Målet med en sådan intervju är att, med hjälp av en moderator som vägleder, skapa en fokuserad diskussion mellan deltagarna. Denna typ av intervjuform genomförs på semistrukturerad basis.

Fördelar med fokusgrupper är att de kan användas i alla skeden av designprocessen där aspekter som är viktiga för den aktuella delprocessen kan diskuteras. Då metoden är väldigt fritt upplagd finns det också stora möjligheter att problem och aspekter som inte upptäckts tidigare uppdagas. Deltagarna i fokusgruppen kan stimulera varandra att komma på nya idéer, vilket gör metoden speciellt användbar tidigt i en designprocess. Om deltagarna är vana användare av produkten kan de även ha värdefulla synpunkter som hunnit växa fram under användningen av produkten.

Nackdelar med metoden kan vara att den inte är fördelaktig i avseendet att ta fram kvantitativ data. Fokusgruppen är begränsad av antalet deltagare och är därför inte lämpad för mätningar där större testgrupp krävs. Deltagarna kan även påverka varandra negativt genom att vissa. Då gruppen består av relativt få antal deltagare blir individernas personliga inverkan större, vilket även ger utslag på resultatet.²²

3.2.3 Observation

Observationsbaserade metoder innebär att studien utförs genom att iaktta brukarens agerande vid interaktion med, i detta fall, en produkt. Observationer utförs för att identifiera produktens egentliga användande, så som felanvändning och kompenserande beteenden. En observation kan antingen göras i naturlig omgivning eller genom uppbyggda försöksmiljöer. Studien kan utföras genom deltagande observation, direkt observation eller självobservation. En observation kan vara både strukturerad och ostrukturerad. Den kan också vara öppen eller sluten, där öppen innebär att den observerade är medveten om det och sluten innebär att den inte är det. Dessa olika utföranden kan innebära olika resultat eftersom testpersonen kan förändra sitt beteende medvetet av olika anledningar då den vet om att den observeras.²¹

3.2.4 Användartest

Med hjälp av användartester där tänkta användare provar produkten och ger sina synpunkter kan ytterligare krav och önskemål uppkomma. Både negativa och positiva aspekter kan uppmärksammas lättare genom faktisk användning. Med hjälp av tester kan användaren lättare uttrycka åsikter som skulle varit svåra att få fram genom intervjumetoder. Användartester kan användas i alla delar av produktutvecklingsprocessen. I inledningen används tester oftast för att identifiera egenskaper hos tidigare eller motsvarande produkter och i konceptframtagningsfasen används de för att jämföra nya lösningar, oftast med väldigt enkla modeller. I senare delar av processen kan mer detaljrika modeller eller prototyper testas för utvärdering och vidareutveckling.²³

3.2.5 Marknadsundersökning

För att få en större bas att utgå från i produktutvecklingsprocessen är det viktigt att undersöka vilka lösningar som finns på marknaden i dagsläget. Vilka fördelar och nackdelar nuvarande produkter har kan komma till hjälp i förbättringen av en produkt, genom att dåliga egenskaper tas bort och goda egenskaper kan efterliknas. Detta kan enklast göras genom en marknadsundersökning där utbudet av liknande produkter, eller produkter som löser samma eller liknande problem, undersöks och granskas kritiskt.²²

²² Johannesson, H. Persson, J-G., Pettersson, D. *Produktutveckling – effektiva metoder för konstruktion och design*

²¹ Karlsson, M. Metodappendix

²³ Jordan, P.W. *An Introduction to Usability*

3.3 Analyismetoder

Nedan beskrivs de metoder som använts för att analysera insamlad data.

3.3.1 KJ-analys

KJ-analys används för att strukturera stora mängder insamlad material och få en bättre översikt för att sedan lättare kunna identifiera krav. KJ-analys innebär ett tillvägagångssätt där detaljrika önskemål och krav grupperas in i kategorier. Dessa kategorier slås i sin tur samman till ännu färre grupper, vilket ger en överskådlig bild av det insamlade materialet. Denna metod är användbar både som analysmetod och som ett effektivt och lättförståeligt sätt att presentera resultat på eftersom den resulterar i en grafisk bild.²¹

3.3.2 Hierarkisk uppgiftsanalys, HTA

Hierarkisk uppgiftsanalys är en metod för att bryta ner en uppgift i mindre delar. Metoden används för att ge en överblick av produktens olika funktioner, uppbyggnad och inbördes relationer. Metoden fokuserar på fysiska och observerbara handlingar, men kan också innehålla mentala operationer. Analysens detaljgrad kan med fördel anpassas efter tillämpning, vilket gör HTA till en väldigt flexibel metod.²³

3.3.3 Funktionslistning

Då en produkt funktionslistas nedtecknas alla funktioner och delfunktioner som krävs för att produkten ska fungera. Funktionslistning görs för att ta ett steg tillbaka och se den faktiska funktionen som varje delkomponent har och som gemensamt ger den totala funktionen hos produkten. Detta gör att vidareutveckling kan ske med fokus på funktionerna och risken för att låsa upp sig vid en speciell lösning tidigt i processen minimeras. Med hjälp av en funktionslistning läggs fokus på att produkten skall uppfylla en viss funktion utan att beakta hur detta skall gå till, detta skapar större frihet vid idégenereringsfasen och är ett bra underlag till en *brainstorming*.²⁰

3.4 Kommunikerande medel

Här skildras olika metoder för att presentera resultat av analyser som använts under produktutvecklingen.

3.4.1 Kravspecifikation

En kravspecifikation är ett dokument med alla krav och önskemål som ställs på produkten av samtliga intressenter. Kraven listas och någon form av inbördes prioritering är ofta fördelaktig. Kraven formuleras så att de i högsta möjliga mån är mätbara, detta för att öka möjligheten att kontrollera om de är uppfyllda. En kravspecifikation ger god struktur och ett tydligt mål att arbeta mot i designarbetet. Den är även ett bra verktyg för att kvalitetskontrollera resultatet i slutet av projektet då en utvärdering ska utföras.²⁰

3.4.2 Expression board och Association web

För att få inspiration kring produktens uttryck och former kan en *expression board* användas för att gestalta de uttryck som eftersöks. På en *expression board* samlas former, material, uttryck, färger med mera som vill appliceras eller efterliknas på produkten. För att ytterligare tydliggöra vilka uttryck som eftersträvas kan en *association web* användas. Där samlas ord som på ett kort och koncist sätt beskriver uttrycket som eftersträvas hos produkten.²⁴

²¹ Karlsson, M. Metodappendix

²³ Jordan, P.W. An Introduction to Usability

²⁰ Österlin, K. *Design i fokus för produktutveckling*

²⁴ Wikström, L. Kursmaterial

3.5 Idégenereringsmetoder

Här presenteras metoder som använts under idégenereringen.

3.5.1 Inspiration Board

En *inspiration board* är ett kollage av bilder som ska fungera inspirerande under projektet. Boarden kan exempelvis bestå av bilder från marknadens nuvarande produkter eller andra intressanta tekniska lösningar och former.

3.5.2 Brainstorming

Brainstorming innebär att en grupp personer försöker producera många olika lösningar på ett definierat problem. Tanken är att gruppens medlemmar ska inspirera varandra och komma på nya lösningar genom att bygga vidare på de idéer som utvecklas sessionens gång. Under *brainstorming* är ingen kritik tillåten överhuvudtaget då målet är kvantitet på lösningar och inte kvalitet.²²

3.5.3 Roterande skissning

Olika metoder kan användas för att frambringa så många idéer som möjligt utan att låsa sig för tidigt i idégenereringsprocessen. Metoden med roterande skissning innebär att en grupp personer sätts samman och olika problemområden delas ut till respektive person. Därefter följer 15 minuter fri skissning och idégenerering. Efter detta skickas skisserna runt till nästa person som då har 15 minuter att komplettera de ursprungliga skisserna, modifiera de eller lägga till ytterligare idéer. Processen fortsätter sedan tills alla i gruppen fått möjlighet att lägga till sina idéer på samtliga problemområden.

3.6 Utvärderingsmetoder

Nedan visas metoder som varit till hjälp under utvärderingar av idéer och koncept.

3.6.1 Elimineringsskissmatris

Elimineringsskissmatris används som ett första steg för att utvärdera och eliminera lösningsförslag då en större mängd förslag finns. Förslagen ställs samman och jämförs utifrån allmänna kriterier om huruvida huvudproblemet löses, om majoriteten av kraven uppfylls, hur prisbilden ser ut och om den är realiserbar. Därefter kan beslut fattas om vilka koncept som skall utvecklas vidare och vilka som redan i detta skede kan uteslutas på grund av för många grundläggande brister.²²

3.6.2 Pughmatris

För att utvärdera de lösningsförslag som framkommit under idégenereringsfasen kan en Pughmatris användas. Den går ut på att det finns flera lösningsförslag till ett problem varav ett väljs ut som referens och viktas mot övriga förslag inom olika kriterier. Dessa kriterier hämtas ofta ur en kravspecifikation och varje konceptförslag jämförs då mot referenskonceptet. Detta verktyg används för att kunna utvärdera och motivera val av koncept att gå vidare med.²²

3.6.3 Kesselringmatris

En Kesselringmatris används för att utvärdera olika lösningsförslag genom att vikta dessa mot varandra. Detta görs genom att i första hand vikta olika kriterier som framkommit som krav eller önskemål. Därefter görs uppskattningar av hur väl respektive lösningsförslag uppfyller kraven. Med denna metod fås en relevant bild av vilket förslag som är lämpligast eftersom hänsyn tas till hur stor betydelse de olika egenskaperna har.²²

²² Johannesson, H. Persson, J-G., Pettersson, D. *Produktutveckling – effektiva metoder för konstruktion och design*

3.6.4 Pro/Con-lista

För att få en allmän uppfattning om hur olika lösningar förhåller sig till varandra kan fördelar och nackdelar vägas mot varandra med hjälp av en *pro/con*-lista. Detta ger en bra översikt, vilket kan bidra till att beslut lättare kan fattas i och med att det blir enklare att jämföra de olika lösningarna.

3.7 Visualiseringsmetoder

Metoder som presenteras nedan har använts för att visualisera idéer och koncept.

3.7.1 Skiss

Att skissa är ett snabbt och enkelt sätt att visualisera sina tankar, bygga vidare på tidigare koncept och få nya idéer. Det är effektivt och enkelt att använda sig av, var som helst, när en ny idé eller tanke som skulle vara till hjälp för projektet uppkommer. Skisser är ett bra redskap för att förklara och förtydliga idéer och koncept för utomstående eller mindre insatta personer då de ofta är det viktigt att ha tydliga skisser där former och funktioner tydligt framkommer. Även för kommunikation inom gruppen är skissning ett effektivt verktyg inom gruppen då gemensamma tankar och idéer kan förklaras och utvecklas med hjälp av skisser på koncept eller delar av produkten. Det finns olika typer av skisser; idéskisser, designskisser, ritningar, snittvyer, sprängskisser och renderingar, som alla fokuserar på olika aspekter hos en produkt och används i olika syfte för att visualisera egenskaper.²⁰

3.7.2 Skissmodeller

För att på ett enkelt och snabbt sätt visualisera idéer kan skissmodeller tillverkas. Metoden används som ett medel i designprocessen. Detta innebär att modeller tas fram, där det inte läggs så stor vikt vid att modellen skall se ut eller fungera precis som den slutgiltiga produkten utan snarare ge en känsla för dess egenskaper, till exempel storlek, tyngd, funktioner, ergonomiska egenskaper eller utseende. Görs modellen i verklig skala kallas den för en *mockup*. Det kan vara till stor hjälp att under produktutvecklingsarbetet att använda sig av någon typ av fysisk modell eftersom detta kan ge helt nya insikter om produkten. Att använda sig av just denna snabba metod är främst användbar för att effektivisera arbetet och inte låsa sig fast vid detaljer utan vara fortsatt öppen för förbättringar och inte lägga onödigt mycket tid på modeller tidigt under projektet.²⁰

3.7.3 Presentationsmodeller

En presentationsmodell är ett bra sätt att förmedla utseende och känsla hos en framtida produkt. Modellen kan överrensstämma med den verkliga produkten på olika nivåer vad gäller form, färg, funktion och material. En modell som i princip överensstämmer helt, med undantag produktions sätt, kallas för en prototyp. Likheten gör att denna modell således ger den mest korrekta bilden av produkten, men även en icke fungerande presentationsmodell kan ge tillräcklig information för att känslan hos produkten ska kunna utvärderas, analyseras och eventuellt slipas på.²⁰

3.7.4 CAD-modeller

Att ta fram en fysisk modell utifrån ett CAD-underlag kallas friformsframställning eller *Rapid Prototyping*. Fördelen med en sådan här modell är att den är väldigt exakt. Detaljens alla dimensioner och proportioner är korrekta och synliggjorda, och blir på så sätt enkla att kontrollera och granska. CAD-modellering ger också stora möjligheter att snabbt testa olika form- och färgvarianter av en produkt.²⁰

²⁰ Österlin, K. *Design i fokus för produktutveckling*

Genomförande

Del 2

Genomförande

4 Genomförande

Detta kapitel är en kronologisk beskrivning över projektets genomförande. Här presenteras vad som gjordes i form av arbetsgång, vilka metoder som använts, varför just detta gjordes och vad det förväntades få för resultat. Syftet med kapitlet är att ge en tydlig och lättöverskådlig bild över projektets förlopp.

4.1 Projektdefiniering och planering

Första steget i processen var att tydligt definiera vad projektet gick ut på, dess syfte och mål samt vilka förväntningar som fanns på levererat resultat. Detta för att få en klar bild av vad som skulle göras för att därefter kunna lägga upp en övergripande planering för projektet.

4.1.1 Informationsmöte LEDX

I projektets inledning genomfördes ett möte med företaget LEDX i dess lokaler i Brämhult. Där beskrev företaget sin bild av projektet samt förväntningar på samarbetet med kandidatgruppen. Mötet fungerade som en första kontakt mellan företag och kandidatgrupp, och syftade i att introducera projektet. Dessutom insamlades önskemål och begränsningar (se 5.1) angående tillverkning i samband med att den nuvarande produktionen beskrevs i detalj.

4.1.2 Kontrakt

Ett kontrakt (se 5.2) skrevs i syfte att samordna alla inblandade parter bild av hur projektet skulle gå till och framför allt vad som ska levereras efter avslutat projekt. Kontraktet formulerades för att undvika missförstånd.

4.1.3 Designarbetets etapper

Kandidatarbetets övergripande upplägg, rörande vilka moment som skulle genomföras för att ta sig från projektets startpunkt till det uppsatta syftet och målet, utformades med utgångspunkt i designarbetets etapper 3.1, med mindre modifieringar för att anpassa metoden efter projektet. Denna process valdes eftersom det är en generell, noga utarbetad process som gruppmedlemmarna är förtrogna med då den använts frekvent vid tidigare designarbeten med gott resultat.

De fundamentala beståndsdelarna i designarbetet är informationsökning, lösningsgenerering, analys och syntes. Dessa steg itereras i regel i varje fas av projektet och är samtidigt det överordnade förloppet av hela projektet. De specifika faser som bestämdes för detta arbete presenteras nedan:

Projektuppstart

Under uppstarten var syftet att definiera upp projektet och sätta sig in i problembilden. Projektets avgränsningar och förutsättningar skulle klargöras, målbild skulle sättas upp och en övergripande planering skulle göras.

Behovsidentifiering och informationssökning

Nästa fas syftade i att skaffa god förståelse för produkten och dess användning, både på detaljnivå och som helhet. Målet var att införskaffa tillräcklig information omkring användning, målgrupp och brukarmiljö för att formulera en korrekt funktionslistning, målgruppsbeskrivning och kravspecifikation att arbeta mot under resten av projektet. Fasens huvudaktiviteter planerades till intervjuer, fokusgrupper, observationer och användartester.

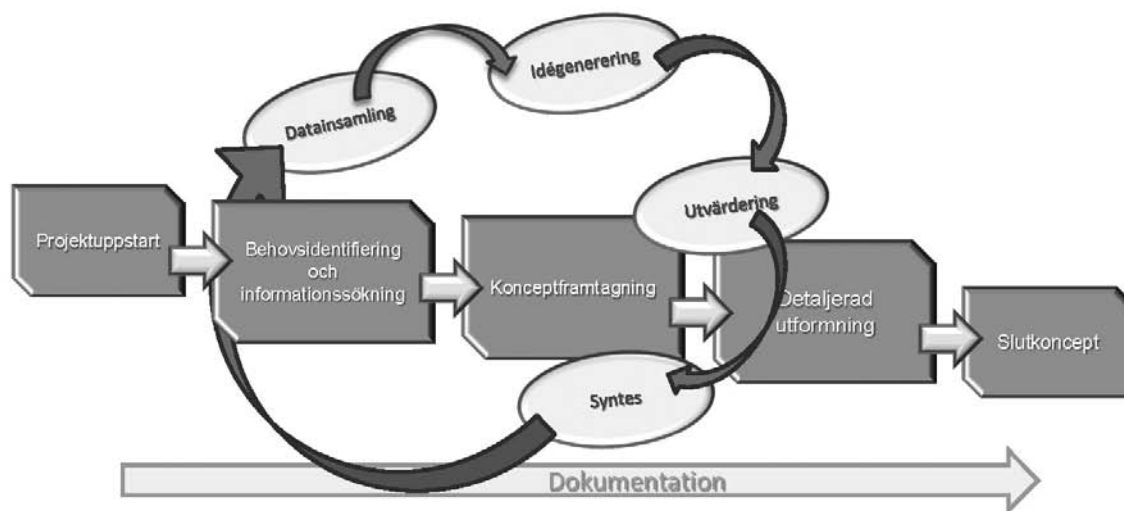
Konceptframtagning

Denna fas hade ändamålet att alstra ett stort antal tekniska lösningar, med ett brett urval på de funktioner som krävdes av produkten. Dessa lösningar skulle sedan, efter utvärdering med hjälp av urvalsmetoder, resultera i ett antal delkoncept och slutligen enbart ett koncept för varje funktion som behövs för vidareutveckling i nästa fas. Huvudaktiviteterna i etappen projekterades till idégenerering och utvärdering av olika slag.

Detaljerad utformning

I projektets slutfas skulle fokus ligga på detaljutveckling, vilket innebar att utveckla, tillverkningsanpassa, verifiera och arbeta ihop de koncept som valts ut till en enhetlig produkt möjlig att tillverka. De detaljproblem som återstod planerade gruppen att lösa genom att iterera informationsökning inom specifika områden, idégenerering och utvärdering med hjälp av funktionsmodeller, presentationsmodeller och CAD-modellering. Målet med fasen var att, så långt som uppdraget efterfrågade, färdigställa en produkt som levde upp till de ställda kraven.

Beslut fattades även om att dagboksskrivning, rapportskrivning samt möten med handledare och företag skulle ske kontinuerligt under hela projektet. En delredovisning skulle även hållas efter halva projektet där olika koncept skulle presenteras för företaget. Ekonomi och miljö skulle också hållas i åtanke och finnas med i bedömningsgrunden för beslut som fattades under hela arbetet. En utvärdering av dessa två områden skulle sedan ske på slutkonceptet i slutskedet av projektet.



Figur 8. Designarbetets etapper

4.2 Behovsidentifiering och informationssökning

En behovsstudie genomfördes tidigt i projektet med syfte att skaffa god förståelse för produkten och dess användning. Målet med studien var att utreda användningssituationen, målgruppen och användarmiljön för att på bästa sätt kunna formulera krav på produkten och arbeta vidare med dess utveckling. Parallellt med detta genomfördes en informationssökning för att skaffa upplysning om möjliga tillverkningsmetoder och material, krav på ergonomi samt information om dagens marknad.

4.2.1 Datainsamling

Den inledande studiens datainsamling för behovsidentifieringen skedde genom intervjuer, observationer och användartester på flera sjukhus och kliniker. Informationssökningen gjordes även genom expertintervjuer, en litteraturstudie och en marknadsundersökning.

4.2.1.1 Fokusgrupp vid Linköpings universitetssjukhus

På Linköpings universitetssjukhus genomfördes en mindre fokusgrupp bestående av medlemmarna i kandidatgruppen, två erfarna allmänkirurger, som även är medlemmar i ett innovationsföretag med fokus på sjukhusutrustning, samt en representant från LEDX. Under fokusgruppsintervjun diskuterades dagens marknad, fördelar och nackdelar med olika lampor, vad som önskas i en ny lampa samt hur dagens LEDX-lampa skulle fungera under operation (se 6.1.1). Under diskussionen fanns även två pannlampor, som används idag, tillgängliga som medierande objekt.

4.2.1.2 Intervju och observation vid Östra sjukhuset

En studie bestående av intervjuer, observationer samt en undersökning av sjukhusets nuvarande pannlampor utfördes på Östra sjukhusets kirurgavdelning. Två semistrukturerade intervjuer genomfördes med hjälp av en övergripande intervjumall (Bilaga 1). Personerna som intervjuades var erfarna kirurger som använt flera olika pannlampor och har kunskap kring ämnet. Nuvarande lampor undersöktes och testades med avseende på komfort och ljus för att få bättre uppfattning om vad som används i dagsläget. Kirurgerna gav även sin syn på de olika varianter som fanns att tillgå (se 6.1.2).

Pannlampornas användning observerades sedan i skarpt läge under en bukoperation där en av kirurgerna använde pannlampa. Under observationen hölls en dialog med kirurgerna och de närvarande sjuksköterskorna med fokus på fördelar, nackdelar samt krav och önskemål som ställs på produkten (se 6.1.2).

4.2.1.3 Intervju och observation vid Sahlgrenska universitetssjukhuset

Under ett besök på Thoraxavdelningen på Sahlgrenska universitetssjukhus genomfördes en personlig intervju med en kirurg. Intervjun var semistrukturerad och utfördes utifrån samma intervjumall som använts på Östra sjukhuset. För att kartlägga användningsprocessen genomfördes observationer och användarmiljön demonstrerades genom en rundtur på kirurgiavdelningen. Observationerna skedde på längre avstånd och det fanns inte möjlighet att se användningen i detalj. En demonstration av lampans användningsförlopp utfördes också under rundturen (se 6.1.3).

4.2.1.4 Intervju samt användartest vid Art Clinic

Art Clinic är Västra Götalands ledande privata specialistklinik och är huvudsakligen specialiserade inom estetisk och rekonstruktiv plastikkirurgi. Art Clinic har kontor på flera orter runt om i landet och intervjun utfördes med en kirurg från Art Clinic i Johanneberg, Göteborg.

Under två tillfällen gjordes besök på Art Clinic där medlemmar ur gruppen fick träffa en av de sex kirurger som arbetar på avdelningen. Första mötet bestod av en semistrukturerad intervju med kirurgen. I intervjun användes samma intervjumall som använts på tidigare besök på andra kirurgavdelningar, och LEDX Cobra II fanns tillgänglig som medierande objekt. Under andra mötet utfördes ett användartest där kirurgen opererade med en LEDX Cobra II. Av integritetsskäl tilläts ingen ur kandidatgruppen observera operationen, efteråt genomfördes dock en kort ostrukturerad intervju angående hur lampan upplevdes (se 6.1.4).

4.2.1.5 Intervju Antal Boldizar

För att diskutera vilka plastmaterial och tillverkningsmetoder som var aktuella för vårt projekt genomfördes en intervju med Antal Boldizar, professor inom materialteknik på Chalmers Tekniska Högskola, med speciella kunskaper inom polymera material. Boldizar utfrågades om detaljer kring tillverkningsmetoder för produktens plastdetaljer, samt om möjligheterna att tillverka lamphuset i en polymer (se 6.1.5). Intervjun var semistrukturerad med ett antal förbestämda punkter att diskutera kring.

4.2.1.6 Intervju Kenneth Hamberg

För att ta reda på vilka möjligheter som fanns när det gäller att tillverka hela eller delar av lamphuset i metall, genomfördes ett möte med Kenneth Hamberg som är expert på tillverkning, framförallt gjutning. Intervjun var även här semistrukturerad för att möjliggöra en friare diskussion kring ämnet. Diskussionen handlade mestadels om olika tillverkningsmetoder och de olika krav på utformningen som de ställer samt vilket material som lämpar sig bäst för ändamålet både tillverkning- och värmeledningsmässigt (se 6.1.6).

4.2.1.7 Marknadsundersökning

En omfattande marknadsundersökning utfördes där dagens produktutbud av pannlampor inom kirurgi undersöktes. Denna studie genomfördes för att få en helhetsbild av dagens utbud och samtidigt ge inspiration och idéer från redan existerande produkter. Studier gjordes även för pannlampor med andra användningsområden, både för att hämta inspiration men även för att dessa använder samma LED-baserade ljuskälla som projektet utgår ifrån. Dessutom genomfördes en marknadsundersökning kring enstaka komponenter av tänkta delar i produkten (se 6.1.7).

4.2.1.8 Ergonomistudie

Undersökningen behandlade bara de delar av ämnet ergonomi som är relevanta för projektet och gjordes genom litteraturstudier. Undersökningen gjordes för att ta reda på vilka ergonomiska krav som ställs på en pannlampa (se 6.1.8). Resultatet analyserades sedan för att användas under projektets gång.

4.2.2 Analys

Resultatet av datainsamlingen från användarna analyserades med hjälp av en KJ-analys för att struktureras upp och bli lättöverskådligt. Vidare utfördes en användaranalys, HTA och funktionslistning. Analysen genomfördes för att tolka den insamlade informationen och för att kunna formulera en korrekt kravspecifikation.

4.2.2.1 KJ-analys

Utifrån informationen som samlats in under observationer, intervjuer samt användartester utfördes en KJ-analys. Citat, önskemål och tankar från datainsamlingen skrevs ned på papper och grupperades efter området de berörde. Slutligen sammanfattades informationen för varje område (se 6.2.1).

4.2.2.2 Användanalyser

Utifrån intervjuer och observationer utfördes en analys av brukarnas attityder och inställningar till utrustning för kirurgi, i synnerhet pannlampor. Analysen utfördes för att få djupare förståelse för användaren (se 6.2.2).

4.2.2.3 Hierarkisk uppgiftsanalys, HTA

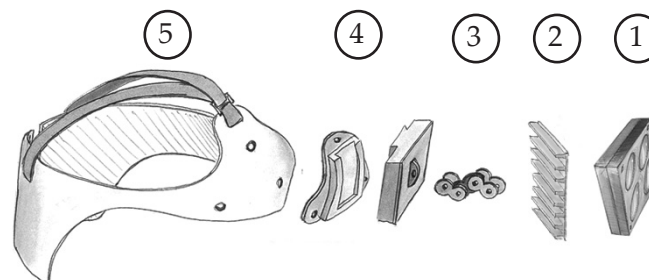
Baserat på observationer och intervjuer utfördes en HTA för att kartlägga användningssituationen för en pannlampa under operation. Utgångspunkten var en xenonbaserad pannlampa eftersom den är den vanligaste typen i branschen. Huvuduppgiften som användes i uppbyggnaden var "Utföra operation med en pannlampa" och detaljnivån i deluppgifterna anpassades efter vad som var relevant för projektet (se 6.2.3).

4.2.2.4 Funktionslistning

Genom att utgå från en LEDX Cobra II och dess olika delar, ställdes frågan varför de delarna existerar, och en lista med olika anledningar kunde utifrån detta formuleras. Dessa svar användes sedan för att formulera en lista med funktioner som produkten innehar, utan att rangordna betydelsen av dessa på något vis (se 6.2.4).

För att effektivisera utvecklingsarbetet togs här ett beslut om att under resten av projektet arbeta med att lösa de viktigaste av dessa delfunktioner separat men ändå parallellt. Detta grundades även i det faktum att ett önskemål var att konstruera lampan med ett modulsystem. Vilka delfunktioner som valdes ut berodde på vilka moduler som önskades samt vilka funktioner som bedömdes som viktigast att utveckla i funktionslistningen. Vissa funktioner lades ihop till ett område och enheterna blev tillslut:

- Lamphus
- Kylfunktion
- Justering av lamphus
- Fäste elektronikbox
- Justering huvudsele



Figur 9. Sprängskiss över pannlampan

4.2.2.5 Kravspecifikation

För att strukturera upp, förtydliga och öka mätbarheten hos alla krav som ställdes på produkten formulerades en kravspecifikation att arbeta mot under projektet. Listan delades upp i olika delområden för en bättre översikt, och kraven placerades därefter ut. Kraven baserades i utgångsläget på den information som framkommit under behovsidentifieringen, informationssökningen och det inledande mötet med företaget, men utökades under projektets gång allt eftersom ytterligare information togs fram och nya avgränsningar gjordes. Vissa av kraven rubricerades som önskemål då de inte ansågs vara lika vitala för produkten. Efter varje krav eller önskemål angavs kravställaren och verifieringsmetoden som skulle användas vid utvärdering (se 6.2.5).

4.3 Konceptframtagning

Efter att behovsstudien genomförts började arbetet med att ta fram lösningar att forma till koncept. Denna process innebar en inledande fas av idégenerering och därefter utvärdering samt sällning av förslagen i två omgångar. Första sällningen ämnade ta fram koncept att presentera vid projektets delredovisning, och andra sällningen att utse en lösning per delfunktion för vidarearbete.

4.3.1 Idégenerering

Idégenereringen syftade i att frambringa så många olika förslag på tekniska lösningar som möjligt. Den genomfördes med hjälp av flera inspirerande och uttrycksbeskrivande bildkollage, *brainstorming* samt idéskissning av flera olika slag.

4.3.1.1 Expression board, Association Web och Inspiration board

För att beskriva den känsla och uttryck som produkten ska förmedla, baserat på företagets, kandidatgruppens och användarnas krav, framställdes en *expression board*. Ledord för lampans uttryck sammanställdes och en *association web* skapades som hjälp under idégenereringsfasen. Även en *inspiration board* med bilder på intressanta tekniska lösningar gjordes för att ge inspiration under framför allt idégenereringsfasen men även resten av projektet (se 7.1.1).

4.3.1.2 Brainstorming

Med den tidigare genomförda funktionslistningen som grund genomfördes en idégenerering där alla tänkbara lösningar för varje efterfrågad funktion listades i en matris. Idégenereringen skedde i två grupper där varje grupp skrev ner lösningar på de valda funktionerna under 30 minuter, med hjälp av PVOS-tänkande (på vilka olika sätt), varefter grupperna bytte matris med varandra för att komplettera och skriva ner eventuella nya idéer (se 7.1.2).

4.3.1.3 Roterande skissning

För att visualisera, utveckla och addera nytt till de lösningsförslag som uppkommit under brainstormingen utfördes roterande skissning (se 7.1.2). Med matrisen från *brainstormingen* som underlag undveks eventuell kreativ lösning då idéer redan fanns tillgängliga att skissa på. Dessa idéer kunde i sin tur inspirera till nya idéer eller vidareutvecklingar eftersom varje person fick möjlighet att ändra på skisserna under rotationen. Tidspressen gjorde att fokus låg på att producera ett stort antal idéskisser snarare än noggranna presentationsskisser.

4.3.2 Utvärdering I

De lösningsalternativ som idégenereringen resulterade i, utvärderades och vägdes mot varandra med hjälp av två olika matriser. Resultatet av dessa diskuterades, en sällning bland förslagen genomfördes och tre eller två lösningsförslag för varje delfunktion valdes ut som koncept att presentera vid projektets delredovisning.

4.3.2.1 Elimineringsmatris

Som första steg i utvärderingen genomfördes flera elimineringsmatriser, där lösningsalternativen inom de olika områdena, ställdes upp och bedömdes efter kriterier där vikten låg vid att avgöra om de var realistiska, genomförbara ekonomiskt och lämpliga för produkten och företaget. I gruppen diskuterades alla kriterier igenom och ett plus eller minus gavs om förslaget ansågs uppfylla det eller inte. För de tillfällen där en bedömning inte kunde göras, utan ytterligare undersökningar, markerades detta med ett frågetecken. Resultatet sammanställdes och en bedömning gjordes om förslaget var värt att behålla eller eliminera (se 7.2.1).

4.3.2.2 Pughmatris

Med hjälp av flera Pughmatriser viktades de olika lösningsförslagen för varje delfunktion mot varandra. Ett lösningsförslag valdes ut som referens och resterande lösningar för samma problem viktades med ett plus eller ett minus beroende på om de ansågs vara bättre eller sämre än referensen. Kriterierna som användes hämtades från kravlistan och var olika för varje delområde. Bedömningen gjordes gemensamt med en rangordning av lösningsförslagen som följd (se 7.2.2).

4.3.3 Utvärdering II

Efter delredovisningen utfördes ytterligare utvärdering av koncepten. Till detta användes kesselringmatriser tillsammans med en formulering av en *pro/con*-lista. Dessa tillsammans med resultatet av den första utvärderingen, feedback från redovisningen samt diskussioner med företaget utgjorde beslutsgrunden då ett lösningsförslag för varje delfunktion valdes ut.

4.3.3.1 Kesselringmatris

Jämförelser utfördes med Kesselringmatriser där bedömningsgrunderna ges olika viktning och på så sätt påverkar resultatet olika mycket. Hur viktiga olika krav eller önskemål var för respektive del av produkten bedömdes utifrån resultatet av behov- och kravstudien. Där bristande kunskap fanns huruvida bra lösningsförslaget uppfyllde kraven utfördes tester om möjligt, innan uppskattningar gjordes (se 7.5.1). Metoden användes som komplement till pughmatriserna för att undvika att mindre betydelsefulla krav bidrog till att framhäva mindre bra lösningar.

4.3.3.2 Pro/Con

För att sammanfatta diskussionerna kring olika lösningsförslags fördelar eller brister sammanställdes en lista med för- och nackdelar för respektive förslag (se 7.5.2). Dessa viktades inte utan skulle bara ge en översikt över förslagen som helhet och användas som beslutsgrund.

4.3.3.3 Utvärdering med LEDX

När gruppens utvärdering färdigställts presenterades resultatet för företaget som rådfrågades om åsikter och preferenser bland förslagen och beslut togs gemensamt där det var möjligt (se 7.5.3).

4.4 Detaljerad utformning

Här började arbetet med att utveckla och förfina konstruktion och uttryck, genom att lösa de problem och frågetecken som fortfarande fanns kvar. För att göra detta behövdes kompletterande datainsamling av olika slag och många tester och undersökningar krävdes för att granska, utvärdera och verifiera realiserbarheten hos lösningarna.

4.4.1 Lamphus

Den detaljerade utformningen av lamphuset delades in i olika delområden att arbeta med. Områdena arbetades med mer eller mindre parallellt under utvecklingsprocessen.

4.4.1.1 Tillverkning och material

För att välja tillverkningsmetod och material genomfördes följande moment.

Offertförfrågan

I syfte att bestämma passande tillverkningsteknik för lamphuset skickades en offerterfrågan ut till två tillverkare som LEDX tidigare haft kontakt med (se 8.1.1). I denna förfrågan fanns en ritning på ett lamphus där mått och detaljnivå hade uppskattats för att stämma överens med ett framtida slutkoncept.

Materialvärderare Granta CES

För att undersöka lämpliga material till lamphuset användes programmet Granta CES (Granta CES EduPack 2012). Programmet innehåller information om egenskaper, tillverkning, kostnad och miljö för olika material och presenterar de bästa alternativen utifrån de kriterier som väljs.

Urvalet för lamphusets material baserades på olika kriterier. Först och främst undersöktes vilka material som har bäst värmeledningsförmåga med avseende på densitet. En jämförelsebild utfördes sedan med avseende på pris per kilo, återvinningsmöjligheter, energi vid anrikning och materialens *carbon footprint*. Resultatet av undersökningen låg till grund för beslutet av materialval till lamphuset (se 8.1.1).

4.4.1.2 Linser och dioder

Denna del av lamphuset bestämdes med hjälp av nedanstående moment.

Intervju Aluwave AB

Aluwave AB är ett konsultföretag i Mölndal som utvecklar kundspecifika moduler och system med LED-belysning. Företagets bakgrund är inom kylning av elektronik och kompetensen är stor inom detta område. Kontakt togs med Jörgen Kjellström, chefstekniker på företaget, för att få kunskap och information kring dioder som klarar av att leverera den ljusstyrka som krävs samt kring optik som kan fokusera ljuset. Intervjun utfördes semistrukturerat och avslutades med en allmän diskussion kring ämnet. Under diskussionen förklarade Kjellström, på detaljnivå, de olika delar som ingår i ett LED-system och hur de fungerar (se 8.1.2).

Ljusberäkningar

Under projektets gång har flera beräkningar gjorts på dioder och linser. Dessa beräkningar utfördes för att undersöka hur mycket ström som krävs för att få ett visst ljusflöde i lumen, hur hög ljusintensitet i lux detta ger samt hur stor ljuskägla som erhålls. Ljusets intensitet är högre i mitten av ljusområdet och avtar mot utkanterna, men för enkelhetens skull har ljuset under beräkningarna ansetts som jämnstarkt över hela området. Beräkningarna utfördes främst på dioder från LEDX Cobra II och en testlampa, för att kontrollera förluster jämfört med uppmätta värden. Beräkningar gjordes även på bättre dioder för att jämföra mot dessa (se 8.1.2).

