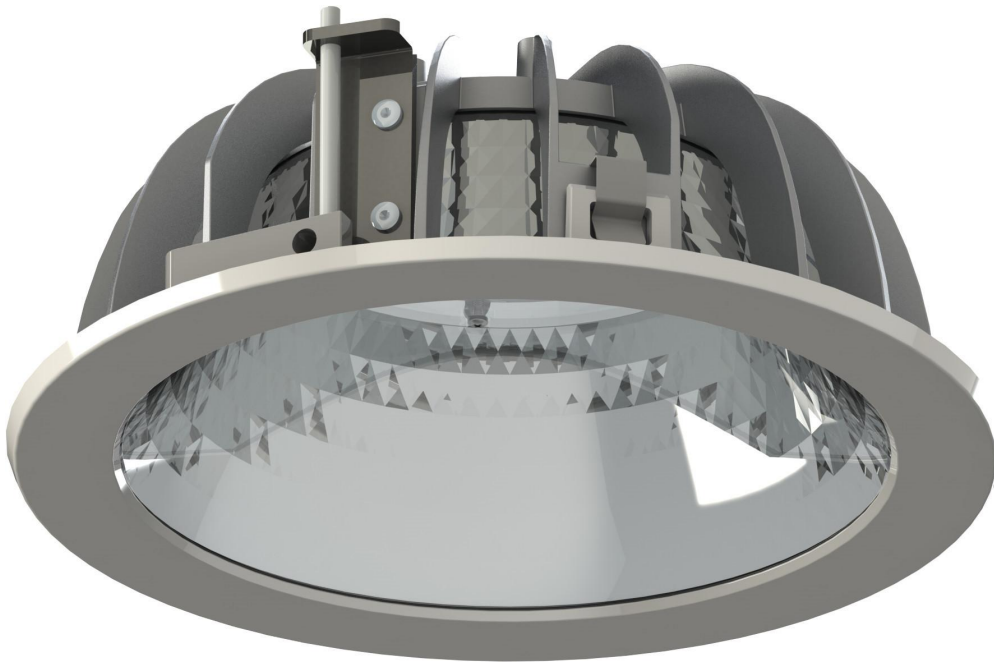


## Utveckling av LED downlight



Niklas Lövbom  
2014

Högskoleingenjörsexamen  
Maskinteknik

Luleå tekniska universitet  
Institutionen för teknikvetenskap och matematik

# Förord

Examensarbetet genomförs som en avslutning för programmet Högskoleingenjör – Maskinteknik på Luleå Tekniska Universitet i Skellefteå. Arbetet är utfört på uppdrag av företaget Nordic Light i Skellefteå. Arbetet har genomförts på Nordic Lights utvecklingsavdelning, vårterminen 2014.

Jag vill rikta stort tack till mina två handledare, Sven Eriksson och Simon Bohman på Nordic Light som har varit stort stöd genom hela arbetet. Jag vill även tacka alla andra på utvecklingsavdelningen som har kommit med åsikter och förslag samt visat intresse. Ert stöd gjorde arbetet möjligt att genomföra.

Niklas Lövbom  
Skellefteå, 2014-05-21

# Sammanfattning

Detta examensarbete behandlar utvecklingen av en ny downlight-armatur. Arbetet är utfört under 10 veckor hos Nordic Light i Skellefteå, som utvecklar, tillverkar och säljer högpresterande och energieffektiv belysning.

De senaste åren har fokuset på energieffektiva belysningsarmaturer dominerat kraftigt. Att leverera bra ljus med en samtidigt låg energiförbrukning har blivit en grundförutsättning för moderna armaturer. Eftersom att LED dominerar utvecklingen på grund av dess energieffektivitet så är målet med detta arbete att utveckla en ny LED downlight med marknadens idag effektivaste lysdioder. Det är viktigt att LEDarna har en effektiv kylning och effektiv optik för att få bästa resultat.

Resultatet utav arbetet är en ny LED downlight som utvecklats.