Ljustester

Även empiriska studier av linser och dioder skedde som komplement till de teoretiska beräkningarna (se 8.1.2). Testerna mätte den högsta ljusintensiteten på ljuskäglan och avståndet vid mätningarna var 50 cm om inget annat angivits. Testerna jämfördes sedan mot de teoretiska värdena för att uppskatta trovärdigheten i teorin. Dioderna som testades heter CREE XP-G och CREE XM-L och är från LEDX Cobra II samt en testlampa från LEDX. Linserna som användes vid testerna är av typen Leila med spridning 11° och 14°.



Figur 10. Uppmätning av Lux

4.4.1.3 Kylning

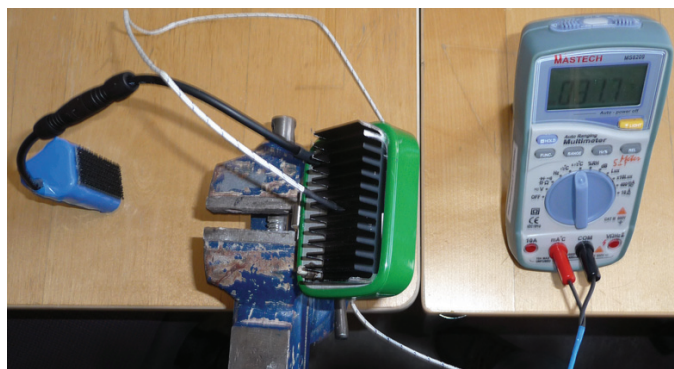
Hur kylningen av lampan skulle lösas bestämdes med hjälp av följande delar.

Intervju Aluwave AB

Under den semistrukturerade intervjun på Aluwave AB diskuterades även kylningen av dioderna och Jörgen Kjellström informerade om olika lösningar som fanns tillgängliga. En grundlig genomgång av kylningens olika delar utfördes och alla faktorer som påverkar kylningen uppmärksammades. Grundläggande principer för hur beräkningar på kylning sker uppdagades även under intervjun (se 8.1.3).

Kyltester

Ett antal kyltester utfördes för att undersöka hur olika kylmoduler klarar av att hantera värmen som utstrålas från dioderna (se 8.1.3). Lampan fixerades och temperaturen mättes med hjälp av en multimeter längst in i mitten på kylflänsen och med en lasermätare på lampans skyddsglas. Eftersom Cobra II har ett inprogrammerat skydd mot överhettning av dioderna som gör att de slås av vid 75° C mättes de tre första utförandena även med 40 % effekt på dioderna.



Figur 11. Uppmätning av Lux

Kylberäkningar

För att bedöma kylförmågan hos de kylflänsar som sitter på LEDX Cobra II utfördes beräkningar på den aktuella ytan som angränsar mot luft (se 8.1.2). Beräkningarna tog hänsyn till modifieringar, som exempelvis avrundningar, som gjorts på de standardiserade kylflänsarna.

4.4.1.4 Förslutning

För att lösa förslutningen av lamphuset gjordes följande.

Brainstorming

Brainstorming användes för att ta fram olika förslag på hur glaset ska fästas på lamphuset för att tätas och möjliggöra att glaset kan tas bort för service. De idéer som uppkom skrevs ner i en matris för en bättre översikt och vidareutvecklades med avseende på kraven (se 8.1.4).

Konsultation Göran Brännare

För att verifiera lösningsförslagen kring hur glaset ska monteras konsulterades Göran Brännare, universitetslektor på avdelningen för produkt och produktionsutveckling, på Chalmers Tekniska Högskola. Under mötet diskuterades främst hållfastheten på de olika lösningarna och hur packningen bäst monteras (se 8.1.4).

Modeller

Ett andra steg i verifieringen var att använda de utskrivna CAD-modellerna för att praktiskt utvärdera lösningarna över hur glaset ska fästas (se 8.1.4).

4.4.1.5 Komponenter

Nödvändiga komponenter utformades och placerades ut med hjälp av följande studier.

Empirisk studie för värmeisolering

För att kontrollera vid vilken temperatur lampan upplevs obehaglig att röra vid utfördes ett användartest (se 8.1.5). En aluminiumyta värmdes upp till olika temperaturer och tio personer fick beröra ytan för att bedöma om det kändes obehagligt eller inte. Testet gjordes som underlag för beslut om isolering vid lampans tänkta greppytor.

Empirisk studie för greppyta

För att bestämma placering på en eventuell värmeisolering och var leden bör fästas på lamphuset har empiriska studier utförts med modeller av pannlampan (se 8.1.5). Studien utfördes på tio personer som fick i uppgift att, med olika modeller där placeringen av ledfästet skiljde sig, ställa in pannlampan, dels på sig själva och dels på en annan individ.

4.4.1.6 Utformning

Lamphusets utseende togs fram genom ett antal steg som redovisas nedan.

Skisser

Skisser har varit det huvudsakliga mediet vid utformning av lamphuset. Skissandet har skett parallellt med allt övrigt arbete för att på ett effektivt sätt förmedla de idéer och koncept som uppkommit (se 8.1.6).

Modeller

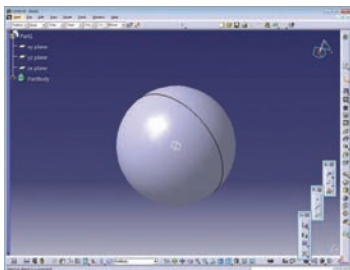
I samband med skisserna har modeller i styrofoam, ureol och papp tillverkats för att ge en bättre och tydligare bild av lamphusets känsla och storlek samt för att upptäcka eventuella svårigheter som inte framträtt på skisserna (se 8.1.6).

CAD-modeller

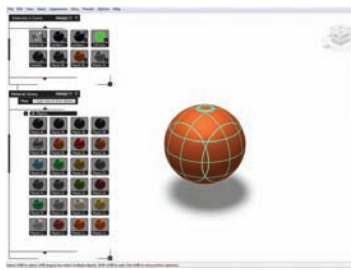
När pannlampans utformning närmade sig den slutgiltiga formen börjades CAD-modeller tillverkas i programmet Dassault Systems Catia V5. Syftet var huvudsakligen att finslipa detaljer, fastställa mått, ta fram ritningar samt generera presentationsmaterial (se 8.1.6).

Presentationsmaterial

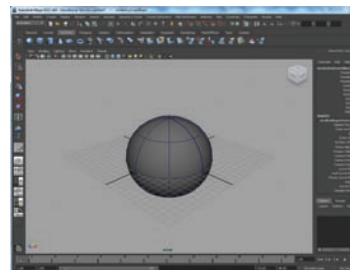
CAD-modellerna importerades till Autodesk Showcase 2012 för att rendera bilder till urvalsprocessen samt för att skapa presentationsmaterial för rapport och redovisning. Programmet Autodesk Maya användes som komplement för att plocka ihop modellen, lägga till sladd och skapa animation av hur länken rör sig och hur sladden följer med när lampan justeras (se 8.1.6).



Figur 12. Catia V5



Figur 14. Showcase



Figur 13. Maya

Utskrifter

Ett fåtal av CAD-modellerna skrevs även ut i Chalmers 3D-skrivare, Stratasys Dimension SST, 2005. De fysiska modellerna analyserades och CAD-modellerna ändrades med avseende på de problem som uppmärksammades med hjälp av utskriftarna (se 8.1.6).

4.4.2 Elektronikbox och fäste

Arbetet med att detaljutforma elektronikboxen och tillhörande fäste i huvudselen utfördes ett område i taget. Dessa områden var dimensionsbestämning på själva boxen, utformning av fästmekanismen samt bestämning av form med avseende på komfort och utplacering av komponenter. Slutligen bestämdes de inställningar som elektronikerna ska programmeras med.

4.4.2.1 Tillverkning och material

Som beslutsgrund i valet av tillverkningsteknik användes informationen från mötet med Antal Boldizar. Litteraturstudier gjordes utöver detta för att undersöka egenskaper hos möjliga material (se 8.2.1).

4.4.2.2 Konstruktion

Konstruktionen av elektronikboxen bestämdes med hjälp av nedanstående steg.

Beräkningar

Beräkningar gjordes med hjälp av mått på elektronikerna i LEDX Cobra II, samt mått på nya komponenter med mål att få ett krav på minsta möjliga area för det kretskort som skall sitta i elektronikboxen (se 8.2.2).

Studie av befintlig lösning

För att utforma fästfunktionen på elektronikboxen studerades konstruktionen på en befintlig lösning, ett fäste för en cykellampa, med samma tekniska princip. Mått togs fram utefter denna lösning för att säkerställa att rätt styvhet och precision i den böjbara komponenten åstadkoms (se 8.2.2).

Brukarstudie

En kort brukarstudie (se 8.2.2) gjordes där femton testpersoner fick prova och utvärdera komforten av den plastdetalj av fästet som sitter mot selen, och därmed pannan på användaren. Syftet med studien var att få underlag för vilken välvning på plastdetaljen som föredrogs, i vertikalt eller horisontellt led.

4.4.2.3 Komponenter

Komponentplaceringen genomfördes med hjälp av undersökningar på tillverkade modeller för de olika delarna, med syfte att finna den mest platseffektiva lösningen. Detta med avseende på komponenter som placeras inuti boxen, de sladdar som kommer in utifrån samt knappen som placeras på utsidan av elektronikboxen (se 8.2.3).

4.4.2.4 Utformning

Utformningen av elektronikboxen bestämdes med lamphusets utseende som utgångspunkt för att få dessa att passa ihop och ge ett enhetligt uttryck (se 8.2.4).

4.4.2.5 Inställningar

Kretskortet i elektronikboxen programmeras efter hur interaktionen skall gå till. Detta kan ske med flertalet variationsmöjligheter men med vissa begränsningar från tekniken. För att komma fram till hur inställningarna skall se ut fördes en diskussion där för- och nackdelar för olika lösningar vägdes mot varandra. Inställningarna anpassades därför efter användningssituationen och för att tillfredsställa de önskemål som kommit fram från användarna under behovsidentifieringen. Beslutet fattades med hjälp av röstning inom gruppen, som bedöms vara tillräckligt insatt i problematiken för att ta ett riktigt beslut (se 8.2.5).

4.4.3 Länk

Utvecklingen av länken genomfördes med fokus på utformning och material för brickorna samt hur sammanfogning ska utföras.

4.4.3.1 Idégenerering och marknadsundersökning

En idégenerering genomfördes genom diskussioner och brainstorming, för att ta fram olika sätt att sammanfoga länkbrickorna med varandra samt fästa de på elektronikboxen och lamphuset. En marknadsundersökning utfördes även, genom letande i ett flertal komponentkataloger och företagswebsidor, för att försöka hitta färdiga länkar eller länkbrickor (se 8.3.1).

4.4.3.2 Modeller, tester och brukarstudier

Ett antal länkbrickor i olika storlekar tillverkades i plast med en laserskärare för att använda som testobjekt. Brickorna testades med olika hopsättningstekniker och flera olika varianter av längd på länken testades (se 8.3.2).

För att slutligen bestämma länkens utformning utfördes en brukarstudie där tio personer fick testa att ställa in en modell av lamphuset till olika positioner, med användandet av olika längd och storlek på länken. Testpersonerna fick ta på sig en huvudsele med ett lamphus och sammanlagt fyra olika varianter av länken. Resultatet av brukarstudien användes sedan som underlag vid beslut (se 8.3.2).

4.4.3.3 Konsultation Göran Brännare

För att verifiera lösningsförslag kring hur länken ska konstrueras konsulterades Göran Brännare. Under mötet diskuterades olika sätt att fästa ihop brickorna för att uppnå önskad tröghet. Valet av material till brickorna diskuterades även (se 8.3.3).

4.4.4 Huvudsele

Vidareutveckling av justeringsreglagen i nacken och det på hjässan genomfördes till stor del separat i denna fas eftersom de utgick ifrån skilda tekniker och inte påverkade varandra i någon större mån. Dock användes samma metoder för båda reglagen.

4.4.4.1 Modeller

För att undersöka hur lösningarna fungerade i praktiken inhandlades komponenter och provisoriska funktionsmodeller byggdes med hjälp av de huvudselar som fanns (se 8.4.1).

4.4.4.2 Undersökning av utbud

En informationssökning kring möjligheterna att få tag på önskade komponenter utfördes. Både dagens leverantörer och andra undersöktes och togs kontakt med (se 8.4.2).

4.4.5 Färgsättning

Allt eftersom tillverkningstekniker och material valdes, undersöktes möjligheterna för färgsättning av komponenterna.

4.4.5.1 Undersökning av utbud

En undersökning av de nuvarande leverantörernas utbud gjordes för att fastslå vilka delar av produkten som var förändringsbara färgmässigt. När önskade utföranden saknades gjordes ytterligare marknadsundersökningar för att hitta önskade färger på komponenter. Färgsättningsmöjligheterna sammanfattades i en lista (se 8.5.1).

4.4.5.2 Färghandledning

Ett handledningsmöte med Märith Lagheim genomfördes där idéer utbyttes och lösningar diskuterades (se 8.5.2).

4.4.5.3 CAD-modeller

Olika färgkoncept arbetades fram och testades på de CAD-modeller som framställts tidigare i arbetet. Överläggning gjordes inom gruppen för att välja ett koncept som gav önskat uttryck (se 8.5.3).

4.5 Slutkoncept

När den detaljerade utformningen avslutats fanns ett färdigt slutkoncept att presentera samt evaluera för att kontrollera till vilken grad kravspecifikationen uppfyllts.

4.5.1 Utvärdering

För att utvärdera om slutkonceptet lever upp till användarnas krav gjordes en kvalitetskontroll gentemot kravspecifikationen (se 9.2). Intentionen var att på olika sätt kontrollera om varje krav var uppfyllt eller ej.

4.5.2 Ekonomisk analys

Pris har under hela produktutvecklingsprocessen varit ett viktigt kriterium i alla beslutssituationer för att minimera produktens tillverkningskostnad.

För att utvärdera slutkonceptet ur en ekonomisk aspekt sammanställdes en kostnadsberäkning där kostnaderna för produktens alla komponenter, verktyg och tillverkning listades. Uppgifterna hämtades från offerter på tillverkning och gamla kostnadsberäkningar för LEDX Cobra II. I de fall där kostnadsuppgifter saknades, konsulterades LEDX och uppskattningar gjordes gemensamt. Eftersom alla kostnader inte var exakta, hanterades två fall där kostnaderna antogs vara lägsta möjliga i ena fallet och högsta möjliga i det andra. Beräkningen visar en kalkyl för en kirurglampa med antingen ett eller två batterier (se 9.3).

4.5.3 Hållbar utveckling

Även miljöpåverkan har varit ett kriterium under hela produktutvecklingsprocessen.

I hållbarhetsanalysen av slutkoncepten undersöktes produkten ur ett ekologiskt, socialt och ekonomiskt perspektiv. Hållbarhetsanalysen gjordes för att konkret kunna utvärdera produktens miljöpåverkan. Resultatet blev en redogörelse som tydliggjorde vilka delar som fungerade bra hållbarhetsmässigt och vilka som kunde arbetas vidare på för ytterligare förbättring (se 9.4).

Resultat och analys

Del 3

6 Projektdefiniering

Kapitlet beskriver uppstarten på projektet vilken gav en första inblick i problembilden och resulterade i krav från företagets sida och formulering av ett kontrakt.

6.1 Informationsmöte LEDX

Det inledande mötet med företaget gav en mer ingående bild av vad som förväntades av projektet, vilket sammanfattas i en problembeskrivning, samt en rad begränsningar och krav på produkten från företagets sida. Dessa presenteras nedan.

6.1.1 Problembeskrivning

I problembeskrivningen formuleras det grundbehov produkten ska uppfylla, brukare definieras och användningssituationen beskrivs övergripande.

Produktens syfte

Pannlampan ska tillgodose kirurgen med fullgott ljus vid operation på ett komfortabelt sätt utan att medföra någon form av distraktion under arbetet.

Användningsområde

Produkten ska användas under kirurgi av olika slag i en operationssal. Användning vid operationer av olika omfattning, längd och svårighetsgrad innebär skillnader i krav på lampan och belysningen.

Primära brukare

- Kirurger – Högutbildade vuxna män och kvinnor.

Sekundära brukare

- Operationssjuksköterska – Manövrerar vid behov produkten i operationssalen på grund av att kirurgens händer måste hållas sterila.
- Tillverkare - Produktionen hos företaget LEDX sker i liten skala och med begränsade resurser, vilket ställer krav på produkten.
- Inköpare - Har ingen kontakt med produkten under användning. Viktiga egenskaper som efterfrågas är hållbarhet och låg kostnad.

6.1.2 Krav och önskemål från företaget

Nedan räknas de krav och önskemål upp som ställdes av företaget i inledningen av projektet.

- Montering – Produkten ska till så stor grad som möjligt gå att montera i företagets lokaler, det vill säga hemmiljö.
- Modulsystem – Företaget vill att produkten ska konstrueras med ett modulsystem för att vissa av delarna även ska kunna användas till framtida produkter.
- Separat elektronikdel – Elektroniken ska placeras i en separat del, detta för att samma slags kretskort ska kunna användas i fler produkter i framtiden.
- Löstagbar elektronikdel – Detta för att elektronikdelen ska kunna användas även till framtida orienteringslampor som önskas kunna flyttas till andra föremål, exempelvis hjälmar av olika slag.

- Huvudsele – Grundkomponenten till den befintliga huvudselen ska användas även till den nya produkten.
- Lim – Konstruktionen ska ej innehålla lim. Detta på grund av att det kräver lång tid att torka under konstruktion, samt gör att produkten inte går att ta isär för eventuell reparation.
- Vattentät – Produkten ska tåla ett dopp i vatten, samt att tvättas av med vätska.
- Fyra LED-lampor – Konstruktion med fyra LED-lampor föredrogs.
- Standardkomponenter – Företaget föredrog att standardkomponenter användes i största möjliga mån då investeringsmöjligheterna för verktyg är begränsade till de delar som kräver specialtillverkning.

6.2 Kontrakt

Kontentan av det formulerade kontraktet var att ett lamphus, en separat elektronikbox med fästplatta samt modifieringar av huvudselen skulle framställas. Fastställda parametrar i form av teknik, elektronik och grundutförande på huvudselen nedtecknades tillsammans med företagets förutbestämda krav. Slutligen bestämdes att CAD-modeller, kostnadsberäkningar, beslut om tillverkningsteknik och material samt fullskaliga presentationsmodeller skulle levereras efter avslutat projekt. Det bestämdes även att ändringar under projektets gång kunde göras så länge båda parterna var överens. Hela kontraktet finns att läsa i bilaga 2.

7 Behovsidentifiering och informationssökning

Kapitlet beskriver resultatet och analysen av den behovsidentifiering och informationssökning som genomfördes.

7.1 Datainsamling

Datainsamlingen resulterade i ett stort kunskapsunderlag från användarna. Intervjuer med kirurger, observationer gjorda i sjukhusmiljö och genomfört användartest medförde ökad kännedom om användarnas krav och produktens användningssituation samt bruksmiljö. Undersökningen resulterade även i ökad kunskap kring möjliga tillverkningstekniker och material, produktens ergonomiska aspekt samt dagens marknad för kirurgiska lampor.

7.1.1 Gruppintervju vid Linköpings universitetssjukhus

De två överlägset viktigaste aspekterna hos en pannlampa för operation är bra ljusbild och god ergonomi enligt vad som diskuterades under intervjun. De närvarande kirurgerna vill ha ett starkt ljus som fokuseras till en liten ljuskägla på det avstånd de arbetar. Lamphuset får inte vara tungt och huvudselen ska inte orsaka något besvär under de långa operationer som utförs. För att ett sjukhus med pressad ekonomi ska ha råd att köpa in pannlampor till alla kirurger bör priset inte överstiga 10 000 – 15 000 kronor.

Sammanfattning av fokusgruppen:

- Ljusstyrkan och ljusbilden är viktigast i kombination med bra ergonomi
- Ljuset ska vara fokuserat till en ljuskägla med 10 - 15 cm i diameter, med ljusintensitet på ungefär 60 000 Lux på 50 cm avstånd
- Ju starkare ljus desto bättre
- Ströljus kan störa andra kirurger genom blänk på operationsredskap
- Lampan används upp till nio timmar med mindre pauser
- Ska kunna vinklas upp och ner, höjdställning behövs bara ibland
- Lampan ska kunna placeras så att ljuset följer ögonen
- Lampan ska gå att använda tillsammans med glasögon för kirurgi
- En lampa bör inte kosta över 15 000 kronor
- Ska se professionell ut
- LEDX Cobra II sitter för högt, är för tung och sprider ljuset för brett för att fungera under operation

7.1.2 Intervju och observation vid Östra sjukhuset

Kirurgerna som intervjuades på Östra sjukhuset hade ofta liknande tankar kring vad som kännetecknar en bra pannlampa och hur användningen går till. För att en pannlampa ska kunna användas ska den ha bra ljusstyrka och god ergonomi. Dagens pannlampor har alla bra ljusstyrka men skiljer sig i ergonomin, menade kirurgerna. Mjuka band ansågs svårare att justera än huvudselar av plast, men var betydligt bekvämare under en lång operation. Oftast tar kirurgen på sig lampan själv innan operation men om lampan behövs tillfälligt kan en operationssjuksköterska behöva göra detta under operation. Sterilt område är på framsidan från höften och upp till huvudet, där även armar och händer ingår men inte själva huvudet. Ljuset ska följa ögonens riktning men hur lamphuset placeras var olika från person till person. Under operation närvarar alltid två kirurger men ofta används bara en pannlampa, vilket innebär att kirurgen med pannlampa ibland måste inta obekväma positioner för att lysa upp i håligheter för sin kollega utan lampa.

Sammanfattning av intervjuer och observation:

- Ljusstyrka viktigast, därefter god ergonomi
- Viktbalansen är vital för att lampan ska kännas bekväm
- Huvudselar med mjuka band är bekvämare än plastband
- Lamphuset ska kunna justeras i höjdled och även vinklas upp och ner
- Används upp till sex timmar per operation
- Idag används lampor med en ljuskägla på 10 - 15 cm i diameter med ljusintensitet runt 50 000 lux på ungefär 50 cm avstånd
- Lampan justeras sällan under operation
- Operationssjuksköterskan sätter oftast på och stänger av lampan
- Ibland tas lampan på i efterhand med hjälp av operationssjuksköterskan eftersom kirurgens händer då är sterilt område.
- Öppna kardborreband är svårare att ställa in för sköterskan jämfört med plastband med justeringsskruvar
- Rengörs med sprit med jämna mellanrum
- Utseendet är inte viktigt men lampan förväntas se professionell och funktionell ut
- Jobbigt att förflytta sig med dagens lampor på grund av den vagnburna ljuskällan
- Batteri som strömkälla skulle vara bra för smidigheten, men det krävs att laddning sker på ett bra sätt

7.1.3 Intervju och observation vid Sahlgrenska Universitetssjukhuset

Kirurgen som intervjuades ansåg att ljusets styrka och pannlampans komfort är de två viktigaste faktorerna hos en bra lampa. På thoraxavdelningen används pannlampa i stort sätt vid alla operationer. Kirurgerna bär oftast glasögon med förstoringsslappar, vilket begränsar synfältet och därför krävs ingen stor ljuskägla för att lysa upp det. Det finns väldigt starkt ljus i operationssalen som ljuskäglan från lampan smälter in i och det stör därmed inte om ljuskäglan är större än vad som krävs. Under operation har oftast två kirurger på sig pannlampa. I intervjun framgick det att dagens lampor är väldigt ömtåliga och klumpiga på grund av fiberoptiken och boxen där ljuset kommer från. En strömkälla i form av batteri eller en sladd direkt i vägguttaget skulle göra användningen smidigare, speciellt vid längre operationer, ansåg kirurgen. Enligt rutin tar kirurgen på sig pannlampan innan operation och gör grundjusteringen själv innan händerna steriliseras.

Sammanfattning av intervjun och observationen:

- Ljusstyrkan är viktig
- Långa operationer kräver hög komfort
- Ungefär 60 000 lux på 50 cm avstånd är föredragen ljusintensitet
- Använder ofta glasögon med förstoringsslappar som ger ett synfält på 5-7 cm i diameter
- Operationslamporna i rummet är starka och döljer ljuset från pannlampan förutom i hålrum och under bröstkorgen där operationslamporna inte når in, ströljus stör därmed inte
- Kirurgen tar på sig lampan innan sterilisering, därefter får endast operationssjuksköterskan göra eventuella justeringar
- Dagens lampor är klumpiga och begränsande, fiberoptiken är känslig och går sönder
- Strömförsörjning genom batteri eller sladd direkt i vägguttag skulle uppskattas, dock krävs en utarbetad rutin för laddning av batteri
- Rengöring sker sporadiskt genom torkning med spritad trasa
- Lampans utseende är inte viktigt

7.1.4 Intervju och användartest vid Art Clinic

Dagens lampor var enligt kirurgen dyra, gick sönder ganska lätt och sladden åkte ur ljusboxen för ofta. Under operation rör sig kirurgen runt patienten, vilket begränsas av den vagnburna ljusboxen, och därför skulle en mer mobil strömförsörjning uppskattas. Operationerna sker ofta i små ingångshål och det krävs en fokuserad ljusbild. Arbetet pågår upp till tre timmar enligt kirurgen och bekvämligheten är viktig. Av användartestet på LEDX Cobra II framgick det att huvudselen var bekväm, men att ljuset behöver fokuseras mer och att lamphuset sitter för högt på pannan. Styrkan ansågs dock fullt godkänd vid användning av 40 % styrka. Privatkliniker omfattas inte av upphandlingsavtal vilket innebär att de har större frihet att välja vilka lampor som köps in. I dagsläget köps det även in lampor från andra användningsområden, på grund av det höga priset på operationslampor. Lampans utseende är viktigt enligt kirurgen, främst för att dåligt utseende kan leda till att den avfärdas innan inköp och därmed inte ens testas.

Sammanfattning av intervjun och användartestet:

- En väggfast sladd minskar kirurgens rörelsefrihet
- Sladden åker lätt ur ljuskällan i dagsläget när kirurgen arbetar
- Batteritid på minst tre timmar och medföljande extrabatteri är ett krav
- Ljuskonen behöver belysa en cirkel med 7 - 15 cm i diameter och arbetsavståndet är ungefär 40 - 50 cm
- Det skulle vara bra om kirurgen själv kan sköta lampan utan att behöva tillkalla sköterskan
- Nuvarande kirurglampor är för dyra
- Det är snyggare och ger en mer hygienisk känsla med en inställningsbar ratt istället för kardborre på huvudselen
- LEDX Cobra II satt för högt upp på pannan och spred ljuset för brett, ljusstyrkan var däremot tillräcklig på 40 % effekt
- LEDX huvudsele var väldigt bekväm
- Lampan bör utstråla en klinisk, professionell och high-tech känsla

7.1.5 Intervju Antal Boldizar

Under intervjun framkom att det inte finns något lämpligt plastmaterial att använda till lamphuset eftersom det inte finns någon plast med en så god värmeledningsförmåga som metaller har. Boldizar ansåg vidare att huset bör tillverkas i ett stycke, oavsett material, för att slippa skarvar som försämrar värmeledningsförmågan. För plastdetaljerna ansågs formsprutning som det bästa alternativet på grund av tillgängligheten och det låga tillverkningspriset. Utifrån den låga produktionsvolymen diskuterades prisexempel för olika tillverkningsmetoder för lamphuset och gjutning eller fräsning framkom då som de mest lönsamma alternativen.

Sammanfattning från intervjun:

- Polymera material är normalt bra isolatorer och de når inte upp till metallers värmeledningsförmåga
- Helgjutet hus ger bättre värmeledningsförmåga. Alla skarvar ger förluster även om det är metall mot metall
- Kretskortet bildar en värmesköld som gör att värmeledningen till flänsen blir sämre. Kan finnas potential i att förbättra
- Friformsplast blir spröd, troligen för spröd för vårt ändamål.
- Formsprutning för plastdetaljer fungerar bra och är relativt billigt
- Gjutning eller fräsning är de bästa alternativen för lamphuset
- Pressgjutningsverktyg är dyra för låga produktionsvolymmer

7.1.6 Intervju Kenneth Hamberg

Kenneth Hamberg rekommenderade att tillverka hela huset i ett stycke för att minimera skarvar och därmed öka husets kylförmåga. Varje skarv innebär ett hinder för värmeenergin och värmeflödet mot luftens kontaktyta försämrar. För att få stor frihet med utformningen ansåg Hamberg att fräsning i en NC-maskin eller gjutning skulle vara bästa tillverkningsalternativet för huset. Dessa metoder skulle även fungera bra ur ekonomisk synpunkt med avseende på den låga serien. Hamberg påpekade dock att en kylfläns med pinnar skulle vara svår att tillverka på detta vis på grund av pinnarnas komplexitet och mått. Val av material diskuterades också och programmet Granta CES nämndes för hjälp med materialvalet

Sammanfattning från intervjun:

- Att göra huset i ett stycke är positivt ur kylsynpunkt
- NC-fräsning eller gjutning för tillverkning
- Pinnar svårtillverkat
- Programmet Granta CES kan vara hjälpsamt vid materialval
- Vid gjutning krävs släppningsvinklar och hål fräses ut i efterhand

7.1.7 Marknadsundersökning

Marknadsundersökningen visade att den vanligaste typen av pannlampa som används i dagsläget är en pannlampa med en xenonbaserad ljuskälla i form av en box placerad bakom användaren. Ljuset leds sedan upp till lampan, som är fäst på en huvudsele, genom fiberoptikkablar. Undersökningen visar att lamporna är dyra och känsliga främst på grund av fiberoptiken. Lampornas uttryck är oftast neutralt och gråa toner används frekvent. Formen är likartad på alla dagens xenonbaserade lampor, där lamphuset följer näsroten för att sedan stråla ut ljuset genom en cirkulär öppning framtill. Justeringen sköts genom en typ av länk mellan selen och lamphuset på alla av dessa undersökta xenonbaserade pannlampor.

7.1.8 Ergonomistudie

Ergonomistudiens resultat, i form av relevant fakta, finns att läsa i teorikapitlet under 2.6 Ergonomi. Denna information analyserades sedan för att komma fram till hur utformningen av pannlampan kunde påverka den ergonomiska situationen för en kirurg.

Minskad vikt på pannlampan innebär minskad belastning på muskulaturen rent fysiskt. Det är därför viktigt att sträva efter så låg vikt som möjligt. Även små skillnader i tyngd kan göra stor skillnad på lång sikt eftersom det är långvarig belastning det handlar om.

God balans hos lampan och fördelaktig placering av tyngdpunkt kan även det innebära minskad belastning på grund av minskad hävstångseffekt av lampans tyngd. Lampan kan alltså upplevas lättare än den egentligen är, och utgöra en mindre belastning, till följd av utformningen och placeringen.

Lampans egenskaper kan även påverka arbetsställningen positivt genom förbättrad synergonomi. Om lampan tillhandahåller tillräckligt med ljus som är riktat på korrekt sätt, i ögonens riktning med utgångspunkt så nära dem som möjligt, kan det i viss mån minska behovet av att stå framåtlutad för att se bättre. Tillräckligt ljus kan också minska behovet av att fokusera blicken intensivt, vilket ofta görs i högre grad när något syns otydligt. Att inte behöva fokusera blicken lika hårt innebär en möjlighet att minska spänningarna i hela överkroppen eftersom denna inte behöver hållas lika stilla. Dock kräver kirurgiyrket i vissa situationer att händerna utför extremt precisionsarbete, vilket även det ger upphov till muskelspänningar. Att muskulaturen spänns utav den här anledningen kommer en pannlampa inte kunna påverka.

7.2 Analys

Analysen av all insamlad data från användarna gjordes med hjälp av en KJ-analys, användaranalys, HTA och funktionslistning och var ett viktigt steg för att kunna formulera en korrekt kravspecifikation.

7.2.1 KJ-analys

Under analysen blev det tydligt att ljusets karaktär samt komforten var de absolut viktigaste egenskaperna hos lampan. Det stod även klart att många av kraven överensstämde mellan användarna och det enda som tydligt skilde sig var användningstiden. Nedan visas en kort sammanfattning av det viktigaste som kom fram ur analysens mest centrala områden. Utförligare resultat finns i Bilaga 3.

Ljusstyrka

Ljusstyrka på 50 000 lux på arbetsavstånd eftersträvas då lampan ofta användes på maximal effekt. De flesta kirurger anser att ju starkare ljus desto bättre, men några avdelningar nöjde sig ändå med att använda lampan på halv effekt.

Ljuskägla

Önskad storlek på ljuskäglan varierade mellan sju och femton cm i diameter, men ingen ställde höga krav på en maxstorlek. Det var viktigt att ljuskäglan följer blickens riktning för att lysa upp rätt objekt från rätt håll.

Ergonomi

Komforten hos huvudselen var väldigt viktig och den fick inte vara obekväm, orsaka tryck mot huvudet eller upplevas som störande på något sätt under användning. Lampan fick inte heller vara för tung eller ha en tyngdpunkt placerad så att lampan upplevs som framtung under användandet.

Placering

Lamphuset får inte skymma sikten och måste fungera tillsammans med kirurgiglasögon med lappar.

Huvudsele

Huvudselen skulle vara enkel att justera, men det viktigaste var bekvämlighet.

Arbetsställning

På grund av arbetsställningen fanns risk att lamporna krockade vilket borde försöka undvikas.

Justering lampa

Möjlighet att vinkla i vertikalled var viktigast, justera i höjddled och djupled kom därefter och sidled bedömdes vara mindre viktigt. Dock fanns höga krav på att lampan skulle vara centrerad.

Hantering under operation

En sjuksköterska måste kunna manövrera, justera och ta på eller av lampan från kirurgen eftersom denne inte får röra den själv under operation. Lampan får inte komma i kontakt med steriliserade områden.

Strömkälla

Både batteri och anslutning till eluttag var högst intressant. Inget av alternativet får dock hindra kirurgens rörelsefrihet.

Tid

Lampan behöver kunna användas under allt mellan 30 minuter upp till tolv timmar.

Utseende

Utseendet var mindre viktigt jämfört med andra egenskaper.

7.2.2 Användaranalys

Kirurger är vana vid att använda avancerad och känslig teknisk utrustning i sitt yrke. Detta innebär att de i regel hanterar apparatur de använder varsamt. Utrustningen de använder i en operationssal är ofta av hög klass och det finns stora krav på tillförlitlighet eftersom tekniska haverier i dessa sammanhang kan innebära katastrof. Kirurger i allmänhet utgår alltså ifrån att utrustningen kommer fungera väl.

Bland kirurger överlag prioriteras produktens funktionalitet och komfort framför rent estetiska attribut. Det finns kirurger som gärna modifierar sin utrustning för att specialanpassa den för sina behov. Bland annat hade länkar på några lampor som observerats kortats ner för att kirurgerna hade den högre upp i pannan och hade ingen användning för alla länkarna. Detta tyder på höga krav på att produkten ska fungera exakt på det vis kirurgen önskar och att de litar på sin egen förmåga att avgöra vad som är bäst för dem.

7.2.3 Hierarkisk uppgiftsanalys, HTA

Analysen visade alla steg från och med att pannlampan tas fram innan en operation till dess att den plockas undan. Analysen visade att kirurgen justerar och monterar lampan innan händerna steriliseras, och att lampan startas för att justera ljuset för att sedan stängas av igen tills operationen sätter igång. Kirurgen steriliserar därefter händerna varvid endast operationssjuksköterskan får sköta lampan och de eventuella justeringar som krävs under operation. Avstängningen och demonteringen efter operation sker av antingen kirurgen eller den närvarande operationssjuksköterskan. Det framgår också att rengöringen utförs innan eller efter operationen påbörjats, eller vid båda tillfällena. I bilaga 4 finns den HTA som gjordes i hela sitt utförande.

7.2.4 Funktionslistning

Funktionslistningen genererade en överblick av produktens delar och funktioner. En sammanfattning av de viktigaste funktionerna som listades visas nedan. Funktionslistningen i sitt fulla utförande finns att studera i bilaga 5.

- Möjliggöra kylning till under 75° C
- Avge ljus
- Möjliggöra på-/avstängning
- Anpassa ljusspridning till en viss bestämd ljuskägla
- Förmedla elektricitet stationärt/mobilt
- Möjliggöra på-/avsättning av elektronikbox på huvudsele
- Erbjuder justering av huvudsele
- Samla elektronik
- Möjliggöra justering av lamphusets placering
- Erbjuder justering av ljusets riktning
- Stabilisera lamphus
- Skydda elektronik och dioder
- Förhindra fukt i elektronikbox och lamphus

7.2.5 Kravspecifikation

De mest grundläggande kraven handlar om att förse kirurgen med ett starkt ljus under operation. Detta med bästa möjliga ljusbild, utan att skymma sikten eller störa användaren på något vis. Effektiv användning med hög prestanda på lampan, som skulle vara enkel att hantera, efterfrågades. Dessutom framkom krav kring produktion, prisbild och tillverkningstekniker. Nedan sammanfattas det viktigaste i kravspecifikationen:

Ljus

- Ljuset ska utstråla 45000 lux på 50 cm avstånd
- Ljuskäglan ska vara 12 cm i diameter jämnt ljus på 50 cm avstånd

Lamphus

- Skall kunna justeras i höjddled från näsryggen till mitten på pannan på 95:e percentilen
- Skall kunna vinklas så att ljuset följer ögonens riktning vid arbetet
- Lamphuset ska vara lättare än 196 g (LEDX Cobra II)
- Lamphuset får ej bli varmare än 70° C under stilla användning i inomhusmiljö

Hantering

- Strömbrytare skall vara lättillgänglig för användare och assistent
- Lampan skall gå att ställa in till korrekt inställning för både användare och assistent på max 10 s

Kompatibilitet

- Lampan skall vara kompatibel med glasögon för kirurgi
- Elektronikboxen skall vara möjlig att ta av från huvudselen
- Elektronikbox ska klara av att användas till orienteringslampor

Tillverkning och underhåll

- Maximala tillverkningskostnaden får ej överstiga 5000 kr
- Lim eller liknande sammanfogande medel skall ej användas vid montering eller tillverkning

Formuleringen av en kravspecifikation gjorde att alla krav som ställdes på produkten analyserades och undersöktes omsorgsfullt. För att få så hög mätbarhet som möjligt behöver varje krav vara väldigt precist och genomarbetat. Hela kravspecifikationen hittas i bilaga 6.

8 Konceptframtagning

Kapitlet beskriver resultatet av projektets konceptframtagningsfas. Denna resulterade i ett stort antal tekniska lösningsförslag för varje problemområde som efter en första utvärdering utmynnade i tre eller två delkoncept per funktion. Ytterligare en omgång av utvärderingar och diskussioner ledde slutligen fram till ett koncept per funktion.

8.1 Idégenerering

Här presenteras de lösningsförslag som blev resultat av idégenereringen, samt de verktyg som utarbetats för att underlätta fasen.

8.1.1 Association Web och Expression board

Association Web innehåller ledord för produkten i form av egenskaper eller känslor som produkten skall uttrycka, vilket skall eftersträvas under hela designarbetet.



Figur 15. Association web



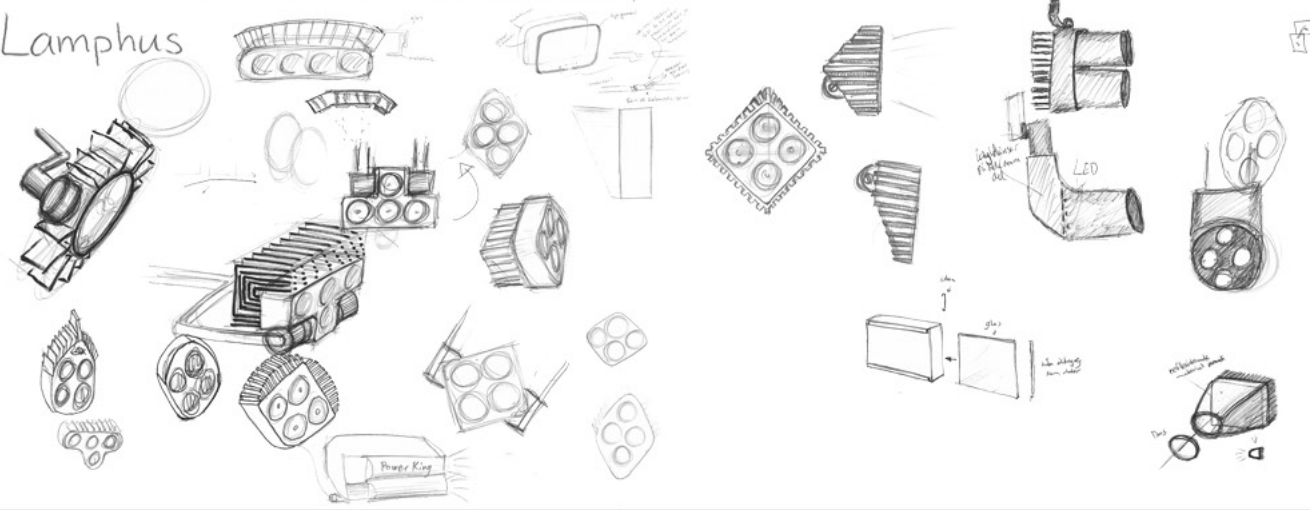
Figur 16. Expression board

Expressionboard med bilder ska förmedla känslan och uttrycket hos produkten. Bilderna skall fungera som inspiration vad gäller material, form, färg och egenskaper.

8.1.2 Brainstorming och roterande skissning

Resultatet av brainstormingen och den efterföljande roterande skissningen redovisas med hjälp av ett kollage av skisser på nästa sida. Skisserna är uppdelade efter delområden. Fullständig lista av lösningsförslag finns i bilaga 7.

Lampus



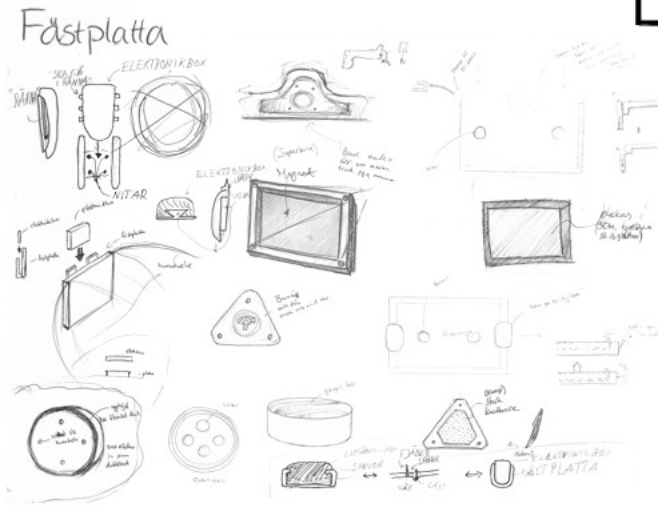
Elektronik box



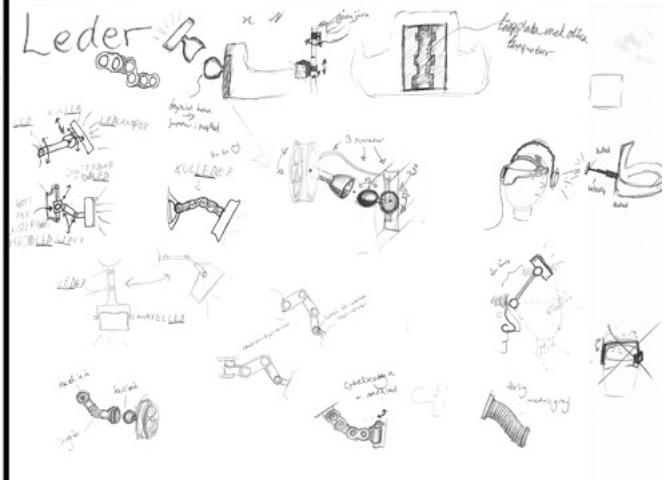
Kylfläns



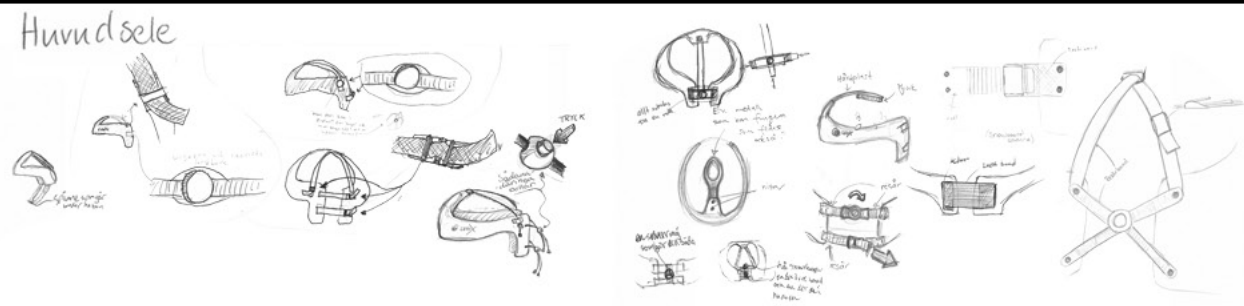
Fästplatta



Leder



Huvudsele



8.2 Utvärdering I

Nedan presenteras resultatet av de utvärderingsmetoder som användes vid den första sällningen bland lösningsförslagen, samt en sammanfattning på vilka lösningar som valdes ut som koncept till delredovisningen.

8.2.1 Elimineringssmatris

Flera elimineringsmatriser utfördes på olika funktioner av lampan med syftet att utesluta lösningar som inte ansågs tillräckligt bra för att vidareutveckla.

Kylning

Vad gäller kylning fanns det två alternativ kvar efter matrisen, en externt monterad kylfläns eller en kylfläns som en del av lamphuset. En fläkt som komplettering till dessa lösningar skulle också utforskas vidare.

Ljusspridning

Singellinser och multilinser ansågs som de mest intressanta att utforska vidare men reflektorer uteslöts inte i denna process.

Energikälla

De enda två realistiska lösningarna som fanns kvar efter elimineringsmatrisen var batteri eller en sladd direkt i vägguttaget. Beslut togs redan här att båda alternativen skulle erbjudas som valmöjlighet. Eftersom tekniken och materialet för båda förslagen redan finns hos företaget beslutades det att detta skulle lösas av företaget. Av den här anledningen ägde inga vidare utvärderingar av denna funktion rum.

Fäste elektronikbox

De två enklaste och mest realiserbara sätten att fästa elektronikboxen på ansågs vara skjutfäste och bajonettfäste, därav fanns dessa två alternativ kvar efter elimineringen.

Justering huvudsele

Huvudselen justeras på flera olika ställen på huvudet och därför fanns det även flera olika förslag kvar efter elimineringen för att utforska vidare. Dessa var justering med kardborreband, hjulreglage, spännband eller med ett ryggsäcksspänne.

Justering lamphus

För att justera lamphuset fanns det två beprövade och realistiska lösningar som ansågs tillräckligt bra för att utveckla vidare enligt elimineringsmatrisen, nämligen länk (cykelkedja) och kulle.

Elimineringsmatrisen är väldigt generell och många av de förslag som ansågs tillräckligt lämpade för att arbeta vidare kan ändå ha stora brister. Detta gör det svårt att med bara denna matris urskilja det lämpligaste förslaget. Projektgruppen tvingades dessutom göra vissa antaganden i bedömningarna eftersom det i det här stadiet av arbetet inte var möjligt att få fram tillräcklig information om alla lösningsförslag. Utförligare resultat av elimineringsmatriserna finns i bilaga 8

8.2.2 Pughmatrix

Pughmatrixer användes för att utvärdera och jämföra lösningar mot varandra på de fem olika enheter som pannlampan delats upp i tidigare. En kortfattad sammanfattning visas nedan.

Lamphus

Olika utformningar till lamphuset utvärderades och de som ansågs mest lämpliga i tur och ordning var diamantform, liten cirkulär form, kvadratform och ett t-format lamphus.

Kylning

För att kyla ner lamphuset på bästa möjliga sätt med andra krav på produkten i åtanke, ansågs en kylfläns som en del i lamphuset som den lämpligaste lösningen, följt av en extern monterad kylfläns och en fläkt.

Justering lamphus

Lamphusets justering sköts enklast med en länk mellan lamphus och elektronikbox enligt resultatet i Pughmatrixen. På andra och tredje plats kom lösningarna gångjärn och kulle.

Fäste elektronikbox

Skjutfäste ansågs vara den bästa lösningen på fästet av elektronikboxen, följt av bajonettfäste och kardborre.

Justering huvudsele

Resultatet visade att ett ryggsäcksspänne vore bäst för justering av huvudselen, tätt följt av hjulreglage, spännband och hjälmspanne.

Pughmatrixen ger en utförligare och framförallt annorlunda bedömning av lösningsförslagets egenskaper, realiserbarhet och relevans jämfört med elimineringsmatrixen eftersom kriterierna skiljer mellan de olika metoderna. Även här ska resultatet dock granskas kritiskt eftersom kriterierna inte var viktade och på så sätt kan ge en felaktig bild av lösningsförslagen. Utförligare resultat av Pughmatrixerna finns i bilaga 9.

8.3 Val av delkoncept

Nedan presenteras de koncept inom varje område som valdes ut som alternativ för vidareutveckling. Beslutet grundades på den tidigare genomförda utvärderingen samt resonemang och överläggningar inom gruppen.

8.3.1 Lamphus

För lamphuset valdes tre olika koncept ut. Dessa presenteras kort nedan.

Koncept 1 – Kvadrat/diamant

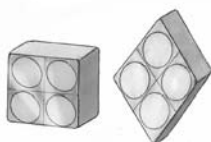
Första konceptet för lamphuset är fyra dioder placerade i en kvadrat eller i en diamant, där formen då är lite utdragen i höjdlängd och därmed smalare i sidled.

Koncept 2 – T-form

Andra konceptet innebär att fyra lampor placeras som ett "T" med tre lampor på rad och en nedanför.

Koncept 3 – Cirkulär (multilins)

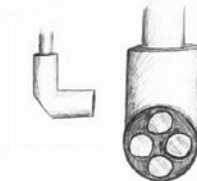
Sista konceptet utnyttjar en multilins, vilket innebär att flera lysdioder placeras nära varandra och använder en och samma lins. Denna lösning gör det möjligt att konstruera ett cirkulärt lamphus.



Figur 17. Kvadrat/
diamant



Figur 18. T-form



Figur 19. Cirkulär

8.3.2 Kylning

För kylningen fanns tre realistiska lösningsförslag som presenteras nedan.

Koncept 1 - Integrerad kylfläns

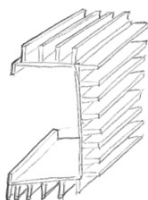
Det här konceptet går ut på att kylflänsar och lamphuset tillverkas i ett och samma stycke.

Koncept 2 - Externt monterad kylfläns

Koncept nummer två innebär att en kylfläns i standardutförande monteras på lamphuset, på samma sätt som på Cobra II i dagsläget.

Koncept 3 - Fläkt

Det sista konceptet inbegriper en fläkt för ökad kylning. Detta kräver även kylflänsar och kan kombineras med både de tidigare koncepten.



Figur 22. kylfläns



Figur 23. Fläkt

8.3.3 Justering lamphuset

För justering av lamphuset fanns endast två fullgoda lösningsförslag att ha som koncept. Dessa presenteras här.

Koncept 1 - Länk

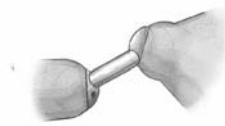
Det första alternativet utnyttjar den lösning som finns på många pannlampor för kirurgi idag med en länk av sammansatta brickor. Dessa går att böja i varje länk och innebär att länken går att flytta både i höjd- och djupled samt vinkla.

Koncept 2 - Kulled

Det andra alternativet är en kulled vilket medger god rörelse i sid- och höjdled samt vinkling, men mindre rörlighet i djupled.



Figur 20. Länk



Figur 21. Kulled

8.3.4 Fäste elektronikbox

För elektronikboxens fäste valdes två lösningsalternativ ut, vilka presenteras nedan.

Koncept 1 – Skjutfäste

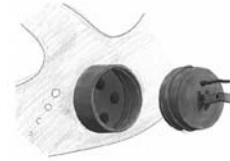
Detta koncept använder den tekniska princip som ofta återfinns på fästen för cykellampor. Elektronikboxen skjuts ned i ett fäste på huvudselen med hjälp av skenor och klickar fast med hjälp av en spärr i kombination med en försänkning. Boxen lossas genom att spärren hålls ut samtidigt som boxen dras upp ur spåren.

Koncept 2 – Bajonettfäste

Det alternativa konceptet är ett bajonettfäste där elektronikboxen skruvas in i fästen på huvudselen med hjälp av gängor med bestämd start och slutpunkt. Detta innebär att boxen endast kan föras in i ett läge och hamnar i korrekt position då det skruvas fast.



Figur 24. Skjutfäste



Figur 25. Bajonettfäste

8.4 Justering huvudsele

För justering av huvudselen valdes tre koncept ut. Dessa var alternativ både som reglage för nacke och hjässa.

Koncept 1 – Hjulreglage

Det första konceptet är en lösning som hittas för att spänna åt i nacken på många cykelhjälm. Fästanordningen spänns åt genom att skruva på hjulet i mitten av konstruktionen.

Koncept 2 – Ryggsäcksspänne

Lösningen i detta koncept är ofta använt och återfinns bland annat på axelband på väskor och ryggsäckar. Ett dubbelvikt band fästs i en plastdetalj och går på så sätt att förlänga och förkorta genom att flytta plastdetaljen.

Koncept 3 – Spännband

Det sista konceptet utnyttjas på spännband av olika slag. Det innebär att en ände på ett band förs igenom en metallkomponent och kläms fast och kan lossas med hjälp av en spärr.



Figur 26. Hjulreglage



Figur 27. Ryggsäcksspänne



Figur 28. Spännband

8.5 Utvärdering II

Den andra omgången av utvärderingen syftade i att bestämma vilka av de utvalda koncepten som skulle vidareutvecklas. Detta gjordes med hjälp av kesselringmatriser, formulering av en pro/conlista med tillhörande överläggningar inom gruppen, samt en presentation och diskussion med LEDX. Utvärderingen resulterade i ett koncept per delfunktion, samt ett par sidospår att undersöka vid sidan av vidareutvecklingen.

8.5.1 Kesselringmatris

En sammanfattning av kesselringmatriserna visas nedan. Utförligare resultat finns beskrivet i Bilaga 10 där alla matriser går att studera.

Lamphus

Bland förslagen på lamphusets utformning rangordnades diamantform och kvadrat högst, mycket på grund av enkel tillverkning och kompakt placering av linserna.

Kylning

Det kylningsalternativ som fick högst poäng var en integrerad kylfläns bland annat på grund av bättre kylenskaper, stora förenklingar vad gäller montering och bra utformningsmöjligheter.

Justering lamphus

Länken var det lösningsförslag som rangordnades högst vad gäller justering av lamphus. Detta mycket på grund av att kullens stabilitet och slittålighet inte bedömdes vara tillräcklig för ändamålet.

Fäste elektronikbox

Bland de två alternativ som fanns kvar för att fästa elektronikboxen på huvudselen blev skjutfästet högst värderat bland annat på grund av att det var en enklare konstruktion än bajonettfästet.

Justering huvudsele

Här rangordnades skruvfästet högst framför allt på grund av högt kvalitetsintryck och att den är enkel och smidig att använda.

Resultatet av kesselringmatrisen viktades som mer relevant än de övriga matriserna eftersom kriterierna formulerades utefter kravspecifikationen och viktningen av dem gjordes utförligare och mer noggrant då utredningen var i ett längre stadium. Viktningen bestämdes till viss del genom uppskattningar och antaganden, vilket kan ha försämrat resultatet.

8.5.2 Pro/con-lista

Nedan presenteras den lista med för- och nackdelar som utarbetades för varje kvarvarande lösningsförslag.

8.5.2.1 Lamphus

Kvadrat

- Fördelar
 - + Enkel form som troligen är lätt att tillverka och montera ihop med övriga komponenter så som glas, flänsar och eventuell fläkt
 - + Kan placeras nära punkten mitt mellan ögonen om den vinklas 45°
 - + Kompakt placering av linser
 - + Formen liknar företagets övriga produkter
- Nackdelar
 - Kan se klumpig och tråkig ut
 - Kan skymma sikt på grund av bredden

Diamant

- Fördelar
 - + Kan placeras nära punkten mitt mellan ögonen
 - + Ser smidig ut tack vare utdragen form
 - + Skymmer ej sikt
 - + Kompakt placering av linser
- Nackdelar
 - Något komplicerad form som kan bli svår att tillverka och kombinera med övriga komponenter
 - Ju högre lamphus desto större blir momentet då det vinklas nedåt

Cirkulär (multilins)

- Fördelar
 - + Enkel form som är mycket lätt att tillverka
 - + Går att använda gängor som förslutning vilket eliminerar behovet av packning
 - + Multilins innebär fler dioder på lägre effekt vilket ger mindre värme och därmed krävs det mindre kylning.
- Nackdelar
 - Kan skymma sikt om den placeras för lågt
 - Blir stor beroende på vilken multilins som används

T-form

- Fördelar
 - + Kan placeras nära punkten mitt mellan ögonen
 - + Har ett originellt utseende
- Nackdelar
 - Den mest komplicerade formen som högst troligen blir svår att tillverka och kombinera med övriga komponenter.
 - Det blir svårt att tillverka och fästa ett glas som går att montera av och på
 - Det finns troligen ingen standardkylfläns som passar
 - Stor del av vikten placeras i toppen av lampan vilket innebär problem då den vinklas nedåt
 - Lamporna hamnar längst ifrån varandra i den här konstellationen

8.5.2.2 Kylning

Integrerad kylfläns

- Fördelar
 - + Effektiv kylning då försämrande skarvar elimineras
 - + Kräver ingen montering
 - + Ökade designmöjligheter att framställa en enhetlig produkt med önskat uttryck då den blir specialutformad
 - + Möjlighet att optimera storlek på flänsar genom tester och iterationer i framtiden
- Nackdelar
 - Kräver ett verktyg som kan bli dyrt
 - Kan bli svårt att bedöma kylförmåga på konstruktionen

Externt monterad kylfläns

- Fördelar
 - + Billig lösning
 - + Fungerar på LEDX Cobra II
- Nackdelar
 - Mindre effektiv kylning
 - Kräver montering
 - Endast standardutföranden
 - Kan göra att produkten inte ser enhetlig ut då den plockas ihop av flera olika komponenter

Fläkt

- Fördelar
 - + Effektivast kylning som kan innebära möjlighet att öka ljusstyrkan på lamporna
- Nackdelar
 - Ytterligare en komponent att montera
 - Kräver ström och behöver kopplas till elektronikboxen
 - Rörlig komponent som kan gå sönder
 - Eventuellt surrande ljud
 - Eventuella vibrationer
 - Eventuella luftströmmar kring ansikte kan uppstå
 - Ej estetiskt tilltalande

8.5.2.3 Justering lamphus

Länk

- Fördelar
 - + Stor möjlighet att vinkla lampan i vertikalled samt flytta den i höjddled och även djupled (från pannan och rakt ut) eftersom länkarna går att ordna tätt ihop
 - + Beprövad metod som fungerar på liknande lampor
 - + Billig lösning då det inte krävs några komplicerade komponenter
- Nackdelar
 - Ger ingen rörlighet eller möjlighet att vinkla i sidled
 - Kan slitas ut och behöva spännas åt då och då beroende på monteringen av brickorna

Kulled

- Fördelar
 - + Ger stor rörlighet att vinkla och flytta lampan i sid- och höjddled
- Nackdelar
 - Hämmad rörlighet i djupled
 - Riskerar att slitas ut under användning och går då ej att spänna åt igen

8.5.2.4 Fäste elektronikbox

Skjutfäste

- Fördelar
 - + Enkel konstruktion
 - + Beprövad metod
 - + Hög igenkänningsfaktor
 - + Stabil
- Nackdelar
 - Kan blir problem att utforma med bra hållfasthet

Bajonettfäste

- Fördelar
 - + Enkel konstruktion
 - + Beprövad metod
- Nackdelar
 - Kräver stor precision i rotationen för korrekt vinkel av lampan. Bara några graders vridning blir ett problem eftersom lampan ska vinklas nedåt

8.5.2.5 Justering huvudsele

Hjulreglage

- Fördelar
 - + Effektiv metod
 - + Medger små justeringar om precisionen i komponenten är hög
 - + Stabil lösning som ej lossnar om den utsätts för dragkrafter
 - + Medger enhandsgrepp vid justering
 - + Ger ett mer tekniskt och kvalitativt intryck än övriga alternativ
- Nackdelar
 - Kan bli dyr då det en komplicerad konstruktion
 - Kan bli svårt att få tag på färdiga komponenter som passar produkten

Ryggsäcksspänne

- Fördelar
 - + Väckigt enkel konstruktion
 - + Hög igenkänningsfaktor
 - + Extremt billig lösning
 - + Tar liten plats
- Nackdelar
 - Kräver tvåhandsfattning vid justering
 - Ger ett billigt intryck
 - Kan släppa efter om den utsätts för dragkrafter under lång tid

Spännband

- Fördelar
 - + Enkel konstruktion
 - + Medger små justeringar då den ej justerar i hack
- Nackdelar
 - Kräver tvåhandsfattning vid justering
 - Klämrisk på grund av konstruktion
 - Medför en lös ände som behöver fästas någonstans för att inte riskera att störa användaren

8.5.3 Utvärdering med LEDX

Företaget uttryckte under utvärdering att de fyrkantiga husen prefererades vad gäller lamphusets form eftersom de troligen var enklast att tillverka och påminde om den tidigare modellen. Företaget var också positivt till att tillverka huset i ett stycke och bygga in kylflänsarna. Kulleden valdes bort av företaget eftersom den förutspåddes blir utsliten snabbt och sluta fungera korrekt. Angående fästet till elektronikboxen föredrogs skjutreglaget på grund av sin enkelhet. Slutligen prefererades hjulreglaget som åtspanningsmekanism för selen.

8.6 Val av koncept

Valen av koncept presenteras nedan ihop med korta resonemang bakom besluten, samt beskrivning av eventuella sidospår eller reservplaner att utreda.

8.6.1 Lamphus

För lamphuset valdes kvadrat eller diamant (koncept 1) ut för vidare utveckling. Intentionen var att använda en diamantform om det inte innebar betydande komplicerad tillverkning, och det kvadratiske huset vinklat 45° om dessa problem uppkom. Konceptet valdes främst för att tillverkningen av huset är kritiskt för företaget och enkla lösningar är att föredra, men också för att placeringen nära användarens ögon ansågs vara central.

Beslut tog även om att utreda ordentligt om hur många dioder och singellinser som krävs för att leverera rätt ljusbild och om det finns någon passande multilin i rimlig storlek som utför detta. I så fall skulle en ny utvärdering göras för att välja bästa utförande på lamphuset.

8.6.2 Kylning

När det gäller kylning ansågs en integrerad kylfläns (koncept 1) vara det bästa alternativet. Dock togs beslut om att vidare undersökningar behövde göras för att utreda om fläkt behövde adderas till konceptet eller ej för att uppnå tillräcklig kylning. Konceptet valdes då det medgav störst möjlighet att konstruera en välgjord och enhetlig produkt med önskat uttryck, och på grund av att den homogena konstruktionen innebar fördelar kylmässigt.

8.6.3 Justering lamphus

Länk (koncept 1) valdes som koncept för justering av lamphuset eftersom det var en lösning som fungerar på andra pannlampor, var lätt att konstruera och eftersom alternativet, en kulle, riskerar att slitas ut och sluta fungera.

8.6.4 Fäste elektronikbox

Till denna del av lampan valdes skjutfästet (koncept 1) ut för vidare utveckling. Detta eftersom det var den enklaste konstruktionen och en beprövad metod med hög igenkänningsgrad hos de flesta människor.

8.6.5 Justering huvudsele

För justeringen av huvudselen valdes hjulreglaget (koncept 1) ut för justeringen i nacken. Nackreglaget justeras varje gång selen tas av och på och därför valdes det reglage som är enklast att använda och medger enhandsfattning. Hjulreglaget ansågs även ge ett mer kvalitativt intryck, vilket önskades, och håller sig i vald position under lång tid.

Till reglaget på hjässan valdes rygsäcksspännet (koncept 2). Detta reglage förutspås inte användas lika mycket eftersom det inte behöver lossas för att sätta på sig selen, därför var inte enhandsgrepp prioriterat. Rygsäcksspännet valdes för att det är den billigaste och enklaste lösningen.

9 Detaljerad utformning

Kapitlet beskriver den fas av detaljerad utformning som skedde i projektets slutskede. Fasen resulterade i mycket ny kunskap, vidareutveckling och realisering av lösningar, ett fåtal nya idéer, samt beslut om den slutgiltiga utformningen av produkten. Utfallet av denna fas var tillslut det färdiga slutkoncept som arbetet resulterade i.

9.1 Lamphus

Nedan presenteras resultatet av utvecklingsarbetet som gjordes på lamphuset uppdelat i olika delar och områden som berörts.

9.1.1 Tillverkning och material

Här redovisas resultatet av aktiviteterna som gjordes för att bestämma tillverkningsmetod och material, samt analysen av dessa och påföljande beslut.

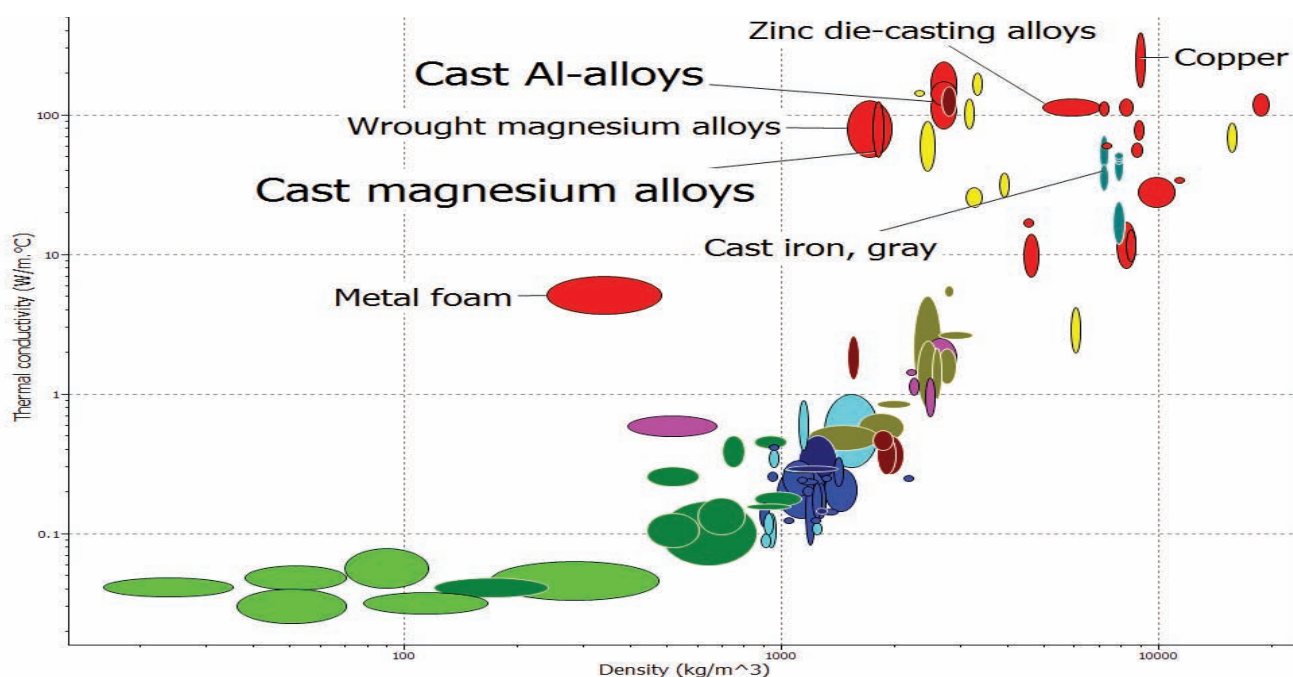
Offertförfråging

Offertförfrågan för fräsning av lamphus visade att det skulle krävas många olika verktyg för att tillverka lamphuset med fränsning och att priset och tidsåtgången inte skulle göra det hållbart. Ingen faktisk offert för fräsning erhöles därmed.

Offerten för gjutning visade att styckpriset per lamphus skulle bli ungefär 320 kr, räknat på en serie på 500 stycken, där verktygskostnaden skulle stå för 107 kr av styckpriset. Det kom även fram att hål för skruvar och ränna för packning skulle behöva fräsas ut i efterhand. Minsta tjocklek på flänsar och dylikt för att de ska kunna gjutas är mellan 1,5 och 2 mm.

Materialvärderare Granta CES

De två material som visade sig vara bäst för ändamålet enligt Granta CES är magnesium och aluminium. Magnesium har lägst densitet av de två men aluminium har bättre värmeledningskonstant. Aluminium kostar dessutom mindre, kräver mindre energi att ta fram och har ett lägre *carbon footprint* vid anrikningen. Figur 29 visar densitet kontra värmeledningsförmågan för ett antal material.



Figur 29. Materialval från Granta, densitet kontra värmeledningsförmåga

Analys och slutsatser

Då fräsning inte var möjligt och gjutning erbjud ett rimligt pris i förhållande till de fördelar som uppkommer med ett lamphus i ett stycke bestämdes det att huset skulle gjutas och sedan efterbearbetas. Eftersom offerten endast inkluderar gjutning blir priset något högre på grund av efterarbetet som krävs.

Aluminium var det klart bästa materialet vad gäller de flesta egenskaper förutom densiteten. En väldigt viktig parameter som tillslut avgjorde att huset skulle gjutas i aluminium är värmeledningsförmågan där magnesiumlegeringen har hälften så bra värmeledningskoefficient som aluminiumlegeringen som används vid gjutning.

Sammanfattning av beslut:

- Huset gjuts i ett stycke och detaljer efterbearbetas därefter
- Huset tillverkas i en aluminiumlegering avsedd för gjutning, Aluminium LM25TF

9.1.2 Linser och dioder

Nedan presenteras resultat av metoderna som utgjorde beslutsgrunden för bestämning av linser och dioder. Här redogörs också för tolkningen av resultatet samt besluten som togs.

Intervju Aluwave AB

Enligt Jörgen Kjällström är linser effektivare än reflektorer vad gäller fokusering av ljus eftersom reflektorer nästan alltid släpper ut ströljus. Vore reflektorn perfekt skulle ljuset färdas parallellt och ljuskäglan skulle bli lika liten som reflektorns storlek. Oavsett optik är det svårt att uppnå en helt homogen ljusbild, eftersom ljuset färdas längre i ytterkanterna jämfört med ljuset i mitten, enligt Kjällström. Vid användandet av en glasruta på framsidan av huset minskar ljusstyrkan med ungefär 10 % på grund av ljusets brytning. Glaset kan antireflexbehandlas för att minska förlusten i styrka, men detta innebär samtidigt att glaset blir känsligare för repor. Behandlingen ökar ljusgenomsläppet hos glas genom att ett ämne appliceras på ytan.

Sammanfattning av intervju:

- Reflektorer är generellt sämre än linser
- Homogen ljusbild är svår att uppnå, intensiteten är högst i mitten
- Glasruta minskar ljusstyrkan med ungefär 10 %
- Glas kan antireflexbehandlas på båda sidor av glaset för att minska förluster i ljusstyrka

Ljusberäkningar

En teoretisk beräkning på vad dagens lampa med dioden CREE XP-G, spridning 11°, borde ge visade 46 700 lux per diod och med dioden CREE XM-L, spridning 14°, visade 29 000 lux.

Beräkningar gjordes även på CREE XB-D där olika gradtal användes för att få fram en teoretisk diameter på ljuskäglan. Tabellen nedan visar diametern som erhöles för FWHM.

Tabell 1. Gradtal och motsvarande diameter för CREE XB-D

Spridningsvinkel	9°	10°	11°	12°
Diameter	7,87 cm	8,74 cm	9,62 cm	10,51 cm

Eftersom teorin inte stämmer överrens med vad verkliga tester visar har en stor säkerhetsmarginal används i beräkningarna nedan. Det har antagits att det behövs 100 000 lux vid beräkningarna och värdena visar hur mycket ljusflöde (lumen) varje diod måste avge för olika gradtal och olika antal dioder per lampa för att uppnå denna ljusintensitet. I enlighet med vad företaget anser om antalet dioder samt vad som kan antas vara rimligt, testades två till fyra dioder per lampa.

Tabell 2. Antal lumen som krävs för att uppnå 100 000 lux med olika gradtal och antal dioder

Diod/ spridningsvinkel	9°	10°	11°	12°
4 st	121,5 lm	150 lm	181,5 lm	650 lm
3 st	162 lm	200 lm	242 lm	259 lm
2 st	243 lm	300 lm	363 lm	433,5 lm

Slutligen har en beräkning utförts på hur mycket ström som krävs från varje diod för att uppnå 100 000 lux i teorin. Resultat visas för olika antal dioder per lampa och för olika gradtal på linserna. Testerna utfördes på dioderna CREE XB-D.

Ljustester

Tabell 3. Strömstyrka som krävs för att uppnå 100 000 lux med olika gradtal och antal dioder

Antal dioder/ spridningsvinkel	9°	10°	11°	12°
4 st	<350 mA	400 mA	560 mA	650 mA
3 st	450 mA	625 mA	750 mA	1 000 mA
2 st	Fungerar ej med vald kylning/diod			

Mätningar utfördes både på CREE XP-G och på CREE XM-L. Lampan testades vid 100 % effekt och resultatet nedan anger hur mycket lux som uppmättes för olika dioder. Fyra olika dioder av varje typ testades för att uppmärksamma variationer i ljusstyrka.

Testerna visar att det teoretiska värdet är ungefär dubbelt så stort som det uppmätta.