Armaturen består utav en ny reflektor som ger en jämn ljusbild, bra verkningsgrad och ett exklusivt utseende. Ett nytt hus som har effektiv kylning och låg materialåtgång. Samt en ny lösning för kabelavlastning. Utöver det så har befintliga komponenter återanvänts för att dra ned kostnader på att tillverka verktyg.



För att armaturen ska kunna gå vidare till försäljning krävs det en del mer arbete.

Det som återstår att göra är att:

- Namnge armaturen
- Utföra värme- och ljusstester på funktionsprototypen som beställts för att säkerställa dess funktion.
- Kontrollera armaturens EMC.
- Kontrollera att armaturen följer elsäkerhetsstandarden EN65198 med IP-klass 20.
- Kontrollera att armaturen klarar brandklassning UL94V-0.
- Se till att armaturen godkänns för CE-märkning.
- Se till att armaturen klarar miljökraven ROHS och REACH.

# Abstract

This thesis deals with the development of a new downlight fixture. The work is carried out for 10 weeks at the Nordic Light in Skellefteå, which develops, manufactures and sells high performance and energy efficient lighting.

In recent years, the focus on energy-efficient lighting fixtures has dominated heavily. To deliver great light with a simultaneously low energy consumption has become a basic requirement for modern fixtures. Since LED is dominating the development because of their energy efficiency, the goal of this work was to develop a new LED downlight with the markets today most efficient LED.

It is important that the LEDs have an efficient cooling and efficient optics to gain best results.

The work resulted in a new LED Downlight that has been developed.

The fixture consists of a new reflector that provides a uniform light pattern, good efficiency, and an exclusive look. A new house that has efficient cooling and low material consumption. As well as a new solution for cable clamping. Further to that, existing components were reused to reduce costs in manufacturing tools.



In order to proceed and bring this fixture to sale there is still more work to be done.

What remains to do is:

- Name the fixture
- Perform heat and light tests on the ordered function prototype to ensure that it its function.
- Check the luminaire EMC.
- Check that the fixture follow electrical safety standard EN65198 with IP Class 20.
- Check that the fixture can handle fire rating UL94V-0 button.
- Make sure the fixture is approved for CE marking.
- Ensure that the fixture can handle environmental standards ROHS and REACH.

# Innehållsförteckning

<b>1</b>	<b><i>Inledning</i></b> .....	<b>1</b>
1.1	Nordic Light .....	1
1.2	Bakgrund .....	1
1.3	Problembeskrivning .....	1
1.4	Syfte .....	1
1.5	Mål .....	1
1.6	Avgränsningar .....	1
<b>2</b>	<b><i>Teori</i></b> .....	<b>2</b>
2.1	Ljusbild .....	2
2.2	Gjutning .....	3
2.3	Kylning .....	4
2.4	Design .....	4
<b>3</b>	<b><i>Metod</i></b> .....	<b>5</b>
3.1	Kravspecifikation .....	5
3.2	Förstudie downlights .....	5
3.3	Utveckling av reflektor .....	5
3.4	Utveckling av hus .....	5
3.5	Konstruktion och val av komponenter .....	5
3.6	Värmesimulering .....	5
3.7	Prototyp .....	5
3.8	Funktionsprototyp .....	5
<b>4</b>	<b><i>Resultat</i></b> .....	<b>6</b>
4.1	Kravspecifikation .....	6
4.1.1	Armaturens ska-krav .....	6
4.1.2	Armaturens bör-krav .....	6
4.1.3	Armaturens utformning .....	6
4.1.4	Dokumentationskrav .....	6
4.1.5	Övriga krav .....	6
4.2	Förstudie downlights .....	7