Tabell 4. Uppmätt antal lux för två olika dioder

CREE XP-G 11°	22 000 lx	22 000 lx	23 000 lx
CREE XM-L 14°	11 000 lx	12 000 lx	12 000 lx

Empiriska tester utfördes även på flera kirurglampor som används i branschen idag och resultatet visas nedan. Mätningen utfördes på ungefär 50 cm och 50 % effekt.

Tabell 5. Uppmätt ljusintensitet i lux och motsvarande diameter på ljuskägla för olika lampor.

Modell	Ljusintensitet	Ljuskägla diameter
Äldre modell	13 000 lx	7cm
Nyare modell	26 000 lx	8cm
Nyast modell	45 000 lx	16cm

Analys och slutsatser

Med antagandet att ljusstyrka från dioder går att addera direkt har LEDX Cobra II en ljusintensitet på ungefär 132 000 lux som bäst, vilket är mycket mer än de kirurglampor som finns i dagsläget. Skillnaden är att ljuset sprids mer vilket innebär att snävare linser behövs för att leverera rätt ljusbild.

Multilinser undersöktes och det konstaterades att de troligtvis skulle behöva specialbeställas för att leva upp till ljuskraven samtidigt som de hade rimlig storlek. De multilinser som fanns tillgängliga skulle behöva testas för att undersöka ljusbilden, men långa ledtider gjorde det omöjligt att utföra inom tidsramen för projektet. Ekonomikraven på produkten och osäkerheten kring linsernas förmåga gjorde att detta alternativ avsågs trots möjliga fördelar storleksmässigt.

Eftersom kylningen inte klarar av att kyla ner LEDX Cobra II vid 100 % effekt och stillastående bruk, antas det att lampan inte får överstiga 40 % effekt för att fungera, vilket innebär att varje diod inte får överstiga 520 mA. Beräkningarna visade att en lampa med två dioder inte var tillräckligt. Osäkerheten i teorin tillsammans med förluster som uppkommer i bland annat skyddsglasat framtill, gjorde att tre dioder också valdes bort trots att beräkningar visade att det finns en teoretisk möjlighet. För att leverera tillräcklig ljusstyrka och samtidigt inte överstiga mängden ström per diod bestämdes antalet dioder, med hjälp av testerna och beräkningarna ovan, till fyra stycken. Reflektorer uteslöts efter intervjuen på Aluwave AB, och det bestämdes att dioderna skulle utrustas med passande singellinser.

Initialt valdes dioder med beteckningen CREE XB-D, då det fanns linser med både 8° och 10° spridning i samma storlek till dessa dioder. Utvecklingen av lamphuset kunde därmed fortsätta utan att linspridningen behövde bestämmas exakt innan riktiga tester utförts. Dessa linser var även lägre och möjliggjorde tätare packning av komponenter än vad de alla flesta linser gjorde. Vid leverans av linserna visade tester dock att linserna inte levde upp till specifikationerna och ett byte av dioder och linser fick utföras. Dioder med beteckningen CRE XT-E valdes då linserna till denna diod också hade både 8° och 10° spridning i samma storlek. Dessa linser tillhör samma familj linser som LEDX Cobra II använder och som redan testats, därför antogs de också fungera korrekt enligt specifikationer. Nackdelen blev att lamphuset fick anpassas och förstoras för de större linserna men samtidigt erhöles starkare dioder än de tidigare valda.

Sammanfattning av beslut:

- Fyra dioder av typen CREE XT-E
- Två linser från familjen Leila är alternativ, CA12816_LXP2-RS2 med 8° spridning eller CP12817_LXP3-RS2 med 10° spridning.
- Effekten får inte överstiga motsvarande 40 % på LEDX Cobra II, det vill säga varje diod får maximalt använda 520 mA.

9.1.3 Kylning

Resultatet av de moment som genomfördes för att lösa kylningen av lamphuset, samt analys av dessa och påföljande beslut presenteras nedan.

Intervju Aluwave AB

Under intervjun konstaterades det att kretskortet som dioderna är fästa på bör vara på ett aluminiumchip för att minimera förluster i värmespridning och för att sprida värmen mer jämnt ut till kylflänsarna. Kylflänsar med fenor kan fungera bättre än kylflänsar med pinnar vid stillastående bruk om de är riktade på ett vis som gör att luften stiger längs med fenorna, enligt Kjällström. Ett bra avstånd för att tillåta att självkonvektion sker är 4 mm mellan flänsarna. Vid användning av fläkt krävs det endast lite effekt från fläkten för att sänka temperaturen nämnvärt vilket kan motivera användningen av fläkt anser Kjällström.

Sammanfattning av intervjun:

- Aluminiumkort sprider värmen bättre än vanliga kort i plast
- Bra avstånd mellan flänsar är cirka 4 mm för att uppnå självkonvektion
- Material, tjocklek och kontaktyta är viktiga parametrar för kylflänsens effektivitet
- Redan vid små luftströmmar förbättras kylförmågan avsevärt
- Så många dioder med så lite effekt som möjligt är bäst ur värmesynpunkt

Kyltester

Testerna utfördes på en LEDX Cobra II som för testens skull byggts om i fem olika utföranden:

- Pinnkylflänsar i standardutförande
- Längre pinnkylflänsar
- Kylflänsar med fenor
- Pinnkylflänsar i standardutförande med fläkt
- Längre pinnkylflänsar med fläkt

Resultatet av testerna presenteras nedan. För de fall där kylning inte fungerade visas tiden då lampan nådde 75° C. I annat fall visas maxtemperaturen som uppnådes.

Tabell 6. Kyltester av LEDX Cobra II i olika utföranden och på olika effekt

Utförande/Effekt	100%	40%
Pinnkylflänsar i standardutförande, yta 164 cm ²	3,9 min	69° C
Långa pinnkylflänsar, yta 236 cm ²	4,21 min	67° C
Kylflänsar med fenor, yta 133,5 cm ²	5,37 min	64° C
Pinnkylflänsar i standardutförande med fläkt på låg effekt, yta 164 cm ²	54° C	-
Längre pinnkylflänsar med fläkt på låg effekt, yta 236 cm ²	60° C	-

Kyltesterna visade att inga konstruktioner utan fläkt klarade av att kyla ner LEDX Cobra II på full effekt, utan lampan stängdes automatiskt av då temperaturen överstigit 75° C. Vid användning av fläkt som komplement till kylflänsarna kunde en temperatur under 75° C upprätthållas även vid full effekt på dioderna och en svag effekt på fläkten. Testerna visade att kylflänsar med längre pinnar inte påverkade sluttemperaturen något nämnvärt trots den ökade ytan. Det framgick också att kylflänsar med fenor fungerade bättre än kylflänsar med pinnar, trots mindre yta, vilket stämmer överens med teorin om kylflänsar vid stillastående bruk. För utförligare resultat av testerna se bilaga 11.

Kylflänsarna i alla utförda tester är tillverkade i aluminium med en högre värmeledningsförmåga än legeringen som används vid aluminiumgjutning. Detta innebär att värmeavledningen blir långsammare med gjutna kylflänsar än vad testerna visar men sluttemperaturen bör inte påverkas nämnvärt.

Beräkningar av de kylflänsar som finns på nuvarande LEDX Cobra II visade att en kylfläns som täcker fyra dioder har en yta som gränsar mot luft på ungefär 109 cm².

Analys och slutsatser

Eftersom lamphuset ska tillverkas i ett stycke blir möjligheterna stora att utforma en kylfläns som en del av lamphuset. Eftersom det finns dioder och linser som kan uppfylla kraven för ljusstyrka vid mindre än 40 % effekt och kylningen klarar av detta enligt testerna, valdes fläkten bort då den har flera nackdelar som nämnts innan. För att vara säker på att kylningen klarar av att stabilisera temperaturen under 75° C bestämdes det att ytan måste vara ungefär lika stor som kylflänsarnas yta som täcker fyra dioder på LEDX Cobra II.

Valet av tillverkningsmetod för lamphuset gjorde att pinnar till kylflänsen kunde uteslutas, på grund av svårigheten att gjuta dessa, och fenor kunde väljas istället. Tester och teori bekräftade dessutom att fenor kyler bättre än pinnar vid stillastående bruk. För att självkonvektionen skulle bli tillräckligt bra, bestämdes avståndet mellan fenorna till minst 4 mm, detta efter information från Aluwave AB och undersökningar av standardkylflänsar. Fenornas tjocklek bestämdes till 2 mm, bortsett från släppningsvinklar, för att kunna tillverkas på ett smidigt sätt och vara tillräckligt breda för kylningen utan att väga för mycket. Även här användes information från Aluwave AB samt undersökningar av standardkylflänsar som beslutsunderlag.

Sammanfattning av beslut:

- Kylflänsens yta mot luft ska vara ungefär 109 cm²
- Fenor ska användas till kylflänsen
- Fenornas tjocklek ska bortsett från släppningsvinklar vara runt 2 mm och mellanrummet mellan fenorna ska vara minst 4 mm

9.1.4 Förslutning

Här redovisas resultat av processen för att lösa förslutningen av lamphuset tillsammans med analys och slutsatser för området.

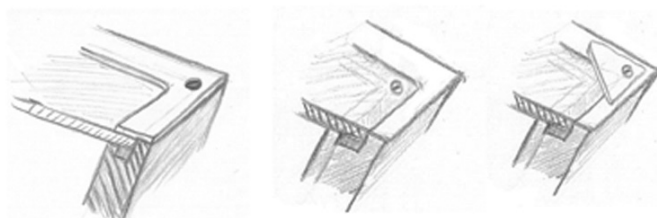
Brainstorming

Brianstorming ledde fram till två olika lösningsförslag för vidareutveckling. Det första förslaget består av ett böjt glas som går över kanten och ner längs lamphusets sida. Glaset fästs med skruvar och tätas med en o-ring. Det andra förslaget innebär att glaset ligger platt och fästs med skruvar i hörnen av lamphuset. Tätning sker med en o-ring som ligger innanför skruvarna mellan glaset och huset.

Under vidareutvecklingen jobbades det fram en lösning där en urfräsning i lamphuset främre innerkant skulle rymma packningen och glaskanten, vilket upplevdes passa bättre för produktens uttryck. Den första lösningen med böjt glas valdes här bort för att det utstickande glaset inte skapade det för produkten sökta uttrycket.

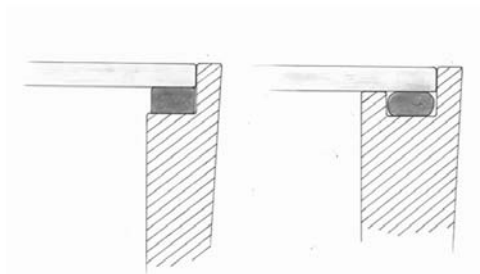
Den kvarvarande lösningen vidareutvecklades och tre olika sätt att montera glaset och packningen med tillräcklig kraft togs fram. Lösningarna presenteras nedan i form av skisser.

Den första lösningen innebär att en ram går runt hela lamphuset och skruvas ihop med skruvar i hörnen. Den andra lösningen använder skruvar direkt i glaset för att hålla det på plats och den tredje består av brickor i hörnen där skruvarna skruvas fast.



Figur 30. Tre fästmöjligheter för glaset

Två lösningar för hur packningen ska placeras arbetades fram. Den första lösningen innebär att en o-ring placeras i ett dike urfräst i ytan som glaset vilar på. Diket går på insidan av skruvarna. Den andra lösningen använder istället en platt packning med samma dimensioner som ytan den ska placeras på. Lösningarna presenteras nedan.



Figur 31. Packningsmöjligheter

Konsultation Göran Brännare

Vid mötet med Göran Brännare diskuterades de två olika packningslösningarnas fördelar mot varandra. Båda ansågs fungera väl men det fanns fördelar med att välja lösningen med en ränna och o-ring då de finns i standardutförande, vilket gör att packningen inte behöver specialtillverkas. Vid en skruvstorlek av M2 och uppåt, ansågs bara en skruv utan ram eller bricka i varje hörn räcka för att få tillräckligt tryck från glaset mot packningen utan att glaset böjs. Alla tre lösningarna anses fungera för att fästa glaset och klara av täthetskraven.

Modeller

Modelltestet visade att det räckte med endast skruvar i lamphusets hörn för att hålla fast glaset med tillräckligt tryck.

Analys och slutsatser

Materialet för skyddsglasets valdes till PETG-plast med en tjocklek på 1 mm. Det är samma material och tjocklek som återfinns i glaset på orienteringspannlampan LEDX Cobra II och är därmed ett beprövat material för ändamålet.

Till följd av resultatet från diskussionen med Göran Brännare valdes lösningen med en o-ring för att täta mellan lamphuset och glaset. Lösningen innebär att det inte krävs någon specialtillverkning utan en standardpackning kan appliceras. För att hålla fast glaset och packningen valdes lösningen med endast skruvar, då det är det enklaste sättet och det mest kostnadseffektiva. Endast skruvar tillför heller ingen stor vikt till lamphuset. Konsultationen med Göran Brännare och det faktum att utrymmet för skruvarna är minimalt gjorde att storleken på skruvarna sattes till M2.

Sammanfattning av beslut:

- Skyddsglas med tjocklek 1 mm tillverkas i PETG-plast
- O-ring används som tätning i en urfräst ränna
- M2-skruvar används i lamphusets hörn för att hålla nere glaset och packningen

9.1.5 Komponenter

Resultatet av de moment som utfördes för att bestämma komponenter och placera ut dem redovisas nedan. Här visas även påföljande analys och fattade beslut i frågan.

Empirisk studie för värmeisolering

Under studien framkom det att alla testpersoner upplevde det obehagligt att hålla i aluminium över 40°C. Aluminium med högre temperaturer än detta gick att vidröra under en kort stund men testpersonerna undvek att greppa biten.

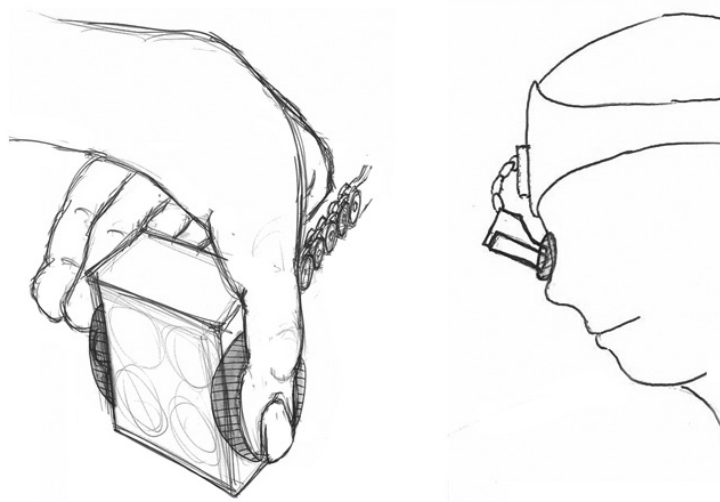
Empirisk studie för greppyta

När det undersöktes hur en testperson föredrar att justera pannlampan på en annan individ framkom det att samtliga testpersoner tyckte det var naturligt att anpassa pannlampan genom att med ena handen greppa sidorna på lamphuset, oftast ovanifrån för att ej skymma ljuset, och med andra handen hålla tag i leden. När personerna fick justera lamphuset på sig själva var resultatet delat och strax under hälften föredrog istället att greppa lampan på ovan och undersidan. Studien visade även att lamphuset blev lättare att ställa in till korrekt position då fästet satt i överkant på lamphuset.

Analys och slutsatser

Kravet på ljusstyrkan i kombination med den valda kylningen innebär att lamphuset troligtvis inte kommer vara svalare än vad som upplevs som obehaglig enligt tester, vilket gör att det krävs greppytor för att kunna justera lamphuset. När lampan används under operation justeras den främst av utomstående och eftersom tester visat att lampan helst justeras med sidogrepp i dessa lägen, placeras greppytor på sidorna. Kirurgen justerar oftast bara lampan när den är avstängd och sval varvid en isolerande greppyta upptill anses överflödigt.

Normal arbetsposition på lampan innebär dessutom en risk att bränna sig vid näsroten och därför beslutades det att införa en värmeisolerande remsa i lamphusets nederkant.



Figur 32. Ytor på lamphuset som användare kommer i kontakt med

Till kretskortet i lamphuset behövs det en sladd med fyra elektriska ledare från elektronikboxen. Två av ledarna behövs för att lysdioderna ska fungera och två behövs för att kontrollera diodernas temperatur. Ledarna måste fästas på kretskortet antingen med hjälp av direkt lödning eller genom kopplingsplintar. Kopplingsplintarna kan i sin tur vara olika stora beroende på hur många ledare de är anpassade för. Utöver plintarna behöver kretskortet även ha plats för linserna och sladdinföringen.

Sladdinföringen placeras i mitten vilket utöver utrymmesvinsten bidrar till möjligheten att placera sladden runt och ovanför leden och därmed minska risken för klämning av sladden då lamphuset justeras. För att minimera monterings tiden för komponenterna på lamphusets kretskort beslutades det att kopplingsplintar ska användas för ledarna i sladden. Plintarna bedöms som små och bidrar inte till någon stor storleksökning jämfört med effektiviseringen i montering. Fyra stycken enkelplintar valdes framför till exempel två dubbelplintar eftersom de tog minst plats.

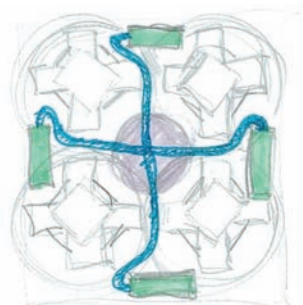


Figur 33. Sladdens placeras i kretskortets mitt



Figur 34. Klämrisken minskar då sladden leds runt länken

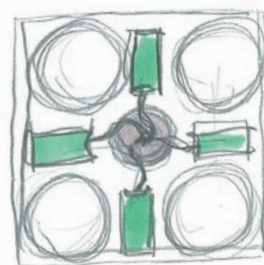
Efter det första beslutet att använda dioderna XB-D med passande linser, utformades ett kretskort där sladdingången och kopplingsplintarna placerades i det utrymme som uppstod på grund av linsernas utformning. Lamphuset var med dessa dioder och komponentplacering mindre och kretskorten blev likaså. När beslutet senare ändrades utformades ett nytt, större kretskort för XT-E dioder och motsvarande linser, vilket medförde att lamphuset och kretskorten fick breddas för att få plats med sladdingången och kopplingsplintarna.



Figur 35. Gamla linser och komponentplacering



Figur 37. Gamla och nya linser



Figur 36. Nya linser och komponentplacering

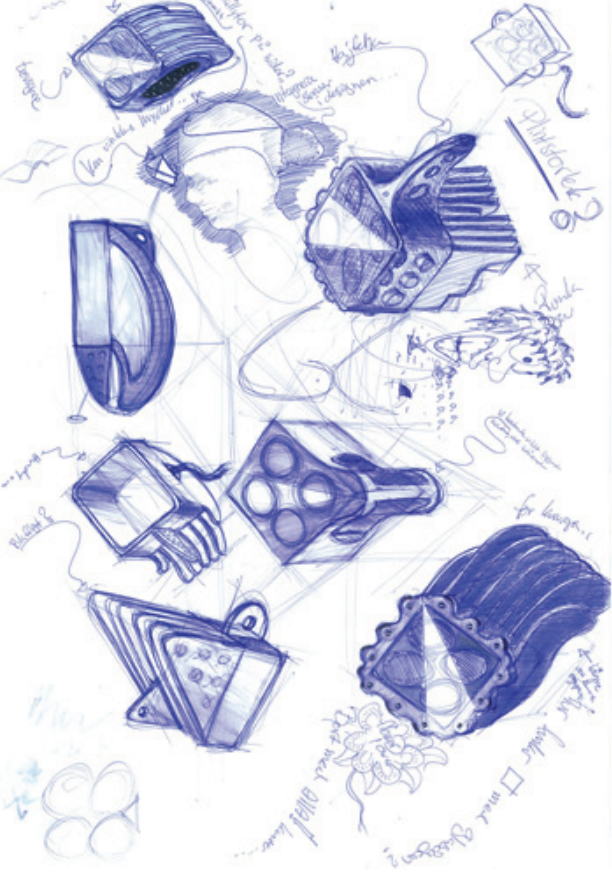
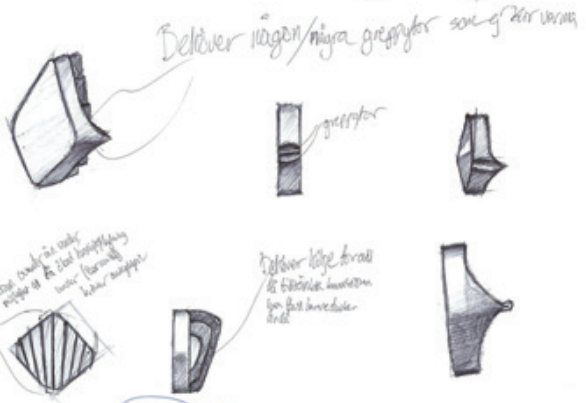
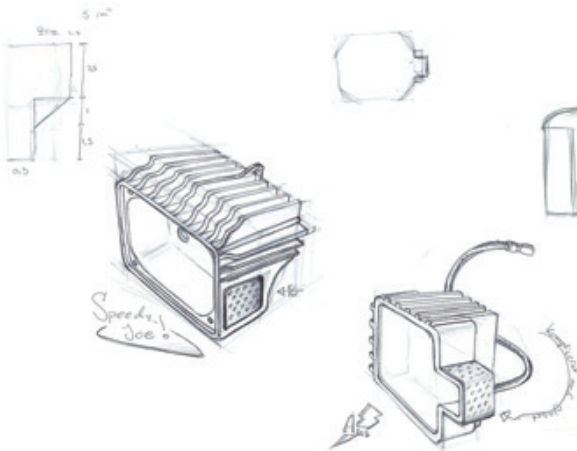
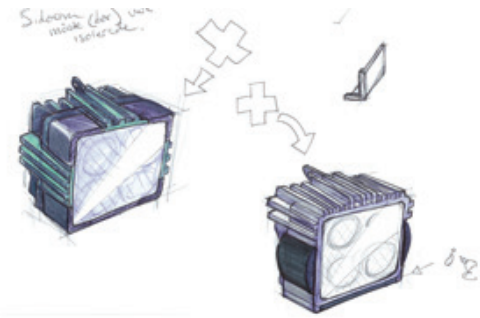
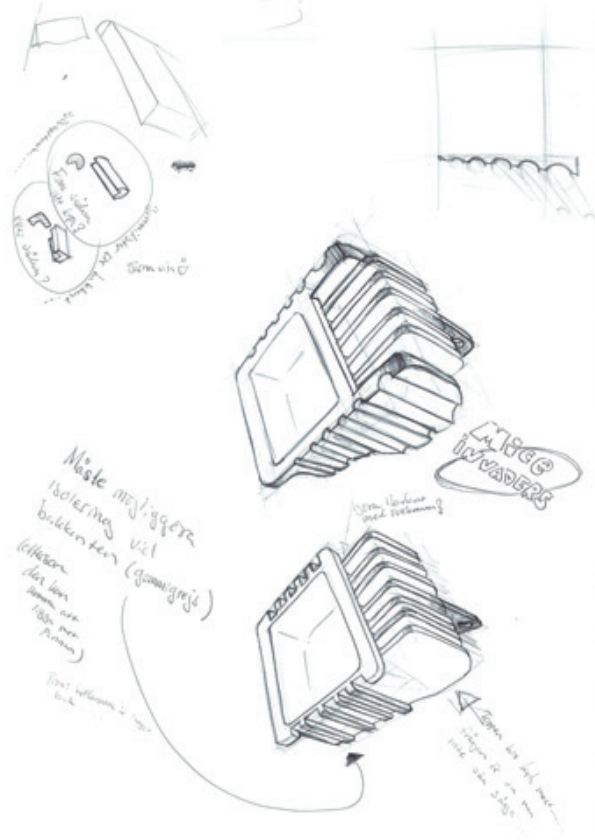
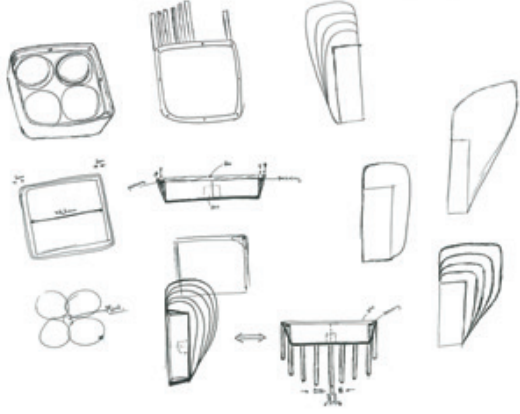
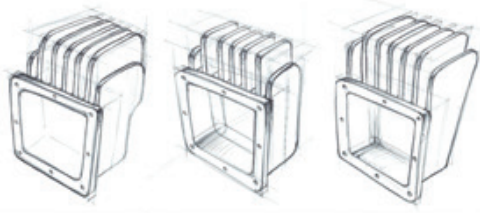
Sammanfattning av beslut:

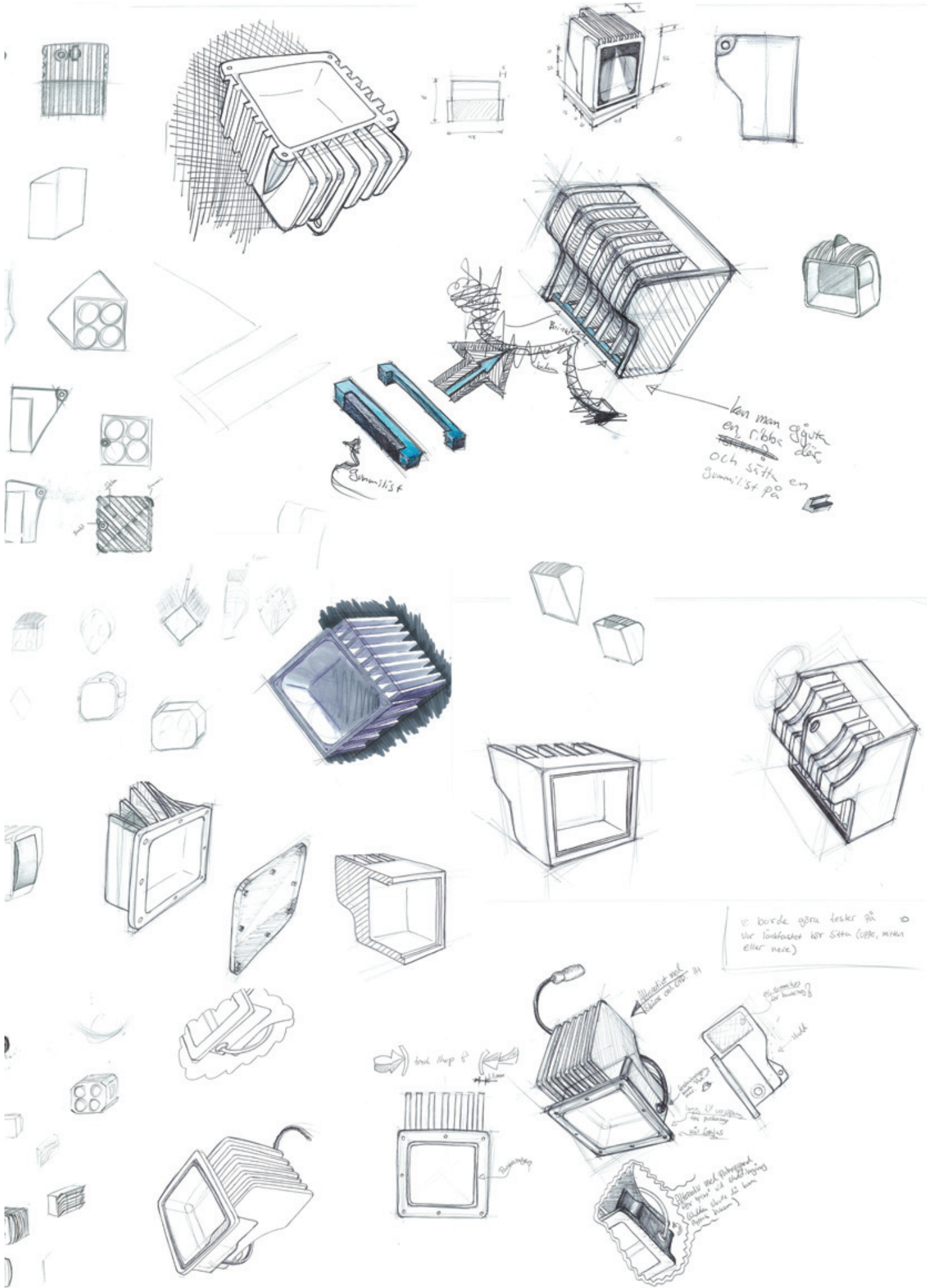
- Greppytor placeras på lamphusets sidor
- En isolerande remsa placeras på lamphusets undersida
- Sladdinföring placeras i mitten
- Fyra stycken kopplingsplintar för sladdens ledare placeras mellan dioderna
- Ett kretskort för XT-E dioder utformades

9.1.6 Utformning

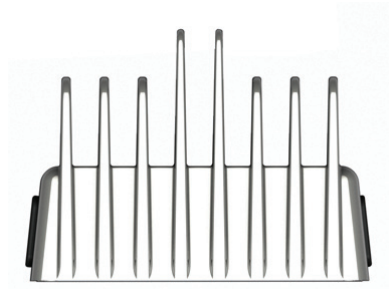
Med hjälp av först idéskisser och sedan 3D-modeller itererades formen stegvis fram. Tidigt i formgivningens processen togs ett beslut om att göra lamphuset kvadratisk, utan att vinklas, då detta gav större möjligheter till god utformning, och dessutom var fördelaktigt ur tillverknings synpunkt. Målet med utformningen var att ta fram det efterfrågade uttrycket; funktionell, professionell, komfortabel och lätt. Utformningen påverkades i stor utsträckning av de begränsningar som framkommit under utvecklingen. Att huset ska gjutas innebar bland annat att inga delar fick vara tunnare än en 1,5 mm, samtidigt som vikten ställde krav på tunna delar. Gjutningen innebar också att det krävdes släppningsvinklar för att tillverkningen ska vara möjlig. Olika idéskisser visas på nästa uppslag.

THE THREE STAGES





Husets mått och grundform bestämdes främst av antalet linser och dioder som krävdes. Formen började med ett rätblock som effektivast packar de fyra dioderna och linserna. Under utvecklingen mjukades husets fyrkantiga hörn och bakkant upp för att skapa ett lättare och inte lika stelt uttryck. Släppningsvinklarna som krävdes för gjutning överdrevs till viss del för att förstärka det lätta uttrycket.



Figur 38. Lamphuset rakt ovanifrån

Storleken på kylflänsen på baksidan bestämdes främst av hur mycket yta som krävs för kylning, hur tjock varje fena måste vara, samt hur mycket mellanrum som krävs mellan fenorna. En grundform med lika långa och höga fenor över hela baksidan togs fram och utifrån det formades kylflänsen.

Fenorna gjordes kortare i nederkant för att minimera risken för kontakt med kirurgen, vilket i sin tur ledde att de blev högre ovan till för att behålla ytans storlek. Efter idéskissande och olika CAD-modeller bestämdes kylflänsens slutgiltiga profil. Baksidan fick en ganska strikt form för att behålla stilrenheten men samtidigt tillämpades en viss kurvatur för att skapa en mer komfortabel känsla och passa de rundningar som utformats på lamphusets hörn och bakkant. För att stärka det enhetliga uttrycket mellan grundformen och kylflänsen ytterligare, utformades fenorna så att de fortsatte över toppen på grundformen. Dessutom överdrevs fenornas släppningsvinklar för att mjuka upp mötet mellan huset och kylflänsen, vilket förstärker det gemensamma uttrycket.

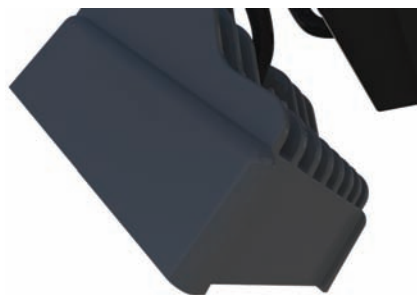


Figur 39. Kylflänsar i profil



Figur 40. Kylflänsar ovanifrån

För att isoleringen på lamphusets bottenyta inte skulle bryta upp den enhetliga formen gjordes en försänkning i lamphuset där en gummilist kan placeras. Då isoleringen på sidorna inte behöver vara lika tjock, har inga försänkningar gjorts för dessa. Sidoförsänkningarna hade inneburit en större vägg tjocklek samtidigt som tillverkningsproblem hade uppstått.



Figur 41. Insänkning för isoleringen

9.2 Elektronikbox

Här presenteras resultatet av utvecklingsarbetet kring elektronikboxen och dess delar.

9.2.1 Tillverkning och material

Nedan redovisas momenten i beslutsprocessen för val av tillverkningsteknik och material, samt påföljande analys och slutsatser.

Datainsamling

När det gäller tillverkningsmetoder fanns stor tillit till Antal Boldizars kunskaper, och eftersom inga bra alternativ uppkom valdes formsprutning snabbt som tillverkningsmetod.

Den komponent som studerades för konstruktionen av fästmekanismen på elektronikboxen förmodas vara tillverkad i ABS och därför undersöktes denna plast i första hand. ABS är benämningen på en familj termoplaster med många ingenjörsmässigt fördelaktiga egenskaper som ofta används i vardagsprodukter. Den har hög slagseghet, goda termiska egenskaper och är enkel att tillverka och färga. Densiteten ligger mellan 1.05 g/cm^3 och 1.07 g/cm^3 vilket är ett vanligt värde, och maximala användningstemperaturen ligger mellan 71° C och 93° C .²⁷ ABS går även mycket bra att återvinna så länge inga miljöfarliga tillsatser, till exempel i form av bromerade flamskyddsmedel, har adderats.²⁸ En nackdel är att ABS är känslig mot UV-ljus och därmed inte bör användas för varaktigt utomhusbruk.⁵

Analys och slutsatser

ABS ansågs vara ett fullgott alternativ egenskapsmässigt för att tillverka plastdetaljerna. Något som är avgörande är tillverkningsegenskaperna som för ABS är goda och därför bör innebära att de materialberoende tillverkningskostnaderna hålls nere. Maxtemperaturen för användning är tillräcklig då kretskortet i elektronikboxen absolut inte kommer uppnå 70° C . Vad gäller miljöaspekten så är ABS varken bättre eller sämre än de flesta vanliga plaster, utan går att återvinna i de flesta fall. Med detta som grund valdes ABS som rekommendation för produktens plastdetaljer.

Sammanfattning av beslut:

- Plastdetaljer tillverkas i ABS-plast
- Plastdetaljerna tillverkas genom formsprutning

9.2.2 Konstruktion

Här visas resultat från genomförandet av konstruktionsbestämningen av elektronikboxen och fattade beslut i frågan.

Beräkningar

De delar som behövde passas in på kretskortet var följande:

- Komponenter på befintligt kretskort på LEDX Cobra II med arean 676 mm^2
- Tre kopplingsplintar med måtten $13,1 \text{ mm} \times 7,9 \text{ mm}$ per styck
- Plats för inkoppling av knapp uppskattad till 10 mm^2
- Plats för två kabelgångar uppskattade till måtten $11 \times 11 \text{ mm}$ per styck

Minsta möjliga area för kretskortet blev med dessa mått $1\,238,5 \text{ mm}^2$. Måtten sattes därför till $32 \times 40 \text{ mm}$ för att ge en liten säkerhetsmarginal. Den högsta komponenten på kretskortet är dragavlastningen för sladden, 10 mm , vilken ger minimimått för höjden inuti elektronikboxen.

²⁷ Smith, W.F. Hashemi, J. *Foundation of material science and engineering*

²⁸ Elkretsen

⁵ Nationalencyklopedin

Studie av befintlig lösning

Utformningen på elektronikboxens fästordning togs i stort sett rakt av från den studerade komponenten (cykellampa) utan att förändras för att säkerställa att komponenten skulle fungera rent tekniskt. Den slutgiltiga utformningen syns på bilderna nedan.



Figur 42. Fästfunktion öppen



Figur 44. Fästfunktion stängd



Figur 43. Vävning på fästplatta

Brukarstudie

Efter en snabb brukarstudie där femton personer provade och utvärderade komforten hos den plastdel av fästet på LEDX Cobra II, som sitter mot selen, och därmed huvudet, var det tydligt att en välvning i horisontalled föredrogs framför den i vertikalled som finns idag. Detta upplevdes som bekvämare av samtliga testpersoner. Bild på fästet visas i figur 43 ovan.

Slutsatser

- Mått på kretskortet blir 32 x 40 mm
- Innerhöjd på boxen behöver vara minst 10 mm
- Måtten på fästordningen tas från befintlig komponent (cykellampa)
- En välvning över pannan i horisontalled används för fästplattan

9.2.3 Komponenter

Resultat och analys av de modelltester som utfördes för att placera ut komponenter på boxen redovisas här, samt efterföljande beslut som fattades.

Modeller

Både handgjorda modeller och utskrivna modeller från 3D-skrivaren användes i detta steg för utvärdering av placering av elektronikboxens komponenter.

Placeringen av de flesta komponenter på kretskortet är godtycklig och bestäms av det tillverkande företaget Br. Voss Ingenjörsmått AB. Det enda kravet är att de placeras så kompakt som möjligt. De komponenter som kräver specifik utplacering är kopplingsplintar, som behöver sitta i förbindelse med de två sladdingångar som krävs för att lampan ska fungera, samt knapp för justering av inställningar. Sladdingångarna är cirkulära med en ytterdiameter på 11 mm som ej kan göras mindre för den kabel som krävs. Själva hålet för sladdingångarna behöver vara 4,5 mm. Knappen är platt med en diameter på 12 mm och hålet behöver vara 2 mm stort.

Undersökningar med hjälp av de modeller av boxen som byggdes visade att placering av knappen på ovansidan eller på sidan av elektronikboxen föredrogs framför placering på framsidan av den. Detta eftersom placering på framsidan innebar att komponenten måste pressas mot huvudet då knappen trycks in, vilket upplevdes som obehagligt och gav mindre kontroll i rörelsen. De andra placeringarna innebar att stöd istället kunde tas med tummen på undersidan respektive motsatt sida när knappen trycktes in. Av dessa alternativ valdes placering på höger ovansida på grund av att det där fanns mer utrymme och då gav möjlighet att minsta djupet på boxen. Vänster ovansida (sett framifrån) valdes då det är vanligare att personer är högerhänta. Detta illustreras i figur 45.

Sladdingången från lamphuset placerades på främre vänstersidan av boxen (sett framifrån) för att sladden skall kunna dras över länken och således inte riskerar att klämmas då länken böjs och trycks ihop eller skymma sikten under användning.

Sladdingången från strömkällan placerades på höger ovansida (sett framifrån) beroende på att det där fanns tillräckligt med plast för genomföringen. Alternativet var någon av sidorna på boxen som då hade behövts göras någon millimeter djupare. Detta undersöktes på modellerna som byggts.



Figur 45. Knappen placerades på ovansidan



Figur 47. Skårer för fäste till hjälmar



Figur 46. Sladdplacering på elboxen

Studier av modellerna visade att en placering av fästet till länken på elektronikboxens övre kant var att föredra. Detta för att länken då fick tillräckligt utrymme att böjas korrekt och på sätt ge goda möjligheter att placera lampan på önskat vis. I horisontalld placerades fästet på elektronikboxens mitt för att centrera lampan i sidled.

Låsmekanismen för att fästa och lossa elektronikboxen placerades på ovansidan för att tyngdkraften skulle hjälpa till att hålla boxen på plats, samt för att reglaget då var lätt att komma åt.

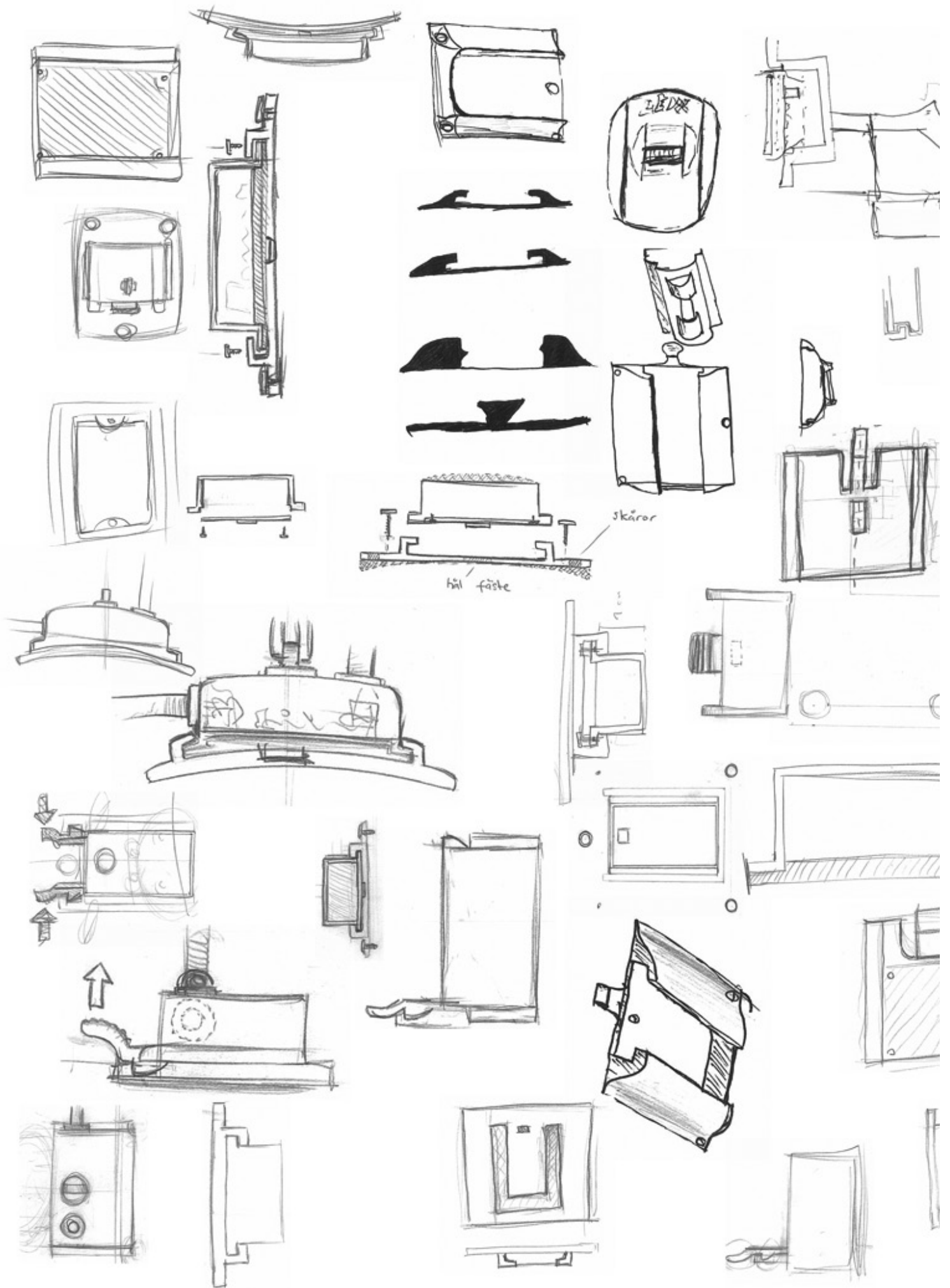
Två skårer adderades på var sida om fästet för att uppfylla det krav som fanns att elektronikboxen med fäste ska gå att använda till andra applikationer än kirurgi. Dessa skårer finns på LEDX Cobra II och möjliggör fäste på till exempel hjälmar av olika slag. Skårornas längd kortades ned från 39 mm till 30 mm efter utskriften av den första 3D-modellen då konstruktionen blev aningen klen i sitt första utförande. Förstärkningar adderades därför för att stärka upp konstruktionen. Detta visas i figur 47.

Slutsatser

- Knappen på elektronikboxen placeras på vänster ovansida
- Fäst för länken placeras centrerat, längst upp på elektronikboxens framsida
- Ingång för sladd till lamphuset placeras på främre vänstersida av elektronikboxen
- Ingång för sladd till strömkälla placeras på höger ovansida av elektronikboxen
- Låsmekanismen placeras centrerat på ovansidan av elektronikboxen
- Två skårer placeras på varje sida av fästplattan
- Kretskortet placeras i botten av elektronikboxen

9.2.4 Utformning

Större delen av elektronikboxens utseende beror på att minsta möjliga konstruktion har använts för att minimera vikt och storlek. De designelement som adderades var förlängningar över boxens framsida av fästena till länken. Detta gjordes av rent estetiska skäl för att få boxen att se mindre konstruktionsmässig ut. De förstärkningar som lades till för att stärka upp konstruktionen runt skårorna i sidorna utnyttjades även för att förena uttrycket på boxen med lamphuset. Ytterligare förstärkningar lades till längs med hela boxens sidor för att efterlikna flänsarna på lampan och skapa enhetlighet. Kollage över designarbetet för elektronikboxen visas som ett kollage på nästa uppslag.



9.2.5 Inställningar

Nedan redogörs för processen att bestämma inställningar för lampan, samt de beslut som tillslut fattades i frågan.

Idégenerering, muntlig utvärdering och diskussion

Utöver den knapp som finns på elektronikboxen beslutades att ett till reglage i form av en strömbrytare placerad på sladden behövdes. Vilka funktioner dessa två reglage skall tillhandahålla baseras på önskemål från brukarstudien och är följande:

- Påslagning och avstängning
- Reglering av ljusstyrka
- Indikation på batterinivå
- Varning för lågt batteri

Under diskussionen framkom argument för att inte ha funktionen för på- och avstängning uppe vid lamphuset. Detta för att denna funktion redan finns på strömbrytaren, samt att den inte kommer utnyttjas eftersom kirurgen själv inte hanterar lampan under användning. Om denne ändå skulle vilja göra detta kan det ske på strömbrytaren på sladden. Ett annat argument var att det kunde orsaka förvirring med samma funktion på två olika reglage. Dock diskuterades viss igenkänningsfaktor på att ha avstängning och påslagning i nära anslutning till lampan eftersom det stämmer överens med den mentala modellen över elektroniska produkter. Övriga kirurgilampor på marknaden har dock inte något reglage vid lamphuset, vilket talar för att den mentala modellen för en kirurgilampa skiljer sig från den allmänna mentala bilden av elektroniska produkter. Slutsatsen blev att den mentala modellen av elektroniska produkter inte var tillräckligt stark för att väga upp för argumenten att inte ha dubbla reglage för av- och påsättningen.

Gruppen var överens om att reglaget på sladden bör vara en strömbrytare med ett av- och påläge. När denna slås på kommer lampan sättas på med högsta ljusstyrka. Detta för att det, grundat på brukarstudien, bedöms vara den mest använda ljusstyrkan. För att reglaget ska vara enkelt att nå både för operationssjuksköterskan och kirurgen bör det placeras på ett sådant avstånd från sladdens ingång i elektronikboxen att det hamnar på användarens rygg. Detta borde vara cirka 40 cm för att passa både män och kvinnor inom den 5:e till 95:e percentilen.²⁹

Reglaget för att ändra ljusstyrka placerades på elektronikboxen, med argumentet att den behöver sitta i nära anslutning till elektroniken för att fungera. Även om operationssjuksköterskan reglerar det här vid behov bedöms placeringen vara acceptabel eftersom intentionen är att detta reglage inte ska behöva användas speciellt ofta tack vare att lampan slås på i det läge som oftast används. Reglaget utformas i form av en knapp där ett kort tryck ändrar ljusstyrkan. Ljusstyrkan kan ändras mellan tre lägen, förslagsvis 40 %, 70 % och 100 %. Från 100 % ger ett knapptryck 70 %, två knapptryck ger 40 % och ett tredje tryck gör att ljusstyrkan återgår till 100 %. Detta kan komma att ändras beroende på om tester av en prototyp ger högre ljusstyrka än väntat. Lägsta värdet bör uppskattningsvis vara runt 15 000 lux då detta var den lägsta ljusstyrkan som ansågs användbar enligt brukarstudien.

Vidare beslutades att reglaget på elektronikboxen även ska tillhandahålla en indikation på batterinivån. Detta sker genom att den hålls inne en sekund. Detta beslut baseras på utvärdering av LEDX Cobra II där samma funktion finns med tidsinställningen fem sekunder, vilket upplevs som väldigt långt. Efter en sekund kommer då en efterföljande blinksekvens, utan att knappen behöver släppas, där fyra blink innebär mer än 75 % batteri kvar, tre blink 75 - 50 %, två blink 50 - 25 % och ett blink mindre än 25 % av batteriet kvar. Efter att indikationen visats skall lampan återgå till det tillstånd som den hade innan kontrollen gjordes.

²⁹ Antropometri.se

När batteriet nästan är slut behöver användaren en varning för att kunna förbereda ett batteribyte eller byte till eluttagssladd. Denna varning behöver vara tillräckligt uppmärksamhetskrävande att den noteras, men får absolut inte störa kirurgens arbete. På grund av detta valdes en dimfunktion där batteriet vid 10 % kvar dimmas ner till lägsta effektnivån och dimmas upp till använd nivå igen automatiskt. Detta bedöms inte störa arbetet då det blir en långsam övergång i ljusstyrka, som inte innebär att lampan behöver justeras om för att fortsätta användas. Alternativ som diskuterades var ett varnande ljud eller en separat liten diod som tänds när batteriet är lågt. Dessa lösningar hade varit bra eftersom arbetsljuset inte påverkas, men valdes bort på grund av att ytterligare elektronik hade behövt adderas till produkten.

Slutsatser

På- och avstängning:

- Sker på sladden
- En strömbrytare med ett av- och påläge styr detta
- Lampan startar med 100 % ljusstyrka

Reglering av ljusstyrka:

- Sker med knapp på elektronikboxen
- Ett klick ändrar ljusstyrka mellan 100 %, 70 % och 40 %

Indikation för batterinivå:

- Sker med knapp på elektroniken
- En blinksekvens visas när knappen hålls inne i en sekund, utan att knappen behöver släppas
 - Fyra blink: Mer än 75 % batteri kvar
 - Tre blink: 75 % till 50 % batteri kvar
 - Två blink: 50 % – 25 % batteri kvar
 - Ett blink: Mindre än 25 % batteri kvar

Varning för lågt batteri:

- Ljusstyrkan dimmas ner till lägsta nivån och dimmas upp igen automatiskt

9.3 Länk

Här redovisas resultatet av aktiviteterna som utfördes för att utveckla länken, samt påföljande analys och slutsatser.

9.3.1 Idégenerering och marknadsundersökning

Idégenereringen resulterade i två olika huvudspår för att sätta ihop länkbrickorna, nita eller skruva med någon typ av skruv. Skruvar som antingen hålls fast med vanliga muttrar, låsmuttrar eller hylsmuttrar. En hylsmutter inkapslar skruven och lämnar ingen synlig skruvände. Marknadsundersökningen gav inget resultat då brickor av den form som önskades, avlänga med två hål i, inte hittades som standardkomponent.



Figur 48. vanlig mutter



Figur 49. Låsmutter



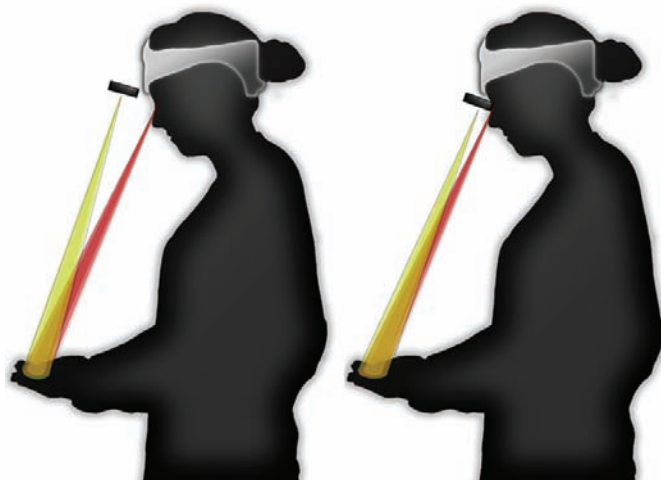
Figur 50. Hylsmutter

9.3.2 Modeller, tester och brukarstudier

Resultatet av studien visade att en länk med tre axlar, tillsammans med de som finns vid fästet till elektronikboxen och lamphuset, är tillräckligt för att kunna placera huset i en korrekt position. En position som innebär att lamphuset vilar på näsryggen och möjliggör att ljuset följer blickens riktning som figur 51 visar. Tester visade också att längden på länken bör vara ungefär 5 cm för att kunna nå ut till många olika positioner, vilket innebär att varje länkbricka bör vara omkring 20 mm lång.

Modeller som byggts upp med utskurna plastbrickor visade att länken snabbt förlorade den önskade trögheten när enbart skruv och mutter användes. Detta innebar att lamphuset inte klarade av att hålla position, men genom att byta ut de vanliga muttrarna mot låsmuttrar försvann problemet.

Nitar har inte detta problem, då de håller närmast konstant tryck, men problemet blir istället att länken inte går att koppla loss i efterhand om någon komponent skulle behöva bytas ut. Nitarna skulle även behöva kompletteras med skruvar och muttrar vid fästena till elektronikbox och lamphus för att dessa ska kunna lösgöras. Att uppnå ett korrekt tryck med nitar anses vara svårt rent monteringsmässigt.



Figur 51. Placering av lampan nära ögonen ger bättre riktning av ljuset.

Under tester visade det sig även att plastbrickor var för sköra då de knäcktes väldigt enkelt. Ett mer hållfast material behövs därför för att länken ska klara av de påfrestningarna som uppstår vid användning.

9.3.3 Konsultation Göran Brännare

Brännare ansåg att nitar var den enklaste lösningen för att hålla ihop brickorna men att slitage vid varje ledad punkt skulle bidra till ett minskat tryck mellan brickorna med tiden. Detta innebär att nitarna skulle behöva bytas ut helt efter ett tag. Skruvar med låsmuttrar ansågs därför vara en bättre lösning eftersom det då går att justera trycket vid behov. Om skruvar med hylsmuttrar ska användas krävs det någon typ av låsningsmekanisk för att förhindra att skruvarna lossar. Exempel på det är någon liknande mekanism som låsmuttrar använder, eller att skruvgångorna doppas i *loctite*, som är ett limliknande ämne som används för detta ändamål.

Vid användning av aluminiumplåt till brickorna bör tjockleken vara minst 1 mm för att ge tillräcklig vridstyvhet för ändamålet. Vidare ansågs skruvstorleken M2 vara tillräckligt stor ur hållfasthetsperspektiv.

9.3.4 Analys och slutsats

För att sammanställa länken beslutades det att en skruvlösning skulle tillämpas då nitar inte tillåter underhåll och ändå skulle behöva kompletteras med skruvar vid fästena. Nitar skulle dessutom innebära svårighet att applicera rätt tryck vid montering. En skruvlösning i hela länken underlättar underhållet och livslängden blir längre då trycket enkelt går att korrigera för användaren, efter en tids slitage. De kirurger som vill specialanpassa sin länk föredrar också en skruvlösning.

För att undvika ett konstruktionsmässigt utseende valdes skruvar med hylsmuttrar för hopsättning av brickorna. Länkens båda sidor får därmed en liknande ände och ett stilrent och symmetriskt uttryck skapas. För att undvika att trycket släpper, beslutades det att en låsmekanisk bör tillämpas på hylsmuttrarna i form av antingen *loctite* eller en låsmutterfunktion. Storleken på skruvarna sattes till M3 eftersom det gav ett bättre helhetsintryck tillsammans med storleken på brickorna, medan M2 såg för litet och klen ut. Vidare bestämdes det att brickorna skulle tillverkas i en 2 mm tjock aluminiumplåt för att få en bra vridstyvhet, slittålighet och ett kvalitativt uttryck. Längden och antalet brickor bestämdes med hjälp av brukarstudier och sattes till sex stycken, 20,5 mm långa brickor.

Slutsatser

- Sex stycken, 20,5 mm långa brickor
- Skruv med hylsmutter, storlek M3
- Låsmutterfunktion eller *loctite* för att hålla skruvar på plats
- Brickor i 2 mm tjock aluminiumplåt

9.4 Huvudsele

Nedan visas resultatet av utvecklingsarbetet kring huvudselen och dess olika komponenter.

9.4.1 Modeller

Inhandlade spännen och stumma, icke elastiska, band från en cykelhjälm användes för att testa lösningen för justering på hjässan. Stumma band valdes att behållas från det nuvarande utförandet på selen då det ger bättre stabilitet till lamphuset genom att förhindra att det vickar när huvudet rörs. Lösningen fungerade enligt modellerna bra och utvärderades inte på något annat sätt. Komponenter till produktionen finns att inhandla hos Bandindustri AB, en av LEDX tidigare leverantörer av kardborre, resårband, stumma band samt plastdetaljer till dessa.

Med hjälp av modellerna kunde även hjulkonstruktionen testas och utvärderas. Innan tester utfördes diskuterades lösningsförslaget och det beslutades att det fortfarande var nödvändigt att ha två justeringsmöjligheter i nacken. Det beror på att det är en stor yta och enbart ett spänne inte skulle ge tillräcklig stabilitet och stöd. På detta sätt bibehålls den komfort som den ursprungliga huvudselen erbjuder, vilket anses vara en fördel då enbart positiv feedback samlats in angående dess komfort.

Hjulreglage togs från inhandlade cykelhjälmars och fästes på huvudselen. Modellerna undersöktes och de visade att hjulkonceptet var en bra lösning som gav en jämn och fast inspänning. Dock var det inte möjligt att spänna ihop selen tillräckligt mycket för att personer med små huvuden skulle kunna använda den korrekt. Orsaken var att spannet på det undre hjulreglaget var för stort. Detta var problematiskt då testade komponenterna hämtades från barnhjälmars, vilket pekar på att det är en av de minsta typerna som finns på marknaden för cykelhjälmars.



Figur 52. Mock-up av hjulreglage

9.4.2 Undersökning av utbud

Det innebar stora svårigheter att inhandla hjulreglage på marknaden överhuvudtaget, förutom som del av en färdig produkt. Det är inte fråga om någon standardkomponent utan varje hjälmstillverkare har en egen typ av hjulreglage som är anpassat efter deras hjälmars vad gäller färg, form och storlek. Det alternativ för att få tag i komponenten som kändes genomförbart var att kontakta lämplig hjälmstillverkare och köpa komponenter av dem. Förutom att företaget kan vara motvilliga till samarbete, skulle detta innebära att komponenten inte är anpassad efter pannlampan över huvud taget och förmodligen skulle behöva bearbetas för att passa, både rent konstruktionsmässigt men också uttrycksmässigt. Alternativet, att tillverka en egen komponent, är inte möjligt med uppdragsgivarens budget.

9.4.3 Analys och slutsats

Resultatet av marknadsundersökningen gav konklusionen att hjulreglage var en bra lösning, om passande komponenter hittas, men att detta kunde bli väldigt svårt. Efter en lång tids letande hade detta fortfarande inte gjorts och ett beslut togs därför om att behålla lösningen som ett förslag, samtidigt som en alternativ lösning började undersökas.

9.4.4 Ny lösning

Det är viktigt att huvudselen går att spänna åt på ett komfortabelt sätt och att justeringen är enkel att utföra. Dessutom är det en stor fördel om det går att utföra med en hand och att det inte uppstår några tveksamheter över hur det ska utföras. Den tidigare modellens justering är utformad så att varje kardborreband måste lossas helt för att spännas åt. Utformningen försvårar den inledande justeringen för många av förstagångs användarna som ofta spänner loss båda banden samtidigt för att ta på sig selen, vilket gör det väldigt svårt att spänna åt den när den väl är på. Denna lösning gör det svårare även för vana användare att reglera selen då en tvåhandfattning krävs. Detta framkom då huvudställningen testats av ett flertal personer som inte varit i kontakt med produkten tidigare. Slutsatsen av detta var att det inte är kardborrelösningen i sig som är dålig, utan snarare sättet den används på, och därför undersöktes en ny lösning med kardborreband.

Efter undersökningar av den gamla lösningen och diskussioner inom gruppen kom ett förslag fram där det undre kardborrebandet fäst i ena änden av selen och löper genom en ögla på andra sidan innan det fästs. Det under fästs på samma sätt men går att vika dubbelt en bit för att passa både män och kvinnor inom den 5:e till 95:e percentilen. Principen återfinns på skor med kardborreknäppning. Lösningen innebär att selen inte öppnas helt när kardborren spänns loss, eftersom den fortfarande löper i ögla, vilket underlättar justeringen både för förstagångsanvändare och vana användare. Det blir även möjligt att justera selen med en hand eftersom kardborren kan spännas åt fästas i samma rörelse.

Denna lösning har även ekonomiska fördelar då den är väldigt billig och enkel att producera eftersom alla komponenter är i standardutförande och montering kan ske genom sömnad i företagets lokaler. Lösningen är dessutom mindre och lättare än ett hjulreglage. Den är också mer diskret, vilket kan vara en fördel då mer fokus istället hamnar på lamphuset där huvudfunktionen för produkten finns. Negativa aspekter är att den kan ge ett sämre kvalitetsintryck då kardborre kan anses vara mindre exklusivt. Dessutom kan en kortare lösning förekomma om huvudselen spänns åt väldigt mycket.

Nya delar inhandlades och även denna lösning testades genom bygge av modeller. Med hjälp av modellerna undersöktes lämplig längd på band och kardborre, för att de ska gå att spänna åt korrekt utan lösa ändar, och även komforten utvärderades. Lösningen visade sig leva upp till de förutspådda egenskaperna och fungerade bra.



Figur 53. Bild på bandmodell

9.4.5 Slutsatser

- Plastskomponent (ryggsäcksspänne) används till justering på hjässan
- Två kardborreband som löper i ögla används för justering i nacken

9.5 Färgsättning

Nedan redovisas resultatet av alla moment i färgsättningsarbetet, analys av dessa samt fattade beslut i frågan.

9.5.1 Undersökning av utbud

Tidigt under arbetet undersöktes möjligheten att få en annan kulör än den befintliga på huvudselen grundkomponent i Dartex. Företaget som tillverkar denna kontaktades och de lade fram ett prisalternativ för att göra den vit istället för den nuvarande mörkt grå. För detta krävdes en beställning av material till 10 000 stycken huvudselar, vilket inte skulle bli ekonomiskt hållbart och den nuvarande färgen fick därför behållas.

Plastdetaljerna som skall formsprutas kan färgas i vilken nyans som helst. Vad gäller lamphuset hade infärgning genom anodisering varit att föredra eftersom det bibehåller metallkänslan hos komponenten och inte ser ut som att man bara har adderat färg på ytan. Anodisering innebär att ett skyddande oxidskikt som går att färga byggs på aluminiumets yta.³⁰ Detta är inte möjligt då komponenten gjuts och därför innehåller kisel som förstör anodiseringsprocessen och ger ett flammigt resultat. Möjligheterna som kvarstår för att färgsätta huset är då lackering vilket inte skulle ge samma uttryck som att anodisera, utan mer bli ett täckande lager utanpå metallen. Detta skulle också försämra värmeledningsförmågan eftersom lacken blir ett isolerande lager. Av denna anledning utslöts även denna färgsättningsmetod och i dagsläget planeras den råa aluminiumytan användas som den är. Övriga begränsningar finns i den sammanställning av förändringsmöjligheter som visas nedan.

Bestämnda	Utseende
<ul style="list-style-type: none"> • Selen 	Mörkgrå plast
<ul style="list-style-type: none"> • Kabeln 	Svart gummi
<ul style="list-style-type: none"> • Linser 	Glaslins med svart/vit plastcylinder runt
<ul style="list-style-type: none"> • Chip 	Svart aluminium
Semi-bestämnda	Valmöjligheter
<ul style="list-style-type: none"> • Skruvar, nitar 	Färg, materialbetroende, eloxeringsbara
<ul style="list-style-type: none"> • Länken(brickorna) 	Färg, materialberoende, anodiserbara
<ul style="list-style-type: none"> • Knappen 	Begränsade färger
<ul style="list-style-type: none"> • Spännen 	Begränsade färger
<ul style="list-style-type: none"> • Band, kardborre 	Begränsade färger
<ul style="list-style-type: none"> • Packning 	Begränsade färger
<ul style="list-style-type: none"> • 	
Förändringsbara	Valmöjligheter
<ul style="list-style-type: none"> • Elektronikboxen 	Färg, form, struktur
<ul style="list-style-type: none"> • Greppyta – hus 	Färg, form, material
<ul style="list-style-type: none"> • Glas 	Tryck – färg och form

9.5.2 Färghandledning

Under färghandledningen med Märit Lagheim diskuterades flera olika alternativ och diskussionen utgick ifrån huvudselens färg som var bestämd. Selen är inte helt svart utan snarare mörkt grå. Detta kunde utnyttjas och genom att övriga komponenter färgsätts med ljusare färger kan ett lättare uttryck hos produkten skapas. Svart känns ofta sportig och tungt vilket inte är önskvärt. Det diskuterades även om färgen i några detaljer skulle dra lite åt blågrönt eftersom många produkter i en sjukhusmiljö har dessa färger. Produkten skulle då passa in i denna miljö bättre. Konkreta förslag var att reglagen på huvudselen skulle ha en lite ljusare grå färg. Om konceptet med ett hjul används ansågs det viktigt att denna komponent inte var för sportig i sin utformning och att färgsättningen passar ihop med resten av produkten så att den inte stjäl för mycket uppmärksamhet genom att sticka ut.

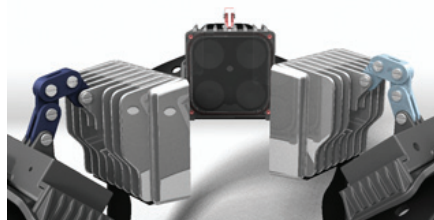
³⁰ Bodycote.se

9.5.3 CAD-modeller

Färgförslag komponerades med utgångspunkt i selens mörkgrå färg och husets aluminiumyta. Förslagen visas i figurerna nedan.



Figur 54. Färgkoncept i gråskala



Figur 55. Färgkoncept

9.5.4 Analys och slutsats

Efter överläggningar inom gruppen beslutades det att en gråskala skulle användas över hela produkten där den mörkaste komponenten blir huvudselen. Alla textildetaljer, elektronikboxen med fäste och länken färgsätts i en ljusare ton av grå. Lamphuset blir rå aluminium och skruvarna i länken och i huset ska eloxeras till samma färg. Eloxering är motsvarande anodisering för stål. Packningen görs i vitt gummi, och alla värmeskydd samt knappen tillverkas i mörkt, matt gummi i samma färg som huvudselen. På plastglaset görs ett semi-transparent tryck i samma färg som plastdetaljerna, textilerna och länken, som täcker den yta som inte sitter framför linserna. Trycket adderas för att dölja elektronik och plastkomponenter inuti huset.

Specifika färgkoder har tagits fram för varje kulör och huvudselens kulör har mätts upp. Dessa kommer högst troligen inte gå att få fram exakt men bör försöka efterliknas så gott det går. Det väsentliga är dock att de komponenter som givits samma kulör får detta, eftersom ett för stort antal olika färger gör att produkten ser spretig ut, samt att färgerna hamnar i rätt ordning från mörkast (sele) till ljusast (lamphus och skruvar). Detta eftersom målet med färgsättningen är att skapa en fin övergång från mörkt till ljust över produkten, att få lamphuset att kännas lätt och smidigt i form av den ljusaste komponenten, samt att ge ett professionellt och stilrent uttryck.

LEDX logotyp kommer göras som en relief på elektronikboxens framsida, under fästet till länken. Detta innebär att den får samma färg som boxen och inte kommer vara särskilt framträdande. Detta motiveras med att kommer användas i en avskild miljö där logotypen inte gör speciellt mycket nytta i marknadsföringssyfte. Att inte framhäva logotypen ger ett mer sobert uttryck, vilket eftersträvas.

Slutsatser:

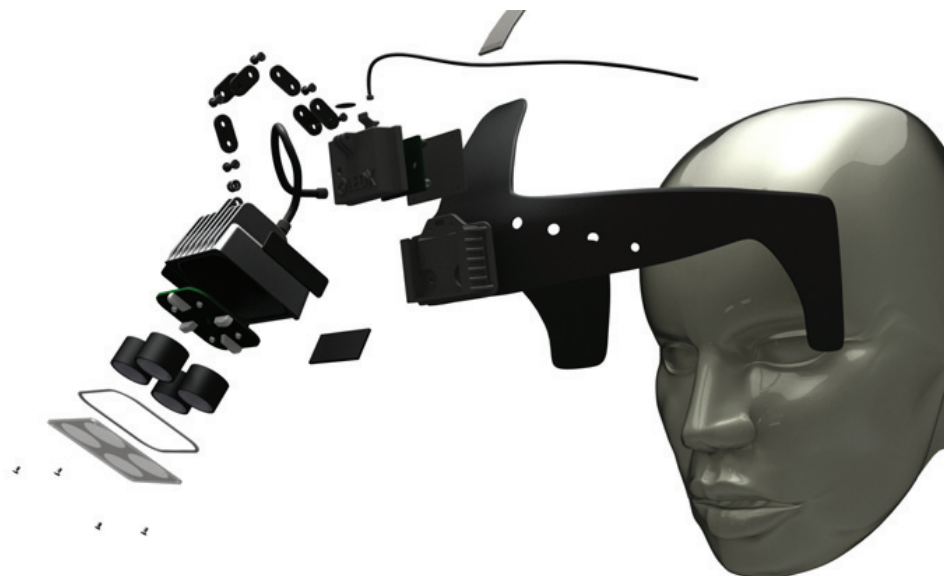
- Huvudsele, gummidetaljer, knapp: NCS S 8500-N (mörkgrå)
- Textilier, Elektronikbox och fäste, länk: NCS S 7502-B (grå)
- Tryck: Transparent NCS S 7502-B (grå)
- Lamphus: Aluminium (ljusgrå)
- Skruvar: Ska likna aluminiumhuset, ljusa och mattade (ljusgrå)
- Packning: NCS S 0500-N (vit)
- Logotyp: relief på elektronikboxen

10 Slutkoncept

I detta kapitel presenteras det slutkoncept arbetet genererade, resultatet av den utvärdering som gjordes av produkten samt avslutande analys och resonemang kring produkten.



Figur 56. Bild på pannlampan i sitt slututförande



Figur 57. Sprängbild på pannlampan

10.1 Presentation

Här presenteras slutkonceptet i sin slutgiltiga form med beskrivningar och bilder av produktens alla delar, samt hur den monteras. Ritningar för alla komponenter finns i bilaga 12.

10.1.1 Lampa

Lamphuset består av en framsida med utrymme för elektronik, dioder och linser, och en baksida bestående av en kylfläns, fäste till länk samt utgång för sladd, se figur 58.

Kylflänsen är uppbyggd av åtta stycken fenor med tjockleken två mm vid husets kant och släppningsvinkel på en grad. Avståndet mellan flänsarna är 4,2 mm vid husets kant. På baksidans mitt återfinns även utgång för sladd och ett fäste för länken ovanför denna sladdutgång, se figur 59.

Fyra stycken dioder av typen CREE XT-E används och linserna som rekommenderas till detta är fyra linser ur familjen Leila, antingen CA12816_LXP2-RS2 med spridning 8° eller CP12817_LXP3-RS2 med spridning 10°.



Figur 58. Färdigt lamphus



Figur 59. Lamphusets baksida

Längst fram på lamphuset monteras ett glas för att skydda innehållet. Glaset är 1 mm tjockt, tillverkat i PETG-plast och fästes med fyra skruvar i lamphusets hörn. Mellan glas och hus placeras en packning i en ränna för att tät konstruktionen.

På undersidan av lamphuset, samt på båda sidorna, finns gummidetaljer för att förhindra att användaren bränner sig på lampan. Lamphuset gjuts i ett stycke i materialet aluminium LM25TF. Hålen i fästet för länken samt rännan för packningen fräses ut i efterhand.



Figur 60. Nedsänkning för packning



Figur 63. Gummidetaljer

10.1.2 Länk

Länken som går mellan lamphuset och elektronikboxen är utformad för att erbjuda både vinkling av lamphuset men också positionering i höjd- och djupled. Länken består av sex stycken aluminiumbrickor som skruvas fast både lamphus och elektronikbox med skruv och hylsmutter för att medge jämn och enkel justering av lampans position och riktning. Länkbrickorna kan antingen stansas eller laserskäras ut beroende på vad som blir billigast.



Figur 61. Länk



Figur 62. Bricka och skruv

Elektronikbox

Elektronikboxen och infästningen i huvudselen tillverkas i tre delar; en box, ett lock och en fästplatta. Alla delarna formsprutas i ABS-plast. Utformningen på elektronikboxen och fästplattan är anpassad för att följa lamphusetets formspråk och ge lampan ett mer synkroniserat helhetsintryck.

Elektronikboxen skjuts enkelt ner i fästet med hjälp av skenor med spår och hålls fast med en låsmekanism som klickar fast på ovansidan. Boxen plockas bort genom att böja ut spärren på ovansidan och sedan dra upp boxen.



Figur 64. Bild på isärplockad elektronikbox



Figur 65. Elektronikbox skjuts ner i fästplattan



Figur 66. Elektronikbox i fästplatta

Boxen är utrustad med ett fäste för länken högt upp på framsidan för att lamphuset ska kunna justeras till en position under elektronikboxen. Vid höger sida om fästet finns en ingång för sladden som går mellan lamphuset och elektronikboxen. Denna är placerad på sidan så att sladden kan dras över och runt länken så att den aldrig kläms eller skymmer sikten. På ovansidan finns en knapp för ljusinställningar och en sladdutgång för sladden med strömförsörjning.

Fästplattan har, förutom spåren till elektronikboxen, en skåra på varje sida som möjliggör montering på till exempel en hjälm då komponenten kan nyttjas i andra sammanhang. Detta syns på bilderna ovan.