4.3	Utveckling av reflektor .....	8
4.4	Utveckling av hus .....	12
4.5	Konstruktion och val av komponenter .....	15
4.5.1	Kabelavlastare.....	16
4.5.2	Låsarm och panel .....	17
4.5.3	Armatyren med komponenter .....	18
4.6	Värnesimulering.....	19
4.7	Prototyp .....	21
4.8	Funktionsprototyp .....	22
4.9	Slutgiltigt resultat .....	24
<b>5</b>	<b><i>Diskussion och slutsats</i></b> .....	<b>28</b>
5.1	Hus .....	29
5.2	Reflektor.....	29
<b>6</b>	<b><i>Diskussion</i></b> .....	<b>30</b>
<b>7</b>	<b><i>Fortsatt arbete</i></b> .....	<b>31</b>
	<b><i>Referenser</i></b> .....	<b>32</b>
	<b><i>Bilagor</i></b> .....	<b>I</b>
	<b><i>Bilaga 1 – Ritningar</i></b> .....	<b>I</b>

# 1 Inledning

I detta kapitel presenteras företaget, bakgrunden, problembeskrivning, syfte, mål och avgränsningar.

## 1.1 Nordic Light

Nordic Light AB är ett företag som konstruerar och tillverkar energieffektiva armaturer med hög prestanda för utomhus-, utställnings- och butiksmiljöer. Huvudkontoret ligger placerat i Skellefteå och har cirka 100 anställda. Produktionen sker till störst del i deras fabriker i Kina och armaturerna säljs världen runt. Nordic Light riktar sig mot kunder så som IKEA och H&M.

Företaget grundades 1980 under namnet AARAB Belysning och hade redan då siktet på marknaden för utställning. Sedan har de gradvis börjat utveckla armaturer för butiksbelysning i början på 90-talet.

## 1.2 Bakgrund

De senaste åren har fokus på energieffektiva belysningsarmaturer dominerat kraftigt. Att sänka energiförbrukning och samtidigt leverera bra ljus är en grundförutsättning för moderna armaturer.

LED dominerar utvecklingen på grund utav dess energieffektivitet men att ta till vara på LEDarnas goda egenskaper är en utmaning. Det krävs effektiv kylning och effektiv optik. Varje ny konstruktion medför nya förutsättningar för att utvecklingen går mot högre effekter.

## 1.3 Problembeskrivning

En ny PCB (Printed Circuit Board) håller på att utvecklas med 144 LEDar utav Nordic Light, med målet att få ut 3000 lumen ur armaturer.

Det behöver utvecklas en ny armatur som denna PCB går att montera i.

## 1.4 Syfte

Syftet med examensarbetet är att utveckla en ny LED-baserad downlight med marknadens idag effektivaste lysdioder.

## 1.5 Mål

Målet är att med ljus- och värmesimuleringar konstruera en armatur med en lämplig spridningsvinkel, jämn ljusbild, hög effektivitet och effektiv kylning. Att med befintliga alternativt nya komponenter och ny design, utveckla en armatur med målvärdet 100 Lumen/Watt vilket är en marknadsledande målsättning.

Armaturen skall vara optimerad för de krav som ställts på den.

## 1.6 Avgränsningar

Utveckling av elektroniken för armaturen ingår inte i projektet, armaturen ska bara anpassas för att passa till den till den elektronik som Nordic Light själva utvecklar.

# 2 Teori

## 2.1 Ljusbild

Ljusbilden beskriver hur ljuset fördelas från ljuskällan. Hur stor en ljusbild är bör anpassas efter syftet. En spotlight som används för punktbelysning bör ha en liten ljusbild för att det är ett litet område man vill lysa upp. En downlight vill man ha bred så att den lyser upp en stor yta men inte så bred att man blir bländad utav den.