10.1.3 Huvudsele

Huvudselen består av en bekväm sele tillverkad i materialet Dartex. Två resårband med kardborre återfinns på baksidan för att möjliggöra justering och anpassa huvudselen till exakt det läge som önskas. Justering görs genom att den övre kardborren lossas, spänns åt och fästs i önskat läge. Den undre kardborren fungerar på samma sätt bortsett från att den går att vika dubbelt för personer med litet huvud. Detta för att undvika en lång, lös ände som kan störa.

För att få stöd uppe på hjässan och stabilisera lampan i höjddled finns även här ett justerbart band. Längden på detta band justeras med hjälp av ett plastspänne som skjuts till önskat läge.



Figur 67. I innersta läget viks kardborrebanden dubbelt



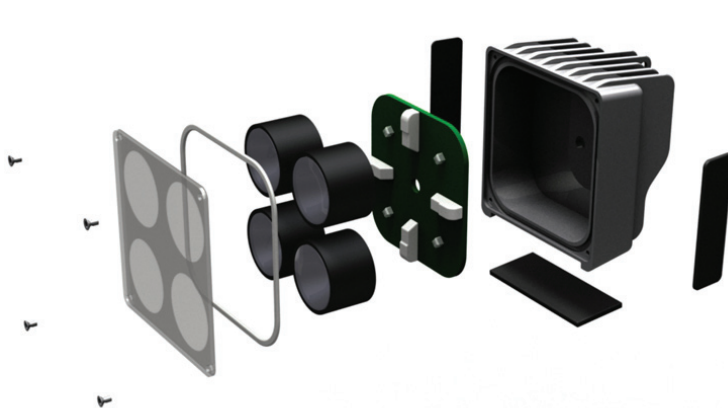
Figur 70. Öppen kardborre där vikfunktionen syns



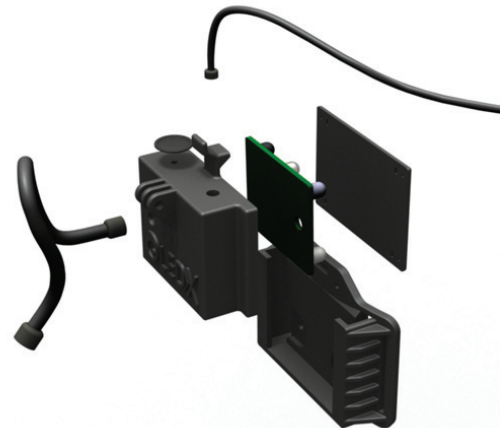
Figur 71. Bild på huvudselen bakifrån

10.1.4 Montering

Kretskortet till lamphuset levereras med dioder och kopplingsplintar färdigmonterade. Linserna fäst på detta kort som placeras i botten på huset. Därefter dras sladden in i huset och kopplas in i plintarna. Slutligen monteras packningen i rännan, glaset skruvas fast och de skyddande gummidetaljerna monteras med tejp.



Figur 68. Sprängskiss på lamphuset



Figur 69. Sprängskiss på elektronikboxen

Dartexkomponenten till huvudselen levereras färdig och alla kardborrar, band och resårband sys fast. Komponenter på huvudselen som inte har förändrats monteras på samma sätt som tidigare.

Elektronikbox och fäste levereras i tre delar och kretskortet till boxen levereras med alla komponenter färdigmonterade. Detta kort placeras i botten på boxen, därefter fästs de två sladdarna i kopplingsplintarna och knappen monteras på boxens utsida och kopplas ihop med chipet. Boxen och dess lock monteras ihop genom att piggar i boxen passas ihop med hål i locket och skruvas därefter ihop med en packning mellan delarna.

Fästplattan nitas fast på framsidan av huvudselen med fyra stycken nitar. Länken skruvas ihop och fäst i både lamphus och elektronikbox. Slutligen kan elektronikboxen placeras i fästplattan och produkten är då färdigmonterad.



Figur 72. Bild på alla delar färdigmonterade

10.1.5 Färgsättning

En rekommenderad färgsättning att försöka efterlikna för att skapa ett stilrent, professionellt och genomarbetat uttryck hos produkten:



Figur 73. Bild på färgsättningen



Figur 74. Detaljbild på logotypen

- Huvudsele, gummidetaljer, knapp: NCS S 8500-N (mörkgrå)
- Textilier, Elektronikbox och fäste, länk: NCS S 7502-B (grå)
- Tryck: Transparent NCS S 7502-B (grå)
- Lamphus: Aluminium (ljusgrå)
- Skruvar: Likna aluminiumhuset, ljusa och mattade (ljusgrå)
- Packning: NCS S 0500-N (vit)
- Logga: relief på elektronikboxen

10.2 Utvärdering

De flesta krav som ställts har uppfyllts av produkten. Vissa krav behöver dock verifieras med tester på en fullständig prototyp för att det ska gå att säkerställa att de uppfyllts. Exempel på detta är krav på komfort och uppnådd ljusstyrka. Komplet utvärdering av kraven finns i bilaga 6.

Ljus

Att kraven på ljusstyrka uppfyllts kan inte utan tester fastställas med hundra procentig säkerhet, men det kan med stor sannolikhet antas att kravet på mer än 45000 lux på 50cm avstånd har uppnåtts genom de beräkningar och tester som gjorts under projektet. För önskemålet om en ljusstyrka på minst 65000 lux är beräkningarna däremot inte tillräckligt precisa för att försäkra att gränsen har uppnåtts.

Kravet på en ljuskägla med 12cm i diameter och jämt ljus har inte lyckats uppfyllas. Detta eftersom linser som används till dagens dioder inte medger sådan spridning utan ger en högre ljusintensitet i mitten av ljuskäglan som blir lägre ut mot sidorna. Däremot uppfylls delen angående ett område med 12 cm i diameter med starkt ljus. Utanför denna cirkel finns dock en del ströljus.

Länk

Här anses att alla kraven ha uppfyllts. Dock kommer lite finjusteringar behöva göras vad gäller klämkräften i de skruvar som håller ihop länkarna. Detta för att länken skall kunna justeras följsamt och jämnt, samt inte ändra position under användning.

Hantering

Egna undersökningar har gjorts för att försöka verifiera detta. Alla krav tros vara uppfyllda, men en viss risk för att sterila områden kommer beröras finns alltid när justeringar måste göras i närheten av kirurgen.

Strömförsörjning

Här har alla krav som fokuserats på uppfyllts. Att skapa ett system för laddning av batterier prioriterades bort då det efter vidare undersökning inte ansågs ligga inom ramarna för projektet.

Ergonomi

Ergonomi är väldigt svårt att verifiera utan tillgång till en färdig prototyp, då kraven inte är direkt mätbara utan handlar om upplevelse och känsla. Vikten har minimerats på produkten vilket minskar risken för belastningsrelaterade problem orsakade av produkten. I bästa fall kan dessutom de mindre linserna användas, och därmed det mindre huset, vilket leder till ytterligare minskad vikt.

Placering

Alla krav anses vara uppfyllda men även här gäller att test med prototyp bör verifiera de slutsatser som dragits. Lampan bör ej skymma sikten då kirurgen i regel tittar snett nedåt, något under lampan (enligt egna tester och observationer). Lampan ska enligt tester på modeller gå att placera i alla positioner som kan tänkas vara önskvärda.

Huvudselen

De förändringar som gjorts har via tester av kandidatgruppen visats minska tiden att både ta på och ställa in huvudselen för både användare och assistent. Grundutförandet på selen har bevarats, vilket var ett krav från företagets sida.

Underhåll

Tätningar har gjorts överallt där två eller fler delar möts och vatten riskerar att skada komponenter. Detta gör att lampan tål spritning och liknande rengöring utan att skadas. Inget lim har används och alla delar går att plocka isär för att sedan kunna monteras ihop igen. Detta innebär att inga delar behöver förstöras vid behov av reparation och det underlättar underhåll och service på lampan vilket ökar lampans livslängd markant.

Tillverkningskostnad

Överslagsberäkningar på bästa och sämsta scenario har gett en uppskattning om pris för att ta fram produkten. Resultatet blev ett prisintervall på 2700 – 3800 kr, vilket är klart under kravet på 5000 kr.

Tillverkning

Montering antas kunna ske i företagets verkstad i lika stor utsträckning som för LEDX Cobra II och lim har helt eliminerats från produkten. Antal moment som krävs för montering av lamphus har minimerats, dock har tid för montering av länk och elektronikbox tillkommit så möjligheten finns att den totala monterings tiden inte har förbättrats utan är ungefär densamma som innan.

Värme

Kraven angående värme har mycket med ergonomi och bekvämlighet att göra, är direkt relaterad till ljusstyrkan och därmed svåra att testa. Det kan däremot med säkerhet sägas att dioderna inte kommer bli varmare än 70° C med rätt inställningar på lampan. Ytan på huset bedöms bli varmare än 55° C och skydd i form av greppytor adderades därför för att uppfylla detta krav.

Modulsystem

Eftersom produkten består av en elektronikbox som är separerad från lamphuset, skapas möjligheten att använda den till lamphus för orientering om så önskas. De skåror som finns på sidorna av fästet medger dessutom användning på hjälmar och cyklar. Elektronikboxen går även att plocka av från fästet för att kunna separera lampan från huvudselen.

Vattentät

Lampan bedöms tåla ett dopp i vatten då alla elektronikdelar är tätade, men det behöver verifieras med prototyp.

10.3 Ekonomisk analys

Kostnadsberäkningen visade att kirurglampan i värsta tänkbara fall, vilket innebär att högsta tänkbara kostnad för alla komponenter är använd, kommer få tillverkningspriset 3794 kr med två batterier, och 3114 kr med ett batteri. I bästa tänkbara fall, då de minsta tänkbara kostnaderna för varje komponent är använd, blir priset 3396 kr respektive 2716 kr. Alla dessa alternativ håller sig väl inom ramen för tillverkningskostnadskravet på 5000 kr. Detta innebär att LEDX har stora möjligheter att öka marginalen, som på LEDX Cobra II var cirka 66 % av tillverkningspriset, och samtidigt lägga sig betydligt lägre än sina konkurrenter på den medicinska marknaden vad gäller pris, vilket var målet för produkten.

Något som dock är kritiskt för företaget är investeringskostnaden för att ta fram produkten. Denna blir i bästa fall ca 115 000 kr och i värsta fall 285 000 kr. Större delen av denna kostnad är priset på verktyg för formsprutning av plastkomponenter och verktyg för gjutning av lamphus. Den stora investeringsskillnaden beror på var dessa verktyg tillverkas. I Asien är det mycket billigare att ta fram verktyg än i Europa, men kvalitén på dessa kan bli lidande. Vad som föredras får företaget själva bedöma.

Kostnaderna baseras på tidigare kostnadsunderlag från LEDX, offerter och uppskattningar gjorda tillsammans med företaget. Beräkningarna har för avsikt att vara korrekta, men det bör framhållas att alla priser på nya komponenter och moment endast är uppskattningar. Hela kostnadsberäkningen finns att studera i bilaga 13.

10.4 Hållbar utveckling

Här presenteras analysen av slutkonceptet ur ett hållbarhetsperspektiv.

10.4.1 Ekologiskt perspektiv

Denna del behandlar de ekologiska aspekterna av hållbar utveckling.

Material och komponenter

Lamphuset tillverkas i aluminium som grundmaterial vilket är den vanligast förekommande metallen i jordskorpan.⁵ Detta är positivt ur miljösynpunkt och bidrar inte till någon nämnvärd urholkning av grundämnen i jordskorpan. Elektronikboxen och fästet på huvudselen tillverkas i ABS som går att återvinna om den hålls fri från farliga tillsatser. Större krav än så anses inte vara rimligt med dagens budget, men det finns exempelvis bioplaster att använda som innebär större miljömässiga fördelar.³¹

Tillverkning

Begränsningar av tillverkningsmetoder har funnits på grund av en liten produktionsvolym och budget vilket har gjort det omöjligt att framställa stora verktyg som inte kommer nyttjas tillräckligt länge för att vara miljömässigt hållbara.

Plastdetaljerna för elektronikboxen och fästet kommer att tillverkas genom formsprutning. En metod som inte bidrar till spill eftersom materialet kan återanvändas i ny tillverkning.³²

Huvudselen har inte förändrats från tidigare utformning vilket gör att samma stansningsverktyg kan användas även i fortsättningen för denna komponent.

Transport

De grundkomponenter som tillverkas utomlands kommer kräva transport till företagets lokaler i Brämhult. För att uppnå god hållbarhet bör så många komponenter som möjligt försöka tillverkas i närheten. Detta är idag problematiskt att genomföra då företagets budget ofta kräver billiga lösningar. Det ska dock påpekas att flera komponenter idag beställs från svenska företag, till exempel Br. Voss Ingenjörskontor AB och AB Bandindustri. Något som kan anses vara en förmildrande omständighet i detta avseende är att produktionsvolymerna är väldigt små, vilket innebär att komponenterna förmodligen aldrig skickas i enskilda transporter, utan klumpas ihop med annat för att göra transporterna ekonomiskt hållbara. Detta kan innebära effektivare packning i dessa transporter, men detta är bara ett antagande.

När de färdiga produkterna skickas ut från företaget används idag vanlig postservice, vilket måste anses vara en god lösning då posten arbetar hårt för att effektivisera sitt arbete ur miljösynpunkt.³³

Användning

Under användningen kräver pannlampan energi från batteri eller direkt strömförsörjning genom vägguttaget. De batterier som används är Litium-Jon-batterier som är återuppladdningsbara och kan användas under hela produktens livstid. Detta anses inte vara varken bättre eller sämre än för genomsnittliga teknikprodukter idag. LED-teknik används vilket är en effektiv ljuskälla som kräver mindre energi än motsvarande lösningar. Dioderna i lampan har en dessutom en förväntad livslängd på upp till 50 000 timmar vilket kan jämföras med glödlampans ca 1000 timmar.³⁴ Med hjälp av modulsystemet och en förbättrad konstruktion och montering kommer lampan kunna repareras mer effektivt och komponenter kan bytas ut utan att hela produkten kasseras, vilket maximerar användningen av varje komponent.

⁵ Nationalencyklopedin

³¹ Plastkemiforetagen.se

³² Kompendium Tillverkningsteknik MTT030

³³ Postnord.com

³⁴ Lampinfo.se

Resthantering

Pannlampan klassas som en elektronisk produkt eftersom den innehåller kretskort och elektronik. Sådana produkter lyder enligt EU:s WEEE-direktiv under producentansvar, vilket innebär att tillverkaren har ansvar för att produkten insamlas och återvinns korrekt.³⁵ Då produkten också innehåller batterier lyder den under batteriförordningen och producentansvar gäller då även dessa, vilket innebär att batterierna också ska samlas in och återvinnas.²⁸ När detta sköts korrekt med hjälp av de väl fungerade insamlingssystem som finns i Sverige idag innebär det att stora delar av produkterna återvinns. Hanteringen innebär att produkterna demonteras, därefter sorteras delarna efter material och farliga komponenter avlägsnas. Delar av produkten, oftast bara metallerna, materialåtervinns och övriga delar, plaster, textilier och trä med mera, energiåtervinns.^{36 28}

Syftet med detta system är att undvika att farliga material sprids i samhället samt att motivera producenter att tillverka mer miljövänliga och återvinningsbara produkter. Systemet underlättas i det här fallet genom lampans höga demonterbarhet med modulsystem och avsaknaden av lim. Metallerna som används i produkten är främst aluminium, vilket återvinns effektivt idag, och plasterna skulle även de kunna återvinnas då de är termoplast. Termoplast i kombination med formsprutning innebär att spillet minimeras då det återvinns till nytt plastgranulat direkt i fabriken.¹⁷

10.4.2 Socialt perspektiv

Här redovisas de sociala sidorna av hållbar utveckling.

Tillverkning

Tillverkningen är den del av produkten där störst krav på lågt pris har funnits. Slutgiltigt beslut om tillverkningsplats för alla delar och verktyg har vid projektets slut inte bestämts, utan är upp till företaget. Ett alternativ för många av delarna är Asien, vilket kan innebära produktion under dåliga villkor, ofta sämre än motsvarande produktion i Europa. Detta är dock oerhört svårt för ett litet företag att kontrollera. Tillverkning av lamphuset kommer ske i Storbritannien där förhållandena antas vara tillräckligt goda. Slutfasen av tillverkningen, det vill säga monteringen, sker av företaget själv i deras lokaler. Detta innebär att goda sociala förutsättningar under produktion kan säkerställas i denna del av tillverkningen i högsta möjliga grad.

Funktion

Pannlampan är ett viktigt hjälpmedel i kirurgernas arbete och tillräckligt ljus underlättar för kirurgerna samt minskar risken för felhandlingar under operation. Att operationer sker under bästa möjliga förhållanden är vitalt för en lyckad operation.

10.4.3 Ekonomiskt perspektiv

Produkten är tänkt att ligga i ett lägre prissegment än sina konkurrenter för att kunna ta sig in på marknaden. Tanken är fortfarande att tillhandhålla hög kvalitet och bra funktion helt utan intention att fungera som en slit-och-släng-produkt. Det är viktigt att påpeka att produkten fortfarande kommer ha en lång livslängd och kommer därför inte påverka miljön mer negativt än konkurrenter i detta avseende. I och med en liten produktionsvolym har det inte funnits några stora ekonomiska marginaler, vilket har tvingat fram effektiviseringar på alla plan i allra högsta grad och på så sätt bidragit till att skapa hållbara lösningar till liten kostnad.

³⁵ Naturvårdsverket

²⁸ Elkretsen

³⁶ Renova

¹⁷ Hågeryd, L. Björklund, S. Lenner, M. *Modern produktionsteknik del 1*

10.4.4 Slutsatser

Produkten har förbättrats ur miljösynpunkt i många avseenden. Framför allt när det gäller möjligheten att reparera eller byta ut enskilda komponenter samt möjligheten till god återvinning, båda tack vare den höga demonterbarheten och avsaknaden av lim. De områden som kan förbättras ytterligare är i första hand valet av tillverkningsorter. När ekonomin tillåter bör platser geografiskt långt bort, med små möjligheter att säkerställa goda förutsättningar undvikas i största möjliga mån för att minska transporter och förbättra produkten ur ett socialt hållbart perspektiv.

Avslutning

Del 4

11 Rekommendationer

Nedan ges rekommendationer för fortsatt arbete med produkten. Vissa moment rekommenderas starkt för att kunna säkerställa önskad slutprodukt medan andra enbart är förslag på betydande förändringar, som kan förbättra produkt och affärsidé, om det i framtiden ges tillfälle.

11.1 Linser

För att utvärdera vilka linser som ger den ljusbild och ljusstyrka som önskas bör tester av alla tänkbara alternativ göras. Detta eftersom det är svårt att teoretiskt förutsäga de egenskaperna linserna har i praktiken. I dagsläget är lamphuset måttsett efter den vanligaste storleken på linser, vilket ger ett stort urval att välja mellan. Om det finns möjlighet rekommenderas det dock att välja de mindre linserna som varit uppe som förslag under lång tid i projektet, för att kunna minska både storlek och vikt på lamphuset. Detta kommer inte innebära ytterligare arbete då CAD-ritning på ett sådant mindre hus redan finns färdigställt. Detta bör genomföras av företaget för att uppnå den prestanda på lamphuset som önskas.

11.2 Kylning

En empirisk undersökning bör göras för att undersöka den maximala ljusstyrka som dioderna kan utsända utan att bli för varma. Var denna temperaturgräns går bestäms av företaget, förslagsvis även det genom tester, eftersom förändringar i temperatur orsakar ändrad effektivitet i dioderna.

Om kylningen visar sig vara långt mer än tillräcklig föreslås iterationer där mindre och mindre flänsar tas fram, i form av prototyper, tills en optimal storlek och utformning hittas. Detta är inte nödvändigt utan bara ett sätt att optimera produkten vad gäller vikt och storlek.

11.3 Utvärdering mot användarna

Ytterligare förbättringar för produktens uttryck skulle kunna göras genom att investera i ett nytt färgmässigt utförande på den huvudsele som tillverkas idag. Detta skulle kunna förändra produktens uttryck markant då komponenten är en framträdande del av produkten och idag har en ganska sportig och robust känsla.

11.4 Hjulreglage

För att förbättra produkten ytterligare föreslås mer noggranna eftersökningar av hjulreglage att använda vid justering av huvudselen i nacken. Om en sådan komponent ska användas måste arbete läggas ned på att anpassa komponenten efter produktens formspråk och färgsättning. Störst sannolikhet att få tag på denna komponent tror gruppen finns genom att leta bland hjälm tillverkare runt om i världen.

Ett annat alternativ är att tillverka komponenten själv. Detta kräver flera verktyg för formsprutning i plast och kommer kosta mycket pengar. Gruppen tror dock att detta kan vara en god investering då det ger möjlighet att utforma komponenten efter behag, vilket i slutändan kan förhöja kvalitetskänslan och helhetsintrycket av produkten.

11.5 Huvudselen

Ytterligare förbättringar för produktens uttryck skulle kunna göras genom att investera i ett nytt färgmässigt utförande på den huvudsele som tillverkas idag. Detta skulle kunna förändra produktens uttryck markant då komponenten är en framträdande del av produkten och idag har en ganska sportig och robust känsla.

11.6 Alternativt material för brickor

För att minimera vikten av de brickor som används i länken skulle olika polymera material kunna undersökas. Kandidatgruppen hade under projektet inte tid att göra detta då omfattande undersökningar av plasters hållfasthet, styvhet och sprödhet behövs göras för att säkerställa att materialet hade hållit för uppgiften.

11.7 Alternativ tillverkningsmetod för lamphuset

Undersökningar om alternativa tillverkningsmetoder kan göras för att optimera tillverkningen. Ett förslag är varm- eller kallpressning av aluminium. Detta skulle medföra mindre minimimått på godstjocklek och detaljer, vilket skulle ge en slimmad produkt med minimerad vikt och högre detaljrikedom. Det skulle också kunna eliminera behovet av efterarbetet för att fräsa ut ränna för packning. Ytterligare en fördel med denna metod skulle vara att ingen kisel behöver användas i pressat aluminium, vilket öppnar upp möjligheten att använda anodisering för att färga lamphuset. Problemet med denna metod är att verktygkostnaden är väldigt hög med avseende på seriestorleken.

11.8 Hållbar utveckling

Eftersom den framtagna produkten förväntas ha lång hållbarhet, och tekniken som används snabbt går framåt, kan det vara fördelaktigt att frångå det vanliga systemet med att sälja produkter och istället sälja en tjänst. Företaget tillhandahåller då denna funktion, "att förse en kirurg med tillfredsställande ljus", mot en månadsavgift. Detta betyder att företaget är ansvariga för att kunden ska ha en fungerande produkt under den tid de betalar för tjänsten. Om service skulle krävas på produkten står företaget för detta direkt. När tjänsten inte längre önskas tar företaget helt enkelt tillbaka produkten. Upplägget ger företaget möjlighet att återanvända gamla delar av produkten och på så sätt minska nyproduktionen. Företaget kan också uppdatera alla produkter med ny teknik, till exempel i form av nya linser eller dioder, allt efter som den utvecklas, vilket kommer göra att produkten hela tiden kan ligga i framkant tekniskt och inte utdateras. Tack vare modulsystemet samt möjligheten att utföra service utan att förstöra någon del av produkten kan denna försäljningsprincip med fördel tillämpas på produkten.

Detta affärskoncept minskar även produktens miljöpåverkan eftersom större delar av den återanvänds och cirkulerar under en längre tid. Det borde även resultera i en ekonomisk vinning för företaget eftersom ett mindre antal komponenter behöver produceras. Funktionsförsäljning finns idag på marknaden hos bland annat kopiatorer för företag och har där visat sig ge stora fördelar för både företag, brukare och miljö. Denna försäljningsfilosofi är ett förslag som skulle kunna tillämpas av LEDX i framtiden. Dock skulle en större organisation för att tillhandahålla service krävas om affärskonceptet skall gå att genomföra.

12 Diskussion och slutsats

I kapitlet utvärderas och diskuteras slutkoncept, arbetsprocessen, delar av genomförandet och de valda metoderna, både övergripande och i detalj, och projektet bedöms som helhet. Frågor som avhandlas är bland annat: Är syfte och mål uppfyllt? Vad har fungerat bra respektive dåligt? Vad kunde gjorts bättre eller annorlunda? Slutligen diskuteras även vad vi har lärt oss under projektet.

12.1 Slutkoncept

Modulsystemet som utformats blev lyckat och uppfyller alla krav om flerfunktionalitet som ställdes från företaget. Alla delarna förväntas fungera bra tillsammans och uppfyller alla sin huvudfunktionfunktion. Modulariteten var en viktig del av uppdraget och gruppen är nöjda med hur det löstes.

Att slutkonceptet gick ihop när det gäller ljusstyrka, antal dioder och kylning känns som arbetets största framgång då det var oerhört viktigt och ganska problematiskt. Det finns fortfarande utrymme för ytterligare finslipning, men förslaget som presenteras uppfyller de krav som ställdes.

Ett område med utrymme för större förbättringar är storleken på lamphuset som i slutändan blev aningen stort på grund av problemet med de små linsernas prestanda. En klar förbättring hade varit om denna mindre storlek kunnat användas istället och gruppen hoppas därför att nya sådana modeller kommer ut på marknaden snart.

Något som hämmade färgsättningsarbetet ganska ordentligt var det faktum att lamphuset inte kunde färgas på ett bra sätt. Detta tillsammans med att originalutförandet på selen skulle behållas gjorde att färgsättningsarbetet blev begränsat och att resultatet inte blev helt optimalt. Även det faktum att större del av lamphuset tvingades fungera som kylfläns var en utmaning för att åstadkomma önskat uttryck hos produkten.

Sammanfattningsvis är gruppen utifrån de förutsättningar som gavs för projektet, med krav på ett modulsystem och begränsad budget, nöjd med slutkonceptet. De flesta kraven har uppfyllts eller antas vara uppfyllda efter tester, produkten har givits ett passande uttryck och förutspås uppfylla sitt syfte att tillhandahålla fullgott ljus vid operation.

12.2 Mål och syfte

Den sammanfattade uppfattningen av kandidatarbetet är att det överlag genomförts bra. Processen har fungerat, planeringen har följts och projektets alla delar har utförts. Gruppen bedömer att arbetets mål till största del har uppnåtts.

Företaget LEDX har erhållit underlag för en ny pannlampa som i högsta grad är anpassad till kirurgi. Detta underlag är konstruktionsredo i den mån gruppen kan prestera med de kunskaper som finns inom tillverkningsteknik. Dessa kunskaper inte är tillräckliga och därför kommer korrigeringar och anpassningar behöva göras innan ritningarna är helt klara för produktion. Detta var dock inte ett krav och gruppen anser sig därför uppfyllt målet. Konstruktionen har anpassats efter företagets resurser genom att standardkomponenter har använts i högsta möjliga mån. Lampan förväntas uppnå de krav som ställts på ljusstyrka och ljusbild, men detta kräver tester i praktiken. Pris har varit ett viktigt kriterium i varje beslutsprocess under projektet gång och det billigaste alternativet har ofta valts, till exempel vad gäller tillverkningsteknik och justeringsreglage till huvudselen. De komponenter som ska monteras i företagets lokaler har optimerats för snabb montering bland annat genom att allt lim i konstruktionen har bytts ut mot skruvar eller tejp. Alla delar som krävde lödning har beretts med kopplingsplintar istället. Att gjuta hela lamphuset med flänsar i ett stycke har även det eliminerat flera monteringsmoment. Ett modulsystem har använts och de delar som kan brukas i andra sammanhang har kravsatts och anpassats efter dessa. Resultatet har presenterats i den målsatta formen, med rapport, ritningar i CAD och presentationsmodeller som överensstämmer med slutprodukten i avseende på form och vissa funktioner.

Med hjälp av dessa genomförda mål bedöms också arbetets syfte ha uppfyllts, detta beror dock på hur LEDX använder materialet som har presenterats. Syftet var att bredda LEDX sortiment med en ny produkt för kirurgi som ska hjälpa dem slå sig in på den medicinska marknaden. Möjlighet till detta har givits med den framtagna produkten, men det är upp till LEDX att genomföra. Delar av denna produkt går även att använda för tillverkning av en orienteringslampa. Tack vara att tillverkningsprocessen effektiviserats och priset för produktion hållits låg har företaget givits goda möjligheter att prissätta produkten långt under sina konkurrenter och fortfarande öka sina marginaler.

12.3 Metoder

Den metod som varit ovärderlig för arbetet är användandet av modeller av olika slag. Dessa har använts för att visualisera tankar och former under idégenerering vilket gav möjlighet att undersöka och jämföra olika koncept på ett konkret och effektivt sätt. Under den detaljerade utformningen användes modeller för att utvärdera i stort sett alla lösningar som togs fram. Speciellt värdefullt var de modeller som skrevs ut i 3D-skrivaren. Då detta gjordes ansågs detaljutformningen på lamphuset och elektronikboxen vara i stort sett färdig, men tack vare modellerna upptäcktes små missar och problem i konstruktionen som kunde rättas till. Denna process upprepades med nya modeller där ytterligare korrigeringar gjordes. Slutsatsen är att modellerna var det överlägset bästa verktyget för att utvärdera produktens utförande då de ger en väldigt bra uppfattning av komponenter både vad gäller detaljnivå och övergripande känsla av storlek och form.

När det gäller datainsamlingen var intervjuerna som genomförts till stor hjälp för att få en förståelse för användaren och få en komplett kravlista. Att använda semistrukturerade intervjuer var fördelaktigt då ett helt nytt område utan tidigare kunskap skulle undersökas. Det är svårt att ställa specifika frågor utan att vara ordentligt insatt. Metoden gav dessutom mer spontana svar och ingående förklaringar än vad en strukturerad intervju hade gett. Observationer var dessutom ett väldigt bra komplement till intervjuerna eftersom de gav möjlighet att upptäcka beteenden som användarna själva inte var medvetna om.

En uppdelning i idégenereringsfasen, där lösningsförslag idégenererades separat för de olika delarna av produkten, fungerade väldigt bra och gav en smidig övergång till den efterföljande detaljerande utformningen.

De metoder som har fungerat mindre bra är de utvärderingsmetoder i form av matriser som använts. För att färdigställa dessa krävdes att många antaganden och uppskattningar gjordes runt koncepten. Detta gör att matriserna inte känns tillförlitliga i utvärderingsprocessen. Det är dessutom svårt att vara helt objektiv i bedömningen av matrisernas kriterier då alla i gruppen snabbt bildar sig en uppfattning om varje koncept. Det är snarare så att denna uppfattning tillsammans med långa diskussioner inom gruppen som är det som ligger till grund för besluten i slutändan. Detta behöver dock inte vara ett problem eftersom alla medlemmar är väldigt insatta i problematiken och kraven som ställs på resultatet. Slutsatsen är att matriserna istället kunde använts som komplettering under urvalsprocessen när gruppen hade svårt att fatta ett beslut.

Övriga metoder som använts har varken utmärkt sig som synnerligen bra eller dåliga, utan har varit nödvändiga och värdefulla för genomförandet av arbetet.

12.4 Utvärdering

Projektet har behandlat en relativt komplex produkt med många ingående komponenter. Detta har medfört att vissa prioriteringar har behövt göras under arbetet, vilket har resulterat i att de mest kritiska eller vitala delarna fått mest uppmärksamhet. Vissa delar hade kunnat utvärderas eller analyseras ytterligare för att verifiera att besluten som tagits gett förväntat resultat på produkten och att delarna uppfyller de krav som ställs på produkten. Det hade även varit fördelaktigt att göra en utförligare utvärdering av slutkonceptet genom att återkoppla till användarna och låta dem delge sina åsikter om slutkonceptet. Detta fanns det dock inte tid kvar för i slutet av projektet. Ytterligare och noggrannare utvärderingar hade kunnat avslöja detaljer att korrigera och på så sätt leda till i en bättre slutprodukt. Det hade också i slutändan givit gruppen större tillförsikt till produktens prestanda, som i dagsläget är uppskattad i många avseenden och behöver testas vidare.

12.5 Organisation

Organisationen inom gruppen hade blivit bättre om varje medlem hade blivit tilldelad ett ansvarsområde direkt. Saker som skulle göras sköts ibland upp, på grund av gruppens storlek som gjorde det svårt att ta ett beslut utan att hela gruppen satt sig in i problematiken. Detta gjorde arbetet ineffektivt i början av projektet. När ansvarsområden delades ut en bit in i den detaljerade utformningen effektiviserades arbetet märkbart. Bristerna i organisation resulterade alltså i en något ojämn arbetsbelastning under processen, vilket hade kunnat undvikas.

12.6 Dokumentation

För att förenkla arbetet med rapporten borde noggrannare dokumentering gjorts under hela projektet. Förslagsvis borde allt som producerats i form av skisser, modeller, matriser och annat datummärkts. Detta hade gjort det lättare att reda ut oklarheter i arbetsgången. Dagboksskrivandet kunde även ha utnyttjats på ett bättre sätt. Istället för att beskriva arbetet veckovis borde det gjorts efter varje avslutad arbetsdag. Det hade då gjorts mer ingående och detaljerat och på så sätt varit till större nytta.

12.7 Beslutsfattande

Någotsom har varit svårt under arbetet har varit att fatta beslut angående val av lösningar och komponenter. Detta beror på att det har varit svårt att skaffa tillräckligt beslutsunderlag i många frågor. Två fall där detta problem har varit extra tydligt är vid val av linser och dioder samt i beslutet att välja bort fläkt och utforma kylflänsen.

Det var under projektet svårt att ta reda på linsernas faktiska prestanda då de teoretiska värdena som finns för produkten hos leverantören ofta skiljer sig signifikant mot det faktiska värdet. Även de framräknade teoretiska värdena skiljer sig markant från sanningen på grund av förluster i systemet. Detta i kombination med långa ledtider har gjort det svårt att på ett ordentligt sätt testa olika typer av linser. Istället har antaganden och uppskattningar fått göras i många situationer. Detta har skapat en osäkerhet om den faktiska prestanda som slutprodukten skulle kunna få ljusmässigt, och valet av linser har ändrats ett flertal gånger. Hade det funnits möjlighet att testa flera olika linser i praktiken hade en korrekt ljusbild kunnat säkerställas. I dagsläget har huset istället fått anpassas efter måtten på de vanligaste linserna med intentionen att linser får provas ut i efterhand av företaget. Möjligheten att uppnå rätt ljusstyrka och ljusbild med en multilins istället för fyra enkellinser hade också varit fördelaktigt att kunna testa då det hade kunnat resultera i ett mindre lamphus. Men osäkerheten kring de teoretiska värdena och det faktum att det inte gick att få tag på linsen gjorde det alternativet för osäkert.

Vid valet av kylelement uppstod problem med att väga lösningsförslagen mot varandra då inte heller de kunde testas korrekt under projektet. För att ta beslut om en fläkt krävdes eller inte, behövde kylförmågan hos eventuella kylflänsar uppskattas. Detta visade sig vara för svårt att beräkna, och oerhört svårt att uppskatta även med hjälp av datorsimuleringar. Kompromissen blev att dioderna inte fick överstiga den effekt som kylflänsarna på LEDX Cobra II klarade av och kylflänsens storlek fick efterliknas. För att detta skulle fungera krävdes att de nya integrerade kylflänsarna var minst lika bra som de tidigare externa. Även detta skulle behöva testas mer utöver de principer som undersökt i kyltesterna och den teori som finns angående kylflänsars allmänna egenskaper. Eftersom prestandan hos kylflänsarna inte kunnat bekräftas har tilltagna säkerhetsmarginaler använts för att kylningen ska kunna garanteras.

12.8 Urval

Datainsamlingen i behovsidentifieringen bestod av intervjuer med sex kirurger, observationer på två sjukhus samt ett användartest. Sex intervjuer är enligt rekommendationer i minsta laget för att inskaffa tillräckligt underlag från användarna. Efter dessa intervjuer upplevde gruppen dock en mättnadskänsla i informationen som kom fram och bedömningen är därför att det räckte som underlag. Speciellt med tanke på att det även genomfördes kompletterande observationer och användartest. Det skadar aldrig med ett större urval, och även om inte många nya krav hade uppdragats hade det givit större bekräftelse på att informationen var tillräcklig.

Gällande variation på urvalet utfrågades kirurger från tre av de vanligaste inriktningarna för kirurgi; allmänkirurger, thoraxkirurger och plastikkirurger. Det framkom att användningen skiljde sig åt mellan de olika inriktningarna i fråga om användningstid och krav på ljuskäglans storlek, men de flesta övriga krav sammanföll. För bättre representation av brukarna hade det varit fördelaktigt att urvalet innehållit bland annat neurokirurger och traumakirurger eftersom deras arbetsuppgifter och användarsituation troligtvis skiljer sig något från de övriga specialiseringarna. Främst i form av ingreppsstorlek när det gäller neurokirurger och stress i kombination med tidpress under arbetet när det gäller traumakirurger.

Ett faktum att ta i beräkning när det gäller urvalet av den här användargruppen är att yrkesgruppen är svårtillgänglig. Kirurger är i allmänhet väldigt upptagna och behöver hela tiden vara redo att lämna ett möte under arbetstid om så behövs. De kirurger som kontaktats har dock varit mycket engagerade, tagit sig tid och haft ett väldigt trevligt och uppmuntrande bemötande. Slutsatsen är att en större grupp med ytterligare variation hade önskats, men att urvalet bedöms vara acceptabelt med tanke på projektets tids- och storleksomfång.

12.9 Lärdomar

Något vi fått bekräftat under projektet är att en noggrann planering av upplägg och delfaser är väldigt viktig för att kunna prestera ett bra resultat, eftersom det gör arbetet mycket enklare. Samtidigt måste gruppen även kunna anpassa sig snabbt till förändrade förutsättningar under arbetets gång. Detta har visat sig vara nästan ännu viktigare och vi har under projektet fått göra detta kontinuerligt. Två förändringar vi fått anpassa oss efter är uppdateringar av teknik, som i allra högsta grad kan ändra förutsättningarna, i vårt fall handlade detta om nya linser till de senaste och mest effektiva dioderna som släpps på marknaden. Tidigt i projektet ändrades dessutom uppdraget drastiskt då målet ändrades från att ta fram en lampa för friluftsliv till att ta fram en för kirurgi. I projektets slutskede innebar resultat på tester av linser, som visade att de inte presterade tillräckligt bra, att stora förändringar behövde göras snabbt. Detta och mycket mer har lärt oss att alltid vara beredd på att anpassa sig eller välja nya spår under produktutvecklingen, och aldrig ens låsa sig vid de lösningar som redan bestämts.

Under projektet har gruppen också fått lära sig vad det innebär att arbeta med ett företag och ett faktiskt uppdrag med intentionen att nå produktion. Detta innebär höga krav på att verifiera alla lösningars realiserbarhet och funktion, vilket har visat sig vara svårt i många fall. En viktig lärdom här är att göra kvalificerade uppskattningar, med hjälp av teori och undersökningar, tillräckligt bra för att grunda beslut på. I början av arbetet kändes det osäkert att fatta beslut grundat på saker som inte var till 100 % kontrollerade, men det blev ganska snabbt tydligt att detta var ett krav för att kunna färdigställa arbetet inom tidsramen. Dock är det alltid en fördel om beslut går att grunda i konkreta tester.

Det faktum att många beslut fattades med hjälp av teori gjorde att vi i gruppen fick sätta oss in i många olika tekniker, material och vetenskaper väldigt ingående. Vi har alltså samlat på oss stor kunskap inom många nya områden kopplade till projektet, vilket är otroligt lärorikt och användbart. När det gäller kunskap har vi också kunnat konstatera att även om vi inte är specialister inom egentligen några tekniska läror besitter vi tillräckligt kunskap inom alla för att kunna ta kontakt med, och ta hjälp av, experter för att lösa problem. Vi kan ta till oss avancerad kunskap inom specifika områden och använda den till att producera en bra helhet som tar hänsyn till alla viktiga aspekter hos en god produkt. Detta har beskrivits som en TD-ingenjörers styrka, och vi har verkligen fått se prov på detta under projektet.

13 Referenser

Referenserna delas in i kategorier och redovisas därefter i den ordning de dyker upp i rapporten.

13.1 Webbkällor

LEDX.se.

<http://LEDX.se/produktspecifikationer/> (2012-05-18)

Radiant Zemax.

<http://www.radiantzemax.com/kb-en/KnowledgebaseArticle50125.aspx> (2012-04-15)

Lagen.nu

<https://lagen.nu/2007:1091> (2012-04-15)

Nationalencyklopedin

<http://www.ne.se/lang/lins/242645> (2012-03-13)

<http://www.ne.se/lang/gjutning> (2012-05-04)

<http://www.ne.se/lang/lysdiod> (2012-03-13)

<http://www.ne.se/lang/abs-plast> (2012-05-18)

<http://www.ne.se/lang/aluminium> (2012-05-18)

Energimyndigheten.

<http://www.energimyndigheten.se/sv/Foretag/Energieffektivisering-i-foretag/Belysning/Ljuskallor-armaturer-och-styrssystem/Lysdioder-LED/> (2012 - 05-01)

LEDiL Oy.

<http://www.ledil.com/node/2/p/5617> (2012-05-18)

Arbetsmiljoforskning.

<http://www.arbetsmiljoforskning.se/nacksm%C3%A4rta/suddsp%C3%A4nd-%C3%B6gat-styr-din-kropp-mer-%C3%A4n-du-tror> (2012-03-07)

Ljuskultur.se.

http://www.ljuskultur.se/files/Tidningen_Ljuskultur/Ljusreglering_vita_LED.pdf (2012-03-07)

Durotec.se.

<http://www.durotec.se/2011/01/naturlig-konvektion-elmer-och-open-source-cfd/> (2012-03-13)

Aluminium Matter Organization.

<http://aluminium.matter.org.uk/aluselect/default.asp> (2012-03-13)

Elkretsen

<http://kb.el-kretsen.se/questions/331/Plast%E5tervinning> (2012-05-18)

<http://www.elkretsen.se/atervinningssystemet/> (2012-05-18)

Antropometri.se.

<http://antropometri.se/calc.php> 2012-05-19)

Bodycote.se.

<http://www.bodycote.se/?OBH=261&ID=814&OBT=1> (2012-05-19)

Plastkemifortagen.se.

<http://www.plastkemifortagen.se/plastinformation/Bioplast/Pages/default.aspx> (2012-05-18)

Postnord.

<http://www.postnord.com/sv/miljo> (2012-05-18)

Lampinfo.

<http://www.lampinfo.se/fakta-om-led-lampor/> (2012-05-18)

Naturvårdsverket

<http://www.naturvardsverket.se/Start/Produkter-och-avfall/Avfall/Producentansvar/elektriska-och-elektroniska-produkter/> (2012-05-18)

<http://eeb.naturvardsverket.se/Producentansvarforbatterier/> (2012-05-18)

Renova.

<http://www.renova.se/foretag-verksamheter/av-material-och-avfall/elektronikavfall/> (2012-05-18)

13.2 Tryckta källor

Held, G. (2009) *Introduction to Light Emitting Diode Technology and Applications*. [Elektronisk] Boca Raton, FL: Auerbach Publishing.

Bohgard, M. Karlsson, S. Lovén, E. Mikaelsson, L-Å. Mårtensson, L. Osvalder, A-L. Rose, L. Ulfvengren, P. (2008) *Arbete och teknik på människas villkor*. Solna: Prevent.

Kordyban, T. (1998) *Hot air rises and heat sinks – Everything you know about cooling electronics is wrong*. New York: ASME Press.

Hågeryd, L. Björklund, S. Lenner, M. (2002) *Modern produktionsteknik del 1*. Upplaga 2. Stockholm: Liber AB.

Thorpe, A. (2007) *Design för hållbar utveckling*. Stockholm: Raster Förlag.

Gröndahl, F. Svanström, M. (2010) *Hållbar utveckling – en introduktion för ingenjörer och andra problemlösare*. Stockholm: Liber AB.

Österlin, K. (2007) *Design i fokus för produktutveckling*. Upplaga 2:1. Malmö: Liber AB.

Karlsson, M. (2009) Metodappendix, kurspärm till Behov och krav på civilingenjörsprogrammet Teknisk Design, Chalmers tekniska högskola, Göteborg

Johannesson, H. Persson, J-G., Pettersson, D. (2004) *Produktutveckling – effektiva metoder för konstruktion och design*. Stockholm: Liber AB.

Jordan P.W. (1998) *An introduction to Usability*. London: Taylor & Francis Ltd

Smith, W.F. Hashemi, J. (2011) *Foundation of material science and engineering*. Fifth Edition. New York: McGraw Hill

13.3 Övriga källor

Intervju och observation vid Östra sjukhuset (2012)

Intervju och observation vid Sahlgrenska universitetssjukhuset (2012)

Källström J. CTO på Aluwave AB (2012)

Fischer Elektronik GmbH & Co. KG, Produktkatalog f.cool.e 08/09

Wikström, Li. (2010) Kursmaterial till Produktsemiotik på civilingenjörsprogrammet Teknisk Design, Chalmers Tekniska Högskolan, Göteborg

Material och tillverkningsteknik, CHALMERS. (2010) Kurskompendium till Tillverkningsteknik MTT030 på civilingenjörsprogrammet Teknisk Design, Chalmers Tekniska Högskola, Göteborg

13.4 Figurförteckning

Figur 1 och 2: LEDX bilder

Figur 3, 4 och 16: Getty Images

Resterande figurer är kandidatgruppens egna bilder.

14 Bilagor

14.1 intervjumall

14.2 Kontrakt

14.3 KJ-analys

14.4 HTA

14.5 Funktionslistning

14.6 Kravspecifikation

14.7 Brainstorming

14.8 Elimineringsmatris

14.9 Pughmatris

14.10 Kesselringmatris

14.11 Kyltester

14.12 Ritningar

14.13 Kostnadsberäkning

13.1 Intervjumall

Intervjumall

Hej! Vi är en grupp studenter från Chalmers som håller på med ett kandidatarbete om pannlampor för kirurger. Projektet går ut på att utveckla en ny, mer användarvänlig pannlampa som ska kunna användas av alla kirurger. Vi behöver därför lite information av dig som kirurg kring användandet av lampan samt de krav och önskemål du ställer på en pannlampa under operation.

(Glöm inte probing – Hur/varför? Förslag till probing finns inom parentes)

Tidigare erfarenheter

- Vad använder du för pannlampa idag?
- Hur ofta används en pannlampa under operation?
- Hur många timmar i sträck används den?
- Är det fler än en som använder pannlampa under operation? (störningsmoment)
- Hur stor ljuskägla får du ut av pannlampan du använder idag? (skulle du vilja ha större/mindre?)
- Hur ofta justerar du lampan? (höjdled/sidled, riktning - är det viktigt?)
- Har du testat flera olika pannlampor? (skillnader/likheter, bra/dåligt)
- Hur går hanteringen av pannlampan till (process under hela operationen).

Krav/Önskemål

- Vad är viktigast hos en bra pannlampa?
- Vad för inställningar vill du kunna göra med ljuset? (blända av, fokusera ljuset, ändra styrka, ändra ljusets ton – förklara kring nya operationssalar)
- Vart ska själva lamphuset vara placerat? (lågt/högt)
- Hur ska huvudställningen var utformad? (vart behövs det stöd, vaddering osv)
- Ska huvudställningen vara inställningsbar? Och i så fall vad för inställningar vill du ha?
- Vill man ha ett batteri till pannlampan? Vart ska det placeras i så fall?
- Finns det något mer du kräver eller önskar av en pannlampa?
- Vad är viktigast, komfortabel eller snygg?

Komfort

- Är vikten ett problem vid användning av en pannlampa?
- Vad är viktigast, balansen eller tyngden?

Utseende

- Spelar pannlampans utseende någon roll? (statuspryl?)
- Vart vill du ha en av- och på-knapp?
- Vill man ha en personlig pannlampa? (personligt utformad - färg/form)
- Vad ska pannlampan utstråla? (stil, funktion)

Övrigt

- Finns det något mer du vill säga kring pannlampor?

Tack för din medverkan!

13.2 Kontrakt

Kontrakt

Nedan följer ett antal punkter som sätter ramarna för vad som ska utvecklas och levereras under projektets gång. Alla delar som presenteras nedan ska utvecklas ur ett användarperspektiv och med hjälp av insamlade krav och riktlinjer från kirurger.

1. Lamphus utvecklat för kirurgi
 - a. Vattentät
 - b. Snabb och enkel montering
 - c. Anpassad för stillastående bruk
2. Elektronikbox separat från lamphus
 - a. Ska innehålla merparten av elektroniken
 - b. Ska kunna fästas på fästplatta
 - c. Ska kunna tas av och på från fästplatta
 - d. Ska kunna användas för andra lamphus
3. Ny fästplatta
 - a. Ska kunna fästas på befintlig huvudsele
4. Modifierad huvudsele
 - a. Anpassad för stillastående bruk
 - b. Justerbar

Fastställda parametrar:

- LED-teknik med CREE XM-L – dioder (alternativt CREE XP-G om linserna omöjliggör användning av XM-L)
- Chip (kan formas men inte ändras)
- Huvudselens grundutförande (utstansade delen) kan inte förändras

Förutbestämda krav:

- Tåla dopp i vatten
- Kunna monteras hemma
- Riktad ljuskägla (anpassad efter kirurgernas arbetsområde vid operation)
- Vara godkänd för kirurgi

Slutleverabler:

- a. CAD-modeller
- b. Kostnadsberäkningar
- c. Material och tillverkningsteknik
- d. Fullskalig modell*

Eventuella ändringar kan göras under projektets gång så länge alla parter är överrens.

*Ej fullt fungerande prototyp

13.3 KJ-analys

KJ-analys

Ljuset

- Får ej blända andra runtomkring

Ljuskäglans färg

- Färgtonen på ljuset spelar ingen roll
- ”Ska inte vara vitt som xenon”
- Brukar ha 5000°K på omgivande ljus vid operation (kan välja)

Ljusstyrka

- Ljusstyrkan har inte märkbart förändrats trots ny teknik
- Gärna så mycket som möjligt, bara det inte blir brännskador. Yttertemperaturen viktig!
- > 60 000 lux (50 cm avstånd)
- Använder alltid max ljusstyrka
- Pannlampsljuset är bättre än det andra ljuset i salen
- (observation) Östra har alltid lamporna på 50 % (20-40 000 lux)
- (observation) Linköping alltid 100 % effekt på lamporna
- (observation) Sahlgrenska kör på 100 % effekt

Storlek ljuskägla

- Skarp avgränsning ljuskägla
- Ca 5 cm synfält med lupporna på
- Ljuskäglans storlek ändras ibland, men ej under operation
- 10-15 cm diameter på ljuset (50 cm)
- Ljuskägla har blivit större med ny teknik
- Gör inget om kägla är större än vad som behövs
- Ljuskägla nu: 7cm (vill ha större 7-16 cm)
- Varken fördel eller nackdel om ljuskägla är för stor
- Onödigt med bländare, använder alltid största
- Ibland 7cm och ibland 15 cm stor ljuskägla

Riktning ljuskägla

- Ljuskägla måste ha samma riktning som ögonen. Helst i mitten eller från sidorna
- Placering spelar ej roll, bara ljuset är bra riktat
- Viktigt att ljuset är riktat där man tittar

Placering

- Ska ej skymma synfältet (gör ingenting om den syns eftersom man tittar nedåt)
- Placerad så nära mitt emellan ögonen och en bit fram
- Måste passa ihop med glasögonen
- Placering i pannan eller mellan ögonen
- Vill ej ha lamphus för nära ögonen

Ergonomi

- Viktigt att den har bra balans, är vikt balanserad
- (om nuv. LEDX Cobra) För tung lampa, för framtung
- Vara balanserad
- Får ej vara ett störningsmoment på något sätt (om huvudsele)
- ”En bra lampa hade jag haft på mig hela tiden”
- Bekväm (ska ej kännas)
- Ergonomi är viktigt, det är den som har blivit bättre med tiden
- Kan bli tungt med batteri på huvudet, men det beror på vikten
- Minimalt tryck från huvudselen
- Lättvikt är viktigt
- Minimal vikt
- Ergonomin har förbättrats under åren, var ett större problem förr

Huvudsele

- Lampan justeras sällan
- (LEDX sele) Skönt att den går ner lite över knölen bak
- Viktigast att den inte trycker i pannan
- Justerar huvudselen 1 gång. Sedan är den inställd efter honom
- ”Det bästa skulle vara att inte känna huvudställningen”
- Ska vara smidig att ställa in
- Kardborreband är värdelöst, det fungerar inte
- Behagligare med kardborre, plast känner man av
- Bra med något stöd över hjässan
- Bra med stöd över hjässan, jobbigt om något trycker kring huvudet
- Smidigare med skruvhjul i nacken

Arbetsställning

- Risk att krocka med huvudena, den får inte stå ut för mycket
- Krockrisk om både kirurger har pannlampa
- Om kirurgerna krockar och lampan ändrar riktning ska undersköterskan kunna justera den till korrekt position
- Kirurger lutar sig ibland väldigt mycket framåt
- Oftast tas inte lampan av om det inte behövs mer (hanteras då av sjuksköterska)
- Står still mesta delen av tiden
- Lampans storlek i djupled inte så viktigt
- ”Brukar stå framåtlutad”
- Man krockar med lamporna. Två kirurger arbetar samtidigt
- Arbetsavstånd ca 50 cm (ögon till händer)

Driftsäkerhet

- Viktigt
- Driftsäkerhet är viktigt

Justering lampa

- Tog bort två av länkarna, de gav onödigt stor rörelseförmåga

- Måste kunna förflyttas vertikalt
- Måste kunna vinklas upp och ner
- Behöver kunna roteras höger vänster, om något är snett så måste det gå att kompensera
- Möjlighet att justera upp och ner
- Möjlighet att justera vinkeln på lampan
- Ställa in ljuskäglans riktning

Hantering under operation

- Sköterskan rättar till lampan om den åker snett. Sköter manövrering under operation
- Ska vara lätt för undersköterskan att sätta på pannlampan på kirurgen
- Vill kunna stänga av och på så långt från sterilt område som möjligt
- Undersköterskan ska kunna fästa batteri på icke sterilt område hos kirurgen (om kirurgen inte fäst det själv innan operation)
- Jobbigt att flytta runt vagnen (med xenonboxen) om man flyttar sig i rummet
- Justeras oftast innan och inte under operation
- Sätta på/ stänga av med armbågen
- Ibland plockas lampan på under operation
- Kirurgen får inte röra pannlampan under arbetet
- Sjuksköterska sätter på lampan
- Av/ på-knappen ska kunna justeras av sköterskan
- Sjuksköterska vill gärna ha av/ på-knappen en bit ifrån eller långt bak på kirurgen
- Undersköterska ska kunna slå av/ på

Hantering efter operation

- Ska klara av att spritas
- Skall tåla lättare spritning
- ”torka av med lite sprit”
- Tvättas inte mellan operationerna. Bara om den blir smutsig
- Förvaras i ett skåp

Prioriteringar

- Ljus sen komfort
- Komforten viktigare än vikten
- Viktigast med ljus sen komfort

Kabel

- Sladd ska kunna klämmas fast på längs ryggen för att undvika att den hamnar i sterilt område
- Kabeln har en tendens att gå sönder
- Ibland skulle det vara bra med batteri för det är bökigt att flytta runt, koppla i/ ur när man förflyttar sig
- ”Sladdfast är jobbigt”
- Sladden åker ur när man rör sig det hade varit bättre med batteri
- Man fastnar i saker med sladden, trampar på den
- Krångligt med sladden ut/ in ur salen
- När man byter plats måste man koppla ur lampan först
- Kabeln får inte trassla. Inte för stel, tjock/ smal osv.

- Massor med sladdar i operationssalen, behövs inte fler i och med lampan. Ändå ok när man är på plats
- Smidig sladd
- Sladdarna förstörs när man står då dem

Strömkälla

- Batteri hade inte varit fel
- Batteri? Ja!
- Batteri i fickan
- Måste finnas ett extra batteri, så att ett alltid är fulladdat
- Någon måste ansvara för laddningen om man har batteri
- Skulle kunna laddas i skåpet där man hänger den
- Flera batterier för att klara av hela dagen
- Oftast räcker 3h batteritid men ibland kan det bli upp till 10h
- Bör kopplas in i väggen

Tid

- (livslängd Luxtec (märke på lampa)) 20 år säkert
- Används vid 2 operationer per dag och person 4-5h per gång
- Används varje dag vid varje operation, ”minst 9 av tio gånger”
- Används upp till 9 h med mindre pauser
- Används max 5-6h
- Bra livslängd 40h/ vecka 40 veckor/ år
- Används 1-6h
- 3h operationstid max

Prisbild

- Kostnaden spelar ingen roll. Vi ska bästa lampan
- Priset är ett problem, de är sjukt dyra
- Ok pris: 10 000 - 15 000 kr (helst under 10 000 kr)
- Privatkirurger får köpa ifrån Kina (inget uppköpningsavtal)

Utseende

- Stilren, klinisk men ändå hightech och professionell
- Utseende spelar ingen roll
- Produkten bör se professionell ut
- ”billig keps, ingen Audikänsla”
- Ska utstråla mer steril och klinisk än vad LEDX lampan gör nu
- Rund lins är coolt
- ”Den ska inte utstråla någonting”
- Viktigt att den är snygg!
- Om den är snygg är det positivt
- Designen är viktig

Individualisering

- Personlig lampa? Vet ej, kanske något litet, pengafråga

- Behöver inte gå att "individualisera"
- Personifiera: Nej, det är nog mer en "Nip/ tuc" grej
- Personlig lampa
- Intressant med personlig lampa. Speciellt om man åker bort och opererar

Användning

- Alla har varsin lampa
- Oftast bara 1 som har lampa på per operation
- 1-2 personer opererar båda med pannlampa
- Opererar 2-3 heldagar i veckan
- Båda/ flera har lampa på under operation
- Oftast bara 1 per operation som har lampa på sig
- Krockrisken är måttlig

13.5 Funktionslistning

CHALMERS Kandidatarbete LEDX		Produktanalys Identifiering av funktioner Datum 2012-02-24	
Objekt Kirurglampa		Analysen utförd av: Kandidatgruppen LEDX	
Nr	[Fråga Varför ...	[Tänkbar anledning / "Svar"] För att ...	Förslag till funktionsformulering [verb + substantiv + ev. anm./gränser]
1	Ha en kylfläns	Leda bort värme från lampan	Möjliggöra kylning till under 75 grader
2	Dioder	Ge ljus	Avge ljus
3	On/off-knapp	Kunna sätta på och stänga av lampa	Möjliggöra av/på-stängning
4	Linser	Sprida ljuset en viss bestämd grad	Anpassa ljusspridning till en viss bestämd ljuskägla
5	Sladd	Förse lampan med elektricitet	Förmedla elektricitet
6	Batteri	Förse lampan med elektricitet	Förmedla elektricitet mobilt
7	Fästplatta	Göra fästning av elektronikbox på huvudsele möjlig	Möjliggöra på/av-sättning av elektronikbox på huvudsele
8	Kardborreband	Göra det möjligt att justera huvudsele	Erbjuda justering av huvudsele
9	Separat elektronikbox	Samla elektroniken på samma ställe	Samla elektronik
10	Led mellan lamphus och elektronikbox	Kunna använda modulen till flera andra lamphus	Minimera utvecklingskostnader sett till flera olika lampor
11	Lamphus av aluminium	Kunna ställa lamphuset i önskat läge	Möjliggöra justering av lamphusets placering
12	Krympslang	Kunna rikta ljuset mot arbetsyta	Erbjuda justering av ljusets riktning
13	Huvudsele	Det leder bort värme effektivt	Underlätta kylning
14	Chip	Hålla ihop lamphuset	Stabilisera lamphus
15		Kunna ha lampan på huvudet	Möjliggöra användning av lampa på huvudet
16		Föra över elektricitet från batteri eller sladd till dioder	Förmedla elektricitet från batteri/sladd till dioder
17		Föra över information från program till dioder	Förmedla information från mjukvara till dioder
18			

13.6 Kravspecifikation

Chalmers		Kravspecifikation				Pannlampa för Kirurgi	
Uttärdare: Kandidatgrupp - LEDX		Skapad: 2012-02-24				Modifierad: 2012-03-13, 2012-03-27, 2012-05-12	
Kriterier	Måtvärde	K/O/I	Verifieringsmetod	Referens (kravställare)	Uppfylls/kravet	Kommentar	
Funktion							
HF	Medge ljus till kirurger under operation				Ja		
1. Ljus							
1.1	Ljusstyrka	K	Mätning	Marknad/Användare	Ja	Sannolikt	
1.2	Ljusstyrka	Ö	Mätning	Marknad/Användare	Oklart	Kräver fysiska tester	
1.3	Ljuskägla	K	Mätning	Användare	Nej	Tekniken klarar ej helt jämnt ljus, krävs tester för att bekräfta diameter	
1.5	Ljustärg	Ö	Diodespecifikation	Produktutbud	Ja	Enl. spec.	
2. Lamped							
2.1	Justering	K	Mätning	Användare	Ja		
2.2	Justering	K	Mätning	Användare	Ja		
2.3	Stabilitet	K	Mätning	Användare	Ja	måste finjusteras efter tester	
3. Hantering							
3.1	Strömbrytare	K	Observation	Användare	Ja		
3.2	Strömbrytare	K	Observation	Arbetsföreskrift	Ja		
3.3	Ljusstyrka (inställning)	Ö	Observation	Användare	Ja		
3.4	Ljusstyrka (inställning)	Ö	Observation	Arbetsföreskrift	Till viss del	I extremfall kan det finnas risk för kontaminering av sterilt område	
4. Strömförsörjning							
4.1	Strömförsörjning	K	Observation	Arbetsföreskrift	Ja		
4.2	Strömförsörjning	K	Observation	Användare	Ja	Möjligheten till batterianvändning säkerställer detta	
4.3	Strömförsörjning	Ö	Observation	Användare	Ja		
4.4	Sladd	Ö	Observation	Användare	Ja		
4.5	Sladd	K	Stadspecifikation	Användare	Ja	Enl. spec.	
4.6	Batteri	K	Produktspecifikation	Arbetsföreskrift	(Ja)	Beror på valet av batteri	
4.7	Batteri	Ö	K	Användare	Nej	Prioriterades inte i arbetet	
4.9	Batteri	K	K	Användare	Ja		
5. Ergonomi							
5.1	Komfort	K	Observation/Undersökning	Användare/Arbetsföreskrift	Oklart	Behöver testas med prototyp för att säkerställa	
5.2	Komfort	Ö	Observation/Undersökning	Användare/Arbetsföreskrift	Oklart	Behöver testas med prototyp för att säkerställa	
5.3	Balans	K	Observation/Undersökning	Användare/Arbetsföreskrift	Oklart	Behöver testas med prototyp för att säkerställa	
5.4	Vikt	K	Vägning	Användare	Ja		
6. Placering							
6.1	Kompatibilitet	K	Observation/Undersökning	Användare	Ja		
6.2	Sikt	K	Observation	Användare	Ja		
6.3	Placering	Ö	Observation	Användare	Ja	Förutsatt att lampan är rätt inställd	

7. Huvudselse											
7.1 Användning	Skall enkelt kunna sättas på huvudet på under 10s										
7.2 Justering	Skall gå att ställa in till korrekt inställning för både användare och assistent på max 10s	K	Observation/Mätning	Användare	Okliart	Behöver testas med prototyp för att säkerställa					
7.3 Uformning	Nuvarande grundutförande av huvudselse skall bevaras	K	Observation/Mätning	Användare Företag	Okliart Ja	Behöver testas med prototyp för att säkerställa					
8. Underhåll											
8.1 Rengöring	Skall hålla vid rengöring med sprit	K	Undersökning	MTA	Sannolikt	Behöver testas med prototyp för att säkerställa					
8.3 Service	Tillverkaren skall kunna underhålla lampan utan att skada komponenter	Ö	Observation	Företag	Ja						
9. Tillverkningskostnad											
9.1 Kostnad	Maximala tillverkningskostnaden får ej överstiga 5000 kr	K	Beräkning	Företag	Ja						
10. Montering											
10.1 Sammanfogning	Lim eller liknande sammanfogande medel skall ej användas vid montering eller tillverknin	K	Mätning	Företag	Ja	Behöver testas med prototyp för att säkerställa					
10.2 Tid	Minimerad monteringstid	Ö	Undersökning	Företag	Okliart						
10.4 Lokal	Montering ska kunna ske i företagets verkstad	Ö		Företag	Ja						
11. Värme											
11.1 Dioder	Lampan får ej bli varmare än 70° under stilla användning i inomhusmiljö	K	Mätning	Produktutvecklare	Ja						
11.2 Lamphus	Delar som berörs vid normal användning får ej överstiga 55°C*	K	Mätning	Säkerhetsföreskrift	Okliart	Behöver testas med prototyp för att säkerställa					
11.3 Lamphus	Delar som berörs vid normal användning får ej överstiga temperatur som upplevs obehag	Ö	Mätning	Säkerhetsföreskrift	Okliart	Behöver testas med prototyp för att säkerställa					
12. Modulsystem											
12.1 Avvägbart	Elektronikboxen skall vara möjlig att ta av från huvudselen	K	Observation	Företag	Ja						
12.2 Kompatibel för flera modeller	Elektronikboxen skall vara möjlig att använda med andra lamphus	K	Undersökning	Företag	Ja						
12.3 Anpassad för utomhusbruk	Fästplatta ska kunna fästas på hjälmar och cyklar	K	Undersökning	Företag	Ja						
12.4 Anpassad för utomhusbruk	Elektronikbox ska klara av användning till orienteringslampor	K	Undersökning	Företag	Ja						
12.5 Anpassad för utomhusbruk	Lamphus och elektronikbox ska vara funktionsdugliga efter ett dopp i vatten	K	Undersökning	Företag	Sannolikt	Behöver testas med prototyp för att säkerställa					

13.7 Brainstorming matris

Brainstorming matris									
Funktion:	Alt:	Alt:	Alt:	Alt:	Alt:	Alt:	Alt:	Alt:	Alt:
Möjliggöra	Kylfläns	Kylfläns	Fläkt	Kylvätska	Kyl klam	Sugande fläkt			
Anpassa ljusspridning	Lins	Lins	Reflektor	Bländare	Speglar				
Medge drivmedel	Sladd till eluttag	Batteri	Solceller	Trådlöst	Mekanisk energi				
Möjliggöra förflyttning av elektronikbox från huvudselen	Skenfäste (som på en cykel)	Kardborreband	Magnet	Gångor	Tryckknapp	Spänne	Fjäderinspänning		
Samla elektronik	Haka fast	Expander	Knyta fast						
Erbjuda justering av huvudselen	Separat box	I leden	På sladden	På huvudselen					
Erbjuda justering av lamphusets placering (vinkel, höjld+ ev. sidled)	Kardborreband (Snowboards pänne)	Kepsspänne	Snöre	Skruvreglage	Hjälmspänne	Spännband	BH-spänne	Bälte	
	Cykelkedja	Gångjärn	Böjbar ståltråd	Kulled	Skruvar	"Styv duschslang"	Rörlig pinne som rör sig via skena upp/ner.		
Möjliggöra service genom avtagbart glas	Nedsänkning + skruvar + packning	Snäppfunktion	Lim	Skjuts in från sidan, stängs med lucka	Värmeinspänning / Krympslang	Krans som kläms på	Snäppfunktion (böjt glas)	Skruvar från sidan (böjt glas)	

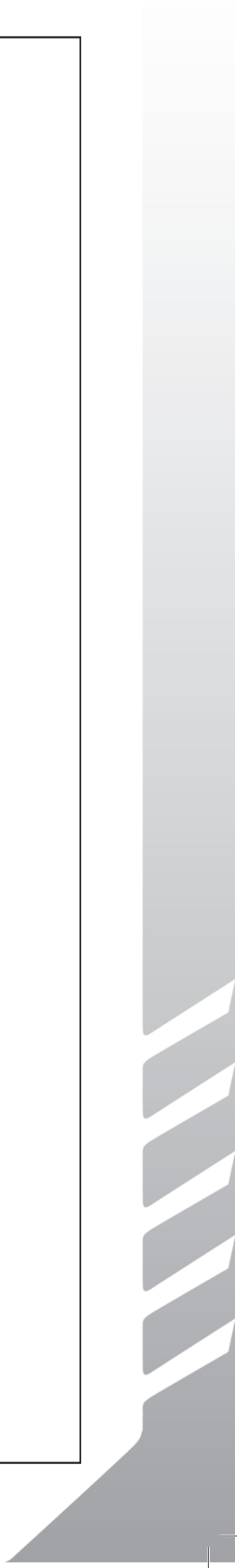
13.9 Pughmatriser

Chalmers	Pughmatris:						
	Fäste elektronikbox på huvudsele						
Utfärdare: Lilian	Skapad: 2012-03-14	Sid 1					
	Modifierad:						
Kriterier	Alternativ						
	Ref	A	B	C	D	E	F
Lätt att tillverka	0	0	-	-			
Lätt att montera	0	-	-	0			
Vikt	0	0	-	-			
Medge rengöring	0	0	-	0			
Kostnad	0	0	+	-			
Stabilitet	0	-	-	-			
Kompatibilitet	0	-	-	-			
Igenkänningsfaktor	0	0	0	-			
Antal +	0	0	1	0	0	0	0
Antal 0	8	5	1	2	0	0	0
Antal -	0	3	6	6	0	0	0
Nettovärde	0	-3	-5	-6	0	0	0
Rangordning	1	2	3	4			
Vidareutveckling							
Beslut							

Ref Skenfäste
 A Bajonettfäste
 B Kardborreband
 C Magnet

Chalmers	Pughmatris: Justering av huvudsele						
	Utfärdare: Lilian	Skapad: 2012-03-14 Modifierad:	Sid 1				
Kriterier	Alternativ						
	Ref	A	B	C	D	E	F
Justering omfång	0	0	0	0	0	0	0
Lätt att tillverka/montera	0	0	0	0	+	+	0
Vikt	0	-	-	-	0	-	-
Medge rengöring	0	+	+	+	+	+	+
Kostnad	0	-	0	-	+	0	0
Stabilitet	0	+	0	+	0	0	0
Enkelt att justera	0	+	+	+	0	0	0
Möjliggöra finjustering	0	+	0	+	+	+	+
Tryckpåkänning	0	0	-	-	-	-	-
Antal +	0	4	2	4	4	3	2
Antal 0	9	3	5	2	4	4	5
Antal -	0	2	2	3	1	2	2
Nettovärde	0	2	0	1	3	1	0
Rangordning	5	2	5	3	1	3	5
Vidareutveckling							
Beslut							

Ref Kardborreband
A Skruv
B Hjälmspänne
C Spännband
D Ryggsäcksspänne
E Spännband med spärr
F Dragskospänne



Chalmers	Pughmatrix: Kylning						
	Utfärdare: Lilian	Skapad: 2012-03-14 Modifierad:	Sid 1				
Kriterier	Alternativ						
	Ref	A	B	C	D	E	F
Kylförmåga	0	+	+	+	+		
Lätt att tillverka/montera	0	+	-	-	-		
Vikt	0	0	-	-	-		
Medge rengöring	0	+	-	-	-		
Kostnad	0	-	-	-	-		
Storlek	0	+	-	-	-		
Antal +	0	4	1	1	1	0	0
Antal 0	6	1	0	0	0	0	0
Antal -	0	1	5	5	5	0	0
Nettovärde	0	3	-4	-4	-4	0	0
Rangordning	2	1	3	3	3		
Vidareutveckling							
Beslut							

Ref externa flänsar
 A integrerade flänsar
 B fläkt och kylfläns
 C sugande fläkt och kylfläns
 D kylvätska

Chalmers	Pughmatrix:		Länk	Skapad: 2012-03-14	Sid 1		
	Utfärdare: Lilian	Modifierad:					
Kriterier	Ref	A	B	C	D	E	F
Justering höjdljed	0	-	-	0	+	0	
Lätt att tillverka/montera	0	0	+	0	0	0	
Vikt	0	-	0	+	0	0	
Medge rengöring	0	+	0	+	-	-	
Kostnad	0	0	0	-	-	0	
Storlek	0	-	0	-	-	-	
Justering vinkel	0	0	0	0	-	0	
Justering djupled	0	-	-	-	-	-	
Stabilitet	0	-	0	-	0	+	
Enkelt att justera	0	+	-	-	-	-	
Antal +	0	2	1	2	1	1	0
Antal 0	10	3	6	3	3	5	0
Antal -	0	5	3	5	6	4	0
Nettovärde	0	-3	-2	-3	-5	-3	0
Rangordning	1	3	2	3	6	3	
Vidareutveckling							
Beslut							

Ref Cykelled
A Kulle
B Gångjärn
C Böjbar ståltråd
D Skena
E Skruvar



Chalmers		Kesselringmatris: Justering sele							
Utfärdare: Lilian & Frida		Skapad: 12-03-16		Modifierad:					
Kriterier		Alternativ							
		A		B		C			
Ideal		t	v	t	v	t	v		
Namn		w	t	v	t	v	t		
Justering omfång	2	5	10	3	6	3	6	4	8
Lätt att tillverka/montera	1	5	5	3	3	5	5	4	4
Vikt	2	5	10	4	8	5	10	4	8
Medge rengöring	1	5	5	4	4	4	4	3	3
Kostnad	2	5	10	3	6	5	10	4	8
Stabilitet	2	5	10	5	10	4	8	3	6
Enkelt att justera	3	5	15	5	15	3	9	3	9
Möjliggöra finjustering	3	5	15	4	12	5	15	4	12
Uttryck	2	5	10	5	10	4	8	3	6
Tryckpåkänning	3	5	15	5	15	4	12	3	9
Total		50	105	41	89	42	87	35	73
Rel total		1,00	1,00	0,82	0,85	0,84	0,83	0,70	0,70
Medel		5,00	10,50	4,10	8,90	4,20	8,70	3,50	7,30
Avvikelse		0,00	2,70	0,72	3,50	0,64	2,50	0,50	2,04
Median		5,00	10,00	4,00	9,00	4,00	8,50	3,50	8,00
Antal svaga punkter		0		0		0		0	
Rangordning					1		2		3
Beslut									

- A Skruv
- B Ryggäcksspänne
- C Spännband



Chalmers		Kesselingmatrix: Fäste elektronikbox														
Utfördare: Lilian & Frida		Skapad: 12-03-16				Modifierad:										
		Alternativ														
Kriterier		Ideal					B					A				
Namn	w	v	t	v	t	v	t	v	t	v	t	v	t	v	t	
Lätt att tillverka	2	5	10	5	10	3	6									
Lätt att använda	3	5	15	5	15	4	12									
Vikt	2	5	10	3	6	3	6									
Medge rengöring	1	5	5	3	3	3	3									
Kostnad	2	5	10	4	8	3	6									
Stabilitet	3	5	15	5	15	4	12									
Kompatibilitet	2	5	10	5	10	1	2									
Guessability	3	5	15	5	15	3	9									
Total		40	90	35	82	24	56									
Rel total		1,00	1,00	0,88	0,91	0,60	0,62									
Medel		5,00	11,25	4,38	10,25	3,00	7,00									
Avvikelse		0,00	2,81	0,78	3,56	0,50	3,00									
Median		5,00	10,00	5,00	10,00	3,00	6,00									
Antal svaga punkter		0		0		1										
Rangordning					1		2									
Beslut																

A Skjutfäste
B Bajonettfäste

Chalmers

Kesselringmatris: Kylning

Utfördare: Lilian & Frida

Skapad: 12-03-16

Modifierad:

- A Externa flänsar
- B Integrerade flänsar
- C Fläkt och kylfläns

Kriterier

	w	Ideal						Alternativ						
		A		B		C		A		B		C		
Namn		t	v	t	v	t	v	t	v	t	v	t	v	t
Kylförmåga	3	15	3	9	4	12	5	15						
Lätt att tillverka/montera	2	10	4	8	5	10	3	6						
Vikt	2	10	4	8	5	10	3	6						
Medge rengöring	1	5	5	5	5	5	3	3						
Kostnad	2	10	5	10	4	8	3	6						
Total		25	50	21	40	23	17	36						
Rel total		1,00	0,84	0,80	0,92	0,90	0,68	0,72						
Medel		5,00	10,00	4,20	8,00	4,60	3,40	7,20						
Avvikelse		0,00	2,00	0,64	1,20	0,48	2,00	0,64						
Median		5,00	10,00	4,00	8,00	5,00	3,00	6,00						
Antal svaga punkter		0	0	0	0	0	0	0						
Rangordning						2		1						3
Beslut														



Chalmers		Kesselringmatrix: Länk										
Utfördare: Lilian & Frida		Skapad: 12-03-16	Modifierad:									
Kriterier		Alternativ										
Namn	w	Ideal		A		B		t	v	t	v	t
		v	t	v	t	v	t					
Justering höjdled	3	5	15	5	15	4	12					
Justering vinkel	3	5	15	5	15	5	15					
Justering djupled	3	5	15	4	12	0	0					
Justering sidled	1	5	5	0	0	5	5					
Kostnad	2	5	10	4	8	4	8					
Vikt/Storlek	1	5	5	3	3	3	3					
Lätt att tillverka/montera	2	5	10	3	6	3	6					
Medge rengöring	1	5	5	3	3	4	4					
Stabilitet	3	5	15	4	12	2	6					
Ej slitas ut	3	5	15	4	12	1	3					
Total		50	110	35	86	31	62					
Rel total		1,00	1,00	0,70	0,78	0,62	0,56					
Medel		5,00	11,00	3,50	8,60	3,10	6,20					
Avvikelse		0,00	4,00	1,00	4,60	1,30	3,28					
Median		5,00	12,50	4,00	10,00	3,50	5,50					
Antal svaga punkter		0		1		2						
Rangordning					1		2					
Beslut												

A Cykelled
B Kulle

13.11 Kyltester

Test 1: 40% med korta flänsar (163,8 cm ²)			
	Tid [min]	Temperatur på skyddsglasat [°C]	Temperatur på kylfläns [°C]
	0	25	25
	1	26	33
	2	26	38
	3	26	43
	4	28	46
	5	29	50
	10	33	58
	15	37	63
	20	39	64
	25	42	66
	30	43	68
	45	44	69
	60	45	69
	90	44	69
	120	44	69
	150	44	69
	180	44	69

Test 2: 100% med korta flänsar (163,8 cm ²)			
	Tid [min]	Temperatur på skyddsglasat [°C]	Temperatur på kylfläns [°C]
	0	25	25
	1	26	44
	2	29	57
	3	30	67
efter 3 minuter och 54 sekunder (3,9 min)	3,9	31	74

Test 3: 40% med långa flänsar (236,0 cm ²)			
	Tid [min]	Temperatur på skyddsglasets [°C]	Temperatur på kylfläns [°C]
	0		25
	1		30
	2		34,5
	3		38,8
	4		42,2
	5		48
	10		54,7
	15		59,5
	20		62,7
	25		64,4
	30		65,5
	45		66,7
	60		66,7
	90		67
	120		69,7
	150		68,2
	180		68,9

Test 4: 100% med långa flänsar (236,0 cm ²)			
	Tid [min]	Temperatur på skyddsglasets [°C]	Temperatur på kylfläns [°C]
	0	26	25
	1	26	28
Mätfel på grund av blanka flänsar	2	27	31
	3	30	34
	4	31	37
Lampan stängdes av efter 4,21	4,21	30	40

Test 5: 100% med långa flänsar +fläkt (11V 0,1A)			
	Tid [min]	Temperatur på skyddsglasets [°C]	Temperatur på kylfläns [°C]
	0		26,2
	1		35,2
	2		39,7
	3		42
	4		44
	5		45
	10		46,5
	15		48
	20		48
	25		47,9
	30		47,8
	45		47,7
	60		47,5
	90		
	120		
	150		
	180		

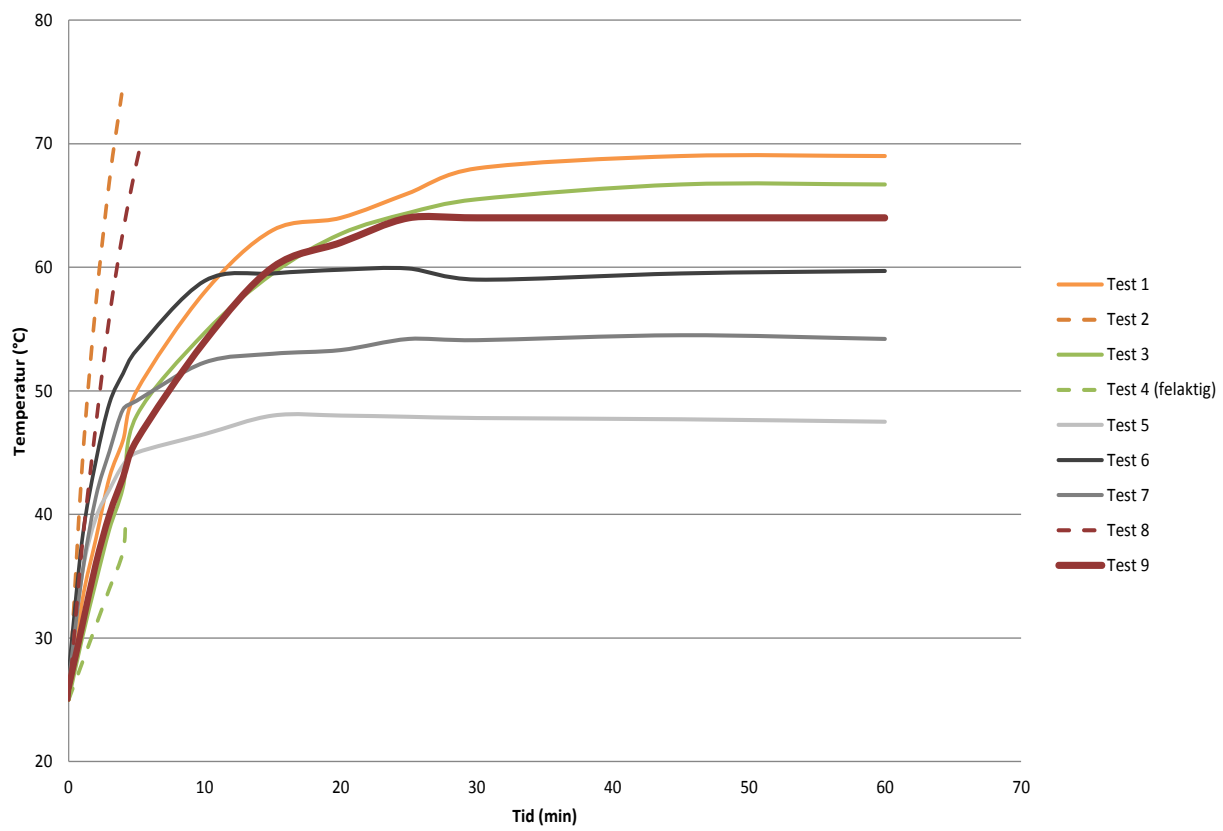
Test 6: 100% med långa flänsar +fläkt (7V 0,05A)			
	Tid [min]	Temperatur på skyddsglasets [°C]	Temperatur på kylfläns [°C]
	0		27,2
	1		38
	2		44,3
	3		49
	4		51,4
	5		53,3
	10		58,9
	15		59,5
	20		59,8
	25		59,9
	30		59
	45		59,5
	60		59,7
	90		
	120		
	150		
	180		

Test 7: 100% med korta flänsar +fläkt (7V 0,05A)			
	Tid [min]	Temperatur på skyddsglasat [°C]	Temperatur på kylfläns [°C]
	0		26,4
	1		35,2
	2		41,4
	3		45,1
	4		48,5
	5		49,2
	10		52,3
	15		53
	20		53,3
	25		54,2
	30		54,1
	45		54,5
	60		54,2
	90		
	120		
	150		
	180		

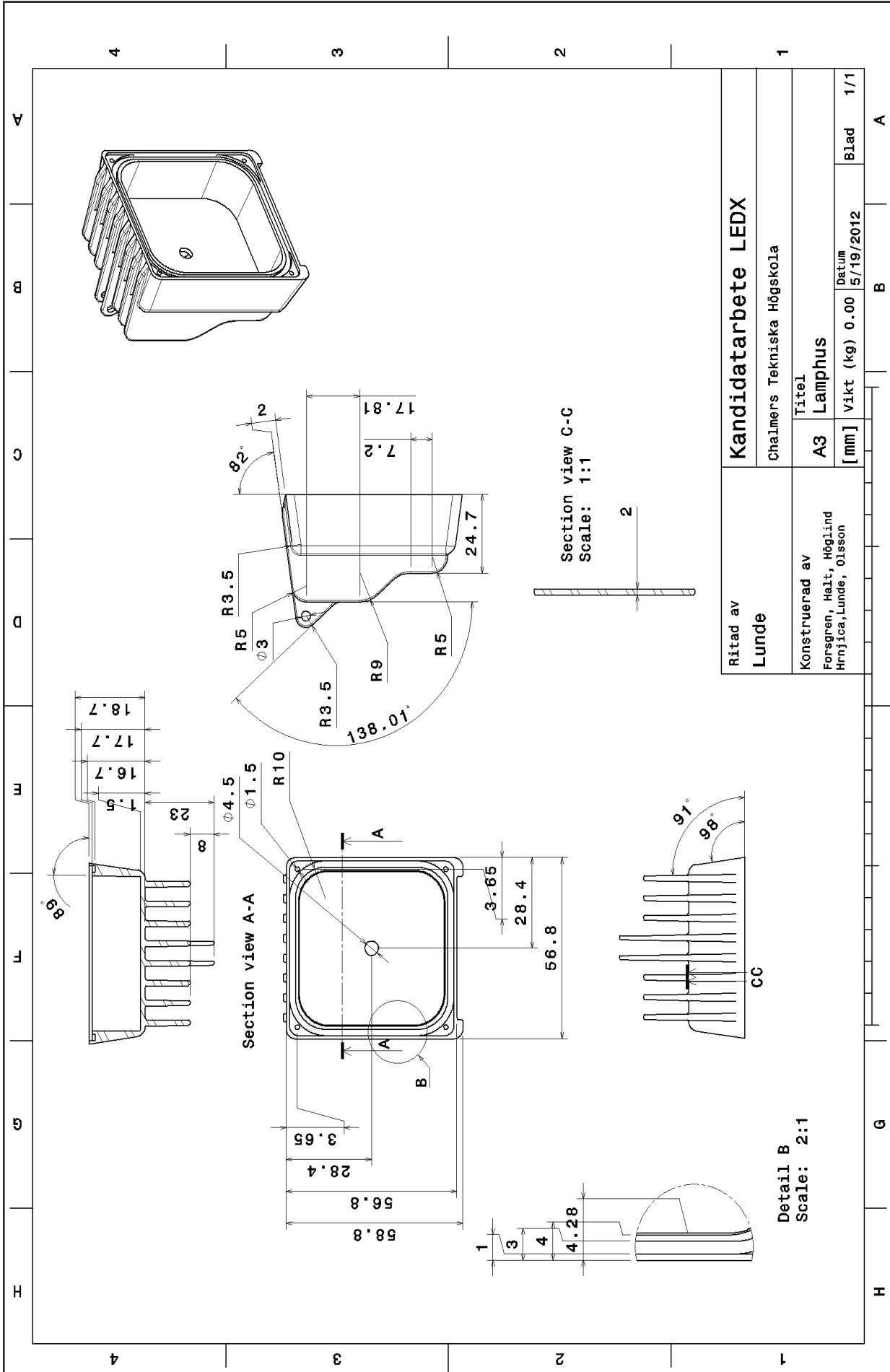
Test 8: 100% med fenflänsar (133,5 cm ²)			
	Tid [min]	Temperatur på skyddsglasat [°C]	Temperatur på kylfläns [°C]
	0		25
	1		37,5
	2		47,2
	3		56
Lampan stängdes av efter	4		62,9
5 minuter och 22 sekunder	5		68,5
(min)	5,36666		70,2

Test 8: 40% med fenflänsar (133,5 cm ²)			
	Tid [min]	Temperatur på skyddsglaset [°C]	Temperatur på kylfläns [°C]
	0		26
	1		31
	2		36
	3		40
	4		43
	5		46
	10		54
	15		60
	20		62
	25		64
	30		64
	45		64
	60		64

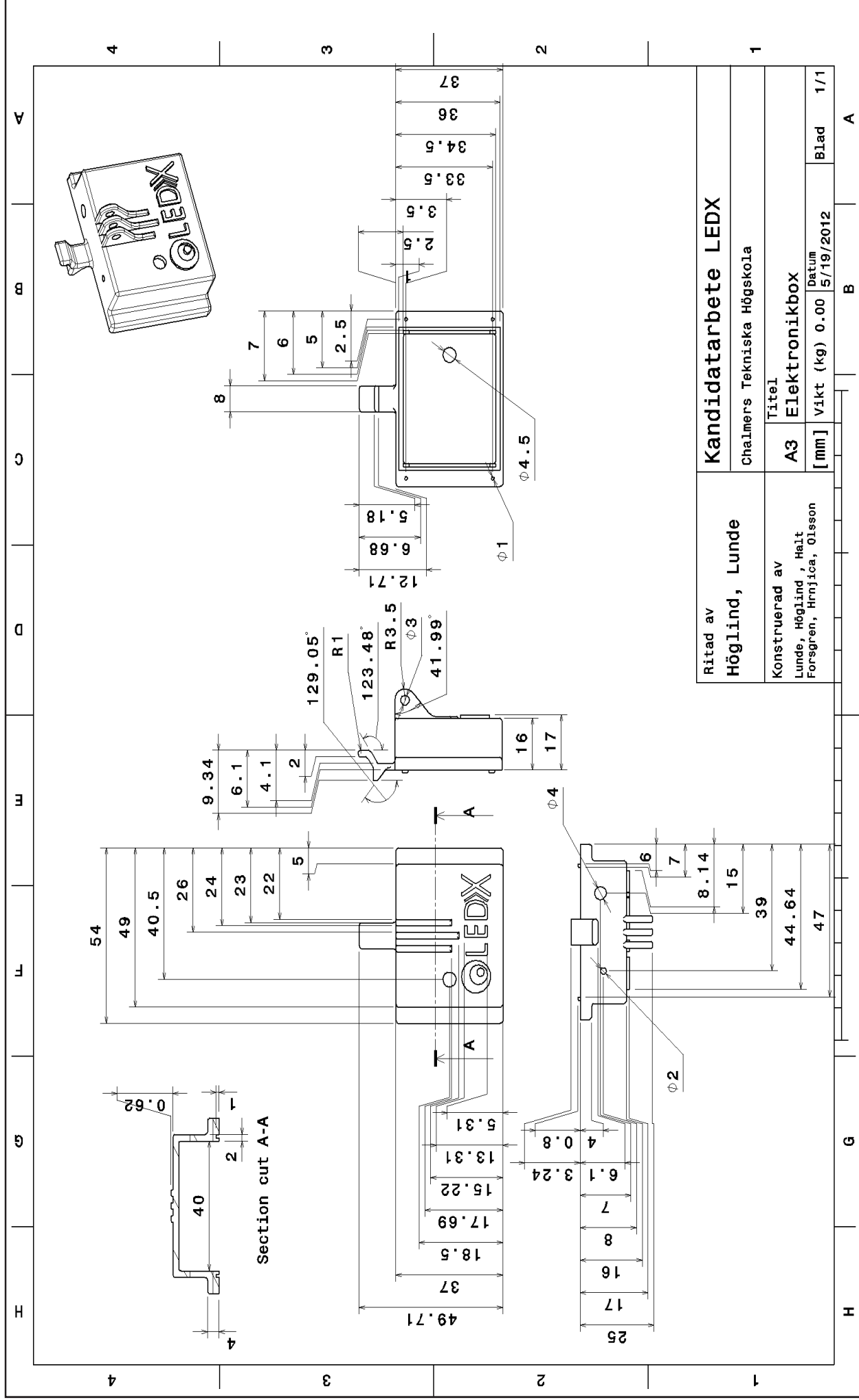
Jämförelse



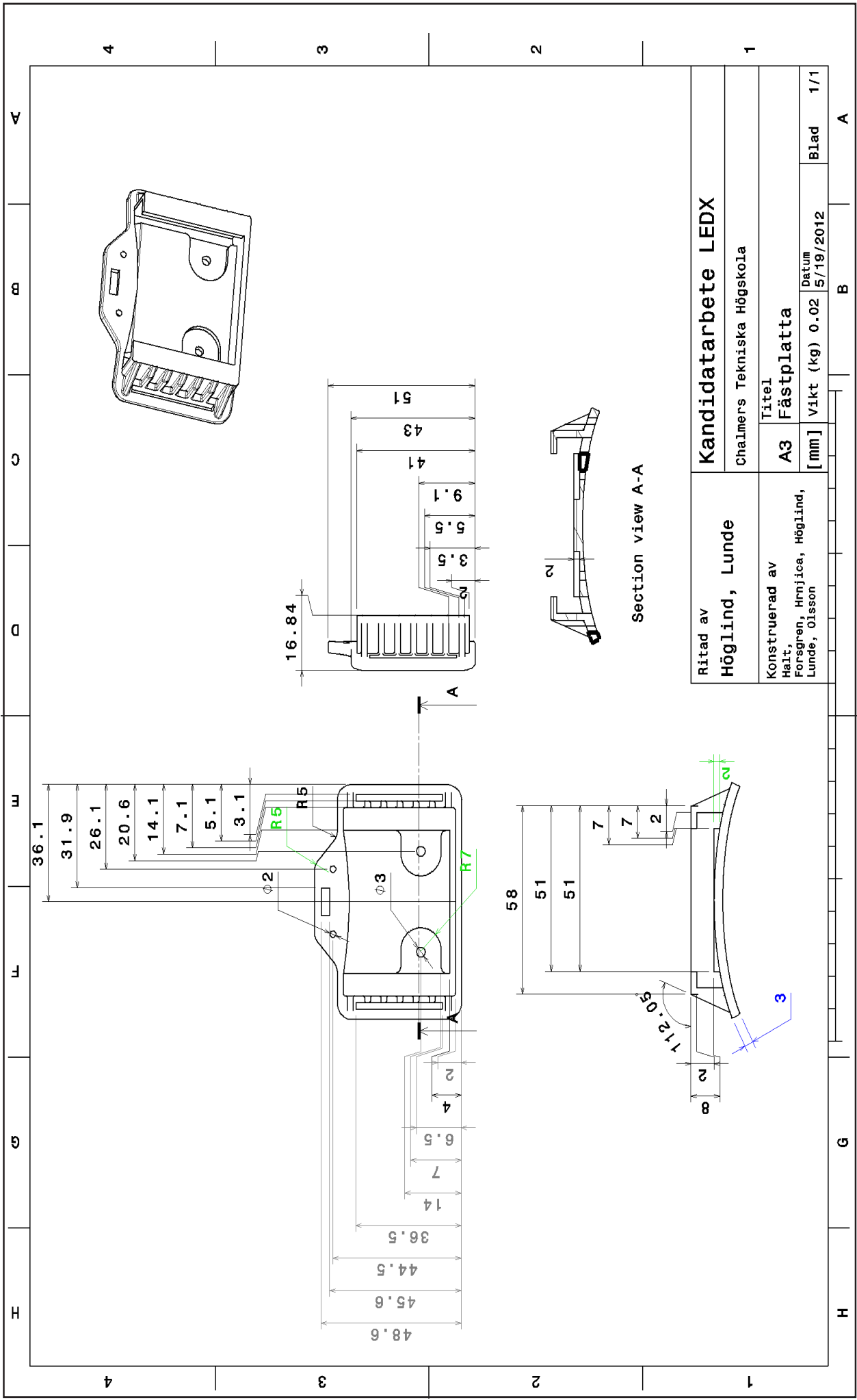
13.12 Ritningar



Kandidatarbete LEDX



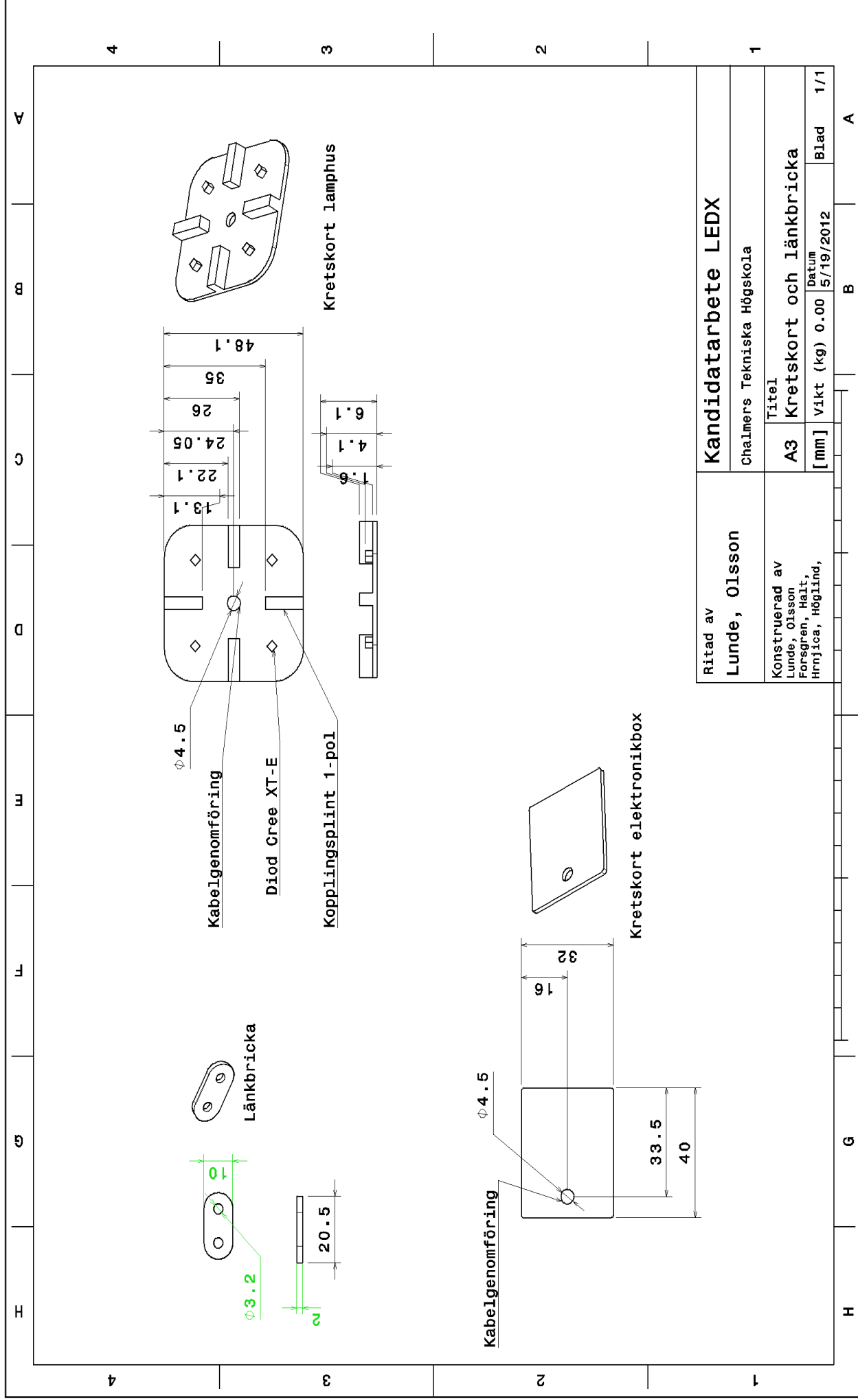
Ritad av Höglind, Lunde		Kandidatarbete LEDX	
Konstruerad av Lunde, Höglind, Hält Forsgren, Hrnjica, Olsson		Chalmers Tekniska Högskola	
Titel A3 Elektronikbox			
[mm]	Vikt (kg) 0.00	Datum 5/19/2012	Blad 1/1

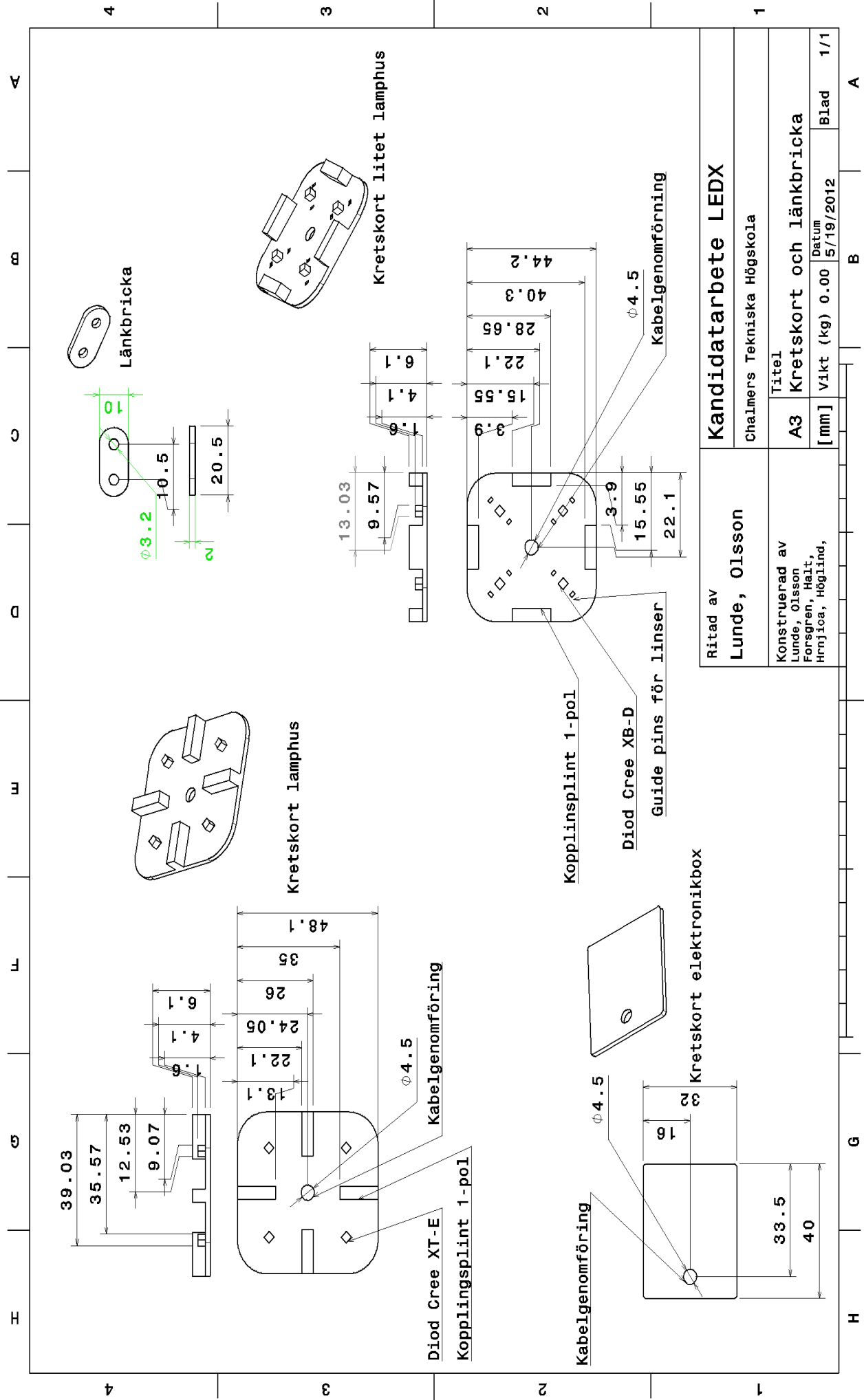


Ritad av Högglind, Lunde	Kandidatarbete LEDX		
Konstruerad av Hält, Forsgren, Hrnjica, Högglind, Lunde, Olsson	Chalmers Tekniska Högskola		
	Titel		
	A3 Fästplatta		
	[mm]	Vikt (kg) 0.02	Datum
			5/19/2012
		Blad	1/1

Section view A-A

A B C D E F G H A B C D E F G H





Ritad av Lunde, Olsson		Kandidatarbete LEDX	
Konstruerad av Lunde, Olsson Forsgren, Hält, Hrnjica, Hög Lind,		Chalmers Tekniska Högskola	
Titel A3 Krets kort och länkbricka		Titel	
[mm]	Vikt (kg) 0.00	Datum 5/19/2012	Blad 1/1

H G B A

13.13 Kostnadsberäkning

Kostnadsberäkning						
Bästa möjliga scenario						
Komponent	Styckpris	Kirurglampa med ett batteri		Kirurglampa med två batterier		Investeringskostnad
		Antal	Pris	Antal	Pris	
Chip plus dioder	700,0 kr	1	700 kr	1	700 kr	
Linser	12,0 kr	4	48 kr	4	48 kr	
Batteri 9-cells	575,0 kr	1	575 kr	2	1 150 kr	
Laddare	60,0 kr	1	60 kr	2	120 kr	
Adapter	300,0 kr	1	300 kr	1	300 kr	
Kabel	45,0 kr	2	90 kr	3	135 kr	
Huvudströmbrytare	20,0 kr	1	20 kr	1	20 kr	
Mebranknapp	10,0 kr	1	10 kr	1	10 kr	
Verktyg mebranknapp	10,0 kr	1	10 kr	1	10 kr	10 000 kr
Tryck på böjt glas	30,0 kr	1	30 kr	1	30 kr	
Plant Glas	5,0 kr	1	5 kr	1	5 kr	
Verktyg plant glas	6,0 kr	1	6 kr	1	6 kr	3 000 kr
Tryck på plant glas	10,0 kr	1	10 kr	1	10 kr	
Tejp	5,0 kr	1	5 kr	1	5 kr	
O-ring	8,0 kr	2	16 kr	2	16 kr	
Verktyg Lamphus	108,5 kr	1	108 kr	1	108 kr	54 240 kr
Material Lamphus	217,0 kr	1	217 kr	1	217 kr	
Efterbearbetning Lamphus	110,0 kr	1	110 kr	1	110 kr	
Bricka för länk	1,0 kr	6	6 kr	6	6 kr	
Verktyg för brickor	6,0 kr	1	6 kr	1	6 kr	3 000 kr
Skruv och Loctile för led	0,5 kr	4	2 kr	4	2 kr	
Verktyg Elbox	30,0 kr	1	30 kr	1	30 kr	30 000 kr
Material Elbox	10,0 kr	1	10 kr	1	10 kr	
Verktyg Fäste	15,0 kr	1	15 kr	1	15 kr	15 000 kr
Material Fäste	10,0 kr	1	10 kr	1	10 kr	
Huvudställning inkl. arbetstid	116,0 kr	1	116 kr	1	116 kr	
Kartong	13,0 kr	1	13 kr	1	13 kr	
Montering (150kr/h)	187,5 kr	1	188 kr	1	188 kr	
Slutkostnad			2716		3396	115 240 kr

Verktyg
Verktygskostnaden på delar som kan användas till flera lampor, mebranknapp, elbox, fäste, är utslagna på 1000 st.
Verktygskostnaden på delar som endast kan användas till kirurglampan, plant glas, länkar, lamphus är utslagna på 500 st.

Prisuppgifter
Kostnaderna baseras på tidigare kostnadsunderlag från LEDX, offerter och uppskattningar tillsammans med företaget. Bästa möjliga scenario innebär tillverkning av plastdetaljer i Kina med lägsta tänkbara pris på tillverkningen. Övriga verktyg och kostnader är också lägsta tänkbara.

Kostnadsberäkning						
Värsta möjliga scenario						
Komponent	Styckpris	Kirurglampa med ett batteri		Kirurglampa med två batterier		Investeringskostnad
		Antal	Pris	Antal	Pris	
Chip plus dioder	700,0 kr	1	700 kr	1	700 kr	
Linser	12,0 kr	4	48 kr	4	48 kr	
Batteri 9-cells	575,0 kr	1	575 kr	2	1 150 kr	
Laddare	60,0 kr	1	60 kr	2	120 kr	
Adapter	500,0 kr	1	500 kr	1	500 kr	
Kabel	45,0 kr	2	90 kr	3	135 kr	
Huvudströmbrytare	20,0 kr	1	20 kr	1	20 kr	
Mebranknapp	15,0 kr	1	15 kr	1	15 kr	
Verktyg mebranknapp	10,0 kr	1	10 kr	1	10 kr	10 000 kr
Tryck på böjt glas	30,0 kr	1	30 kr	1	30 kr	
Plant Glas	5,0 kr	1	5 kr	1	5 kr	
Verktyg plant glas	10,0 kr	1	10 kr	1	10 kr	5 000 kr
Tryck på plant glas	30,0 kr	1	30 kr	1	30 kr	
Tejp	5,0 kr	1	5 kr	1	5 kr	
O-ring	8,0 kr	2	16 kr	2	16 kr	
Verktyg Lamphus	108,5 kr	1	108 kr	1	108 kr	54 240 kr
Material Lamphus	217,0 kr	1	217 kr	1	217 kr	
Efterbearbetning Lamphus	110,0 kr	1	110 kr	1	110 kr	
Bricka för länk	1,0 kr	6	6 kr	6	6 kr	
Verktyg för brickor	10,0 kr	1	10 kr	1	10 kr	5 000 kr
Skruv och Loctile för led	0,5 kr	4	2 kr	4	2 kr	
Verktyg Elbox	140,0 kr	1	140 kr	1	140 kr	140 000 kr
Material Elbox	10,0 kr	1	10 kr	1	10 kr	
Verktyg Fäste	70,0 kr	1	70 kr	1	70 kr	70 000 kr
Material Fäste	10,0 kr	1	10 kr	1	10 kr	
Huvudställning inkl. arbetstid	116,0 kr	1	116 kr	1	116 kr	
Kartong	13,0 kr	1	13 kr	1	13 kr	
Montering (150kr/h)	187,5 kr	1	188 kr	1	188 kr	
Slutkostnad			3114		3794	284 240 kr

Verktyg

Verktygskostnaden på delar som kan användas till flera lampor, mebranknapp, elbox, fäste, är utslagna på 1000 st.

Verktygskostnaden på delar som endast kan användas till kirurglampan, plant glas, länkar, lamphus är utslagna på 500 st.

Prisuppgifter

Kostnaderna baseras på tidigare kostnadsunderlag från LEDX, offerter och uppskattningar tillsammans med företaget. Bästa möjliga scenario innebär tillverkning av plastdetaljer i Kina med lägsta tänkbara pris på tillverkningen. Övriga verktyg och kostnader är också lägsta tänkbara.

Kandidatarbete PPUX03

Utveckling av pannlampa

Kandidatarbete inom civilingenjörsprogrammet Teknisk Design

© Lilian Forsgren, Frida Halt, Ajdin Hrnjica,
Andreas Höglind, Samuel Lunde och Tobias Olsson

Chalmers tekniska högskola
SE-412 96 Göteborg, Sverige
Telefon +46(0) 31-772 1000

Omslagsfoto: Cad-rendering av pannlampa
Tryck: Institutionen för Produkt- och Produktionsutveckling

CHALMERS UNIVERSITY OF TECHNOLOGY
SE 412 96 Gothenburg, Sweden

Phone: + 46 (0)31 772 10 00

Web: www.tekniskdesign.se