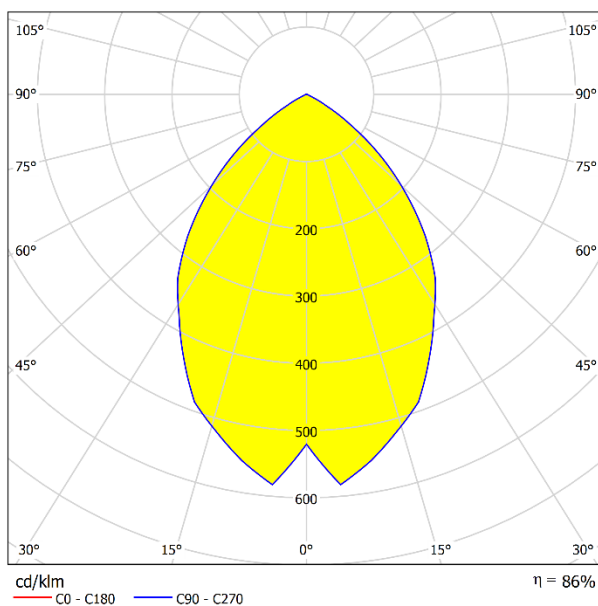
En jämn ljusbild ger som det låter en jämt belyst yta till skillnad från en ojämn ljusbild som kan visa cirklar eller punkter.

Nordic Light använder sig utav polardiagram och kondiagram som är väldigt användbara för att beskriva hur ljusbilden ser ut. Polardiagram visar mängden ljus i olika vinklar och kondiagram visar spridningsvinkeln och mängden ljus på olika distanser.

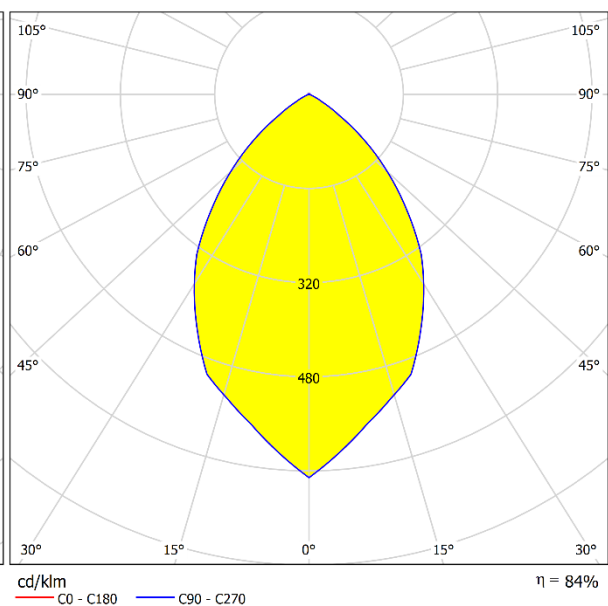
För att beskriva hur dessa diagram ska avläsas tas några exempel upp.

Figur 1 nedan visar ett polardiagram med en grop i mitten. Detta innebär att en mörk punkt på ljusbildens centrum kommer uppstå och det vill man undvika.

Figur 2 nedan visar ett polardiagram med en topp i mitten. Detta innebär att en ljus punkt på ljusbildens centrum kommer uppstå och det här vill man så klart också undvika.



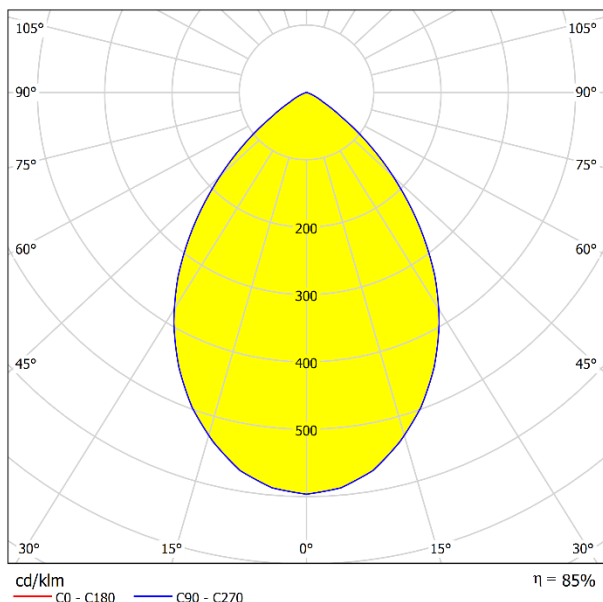
Figur 1 visar polardiagram 1



Figur 2 visar polardiagram 2

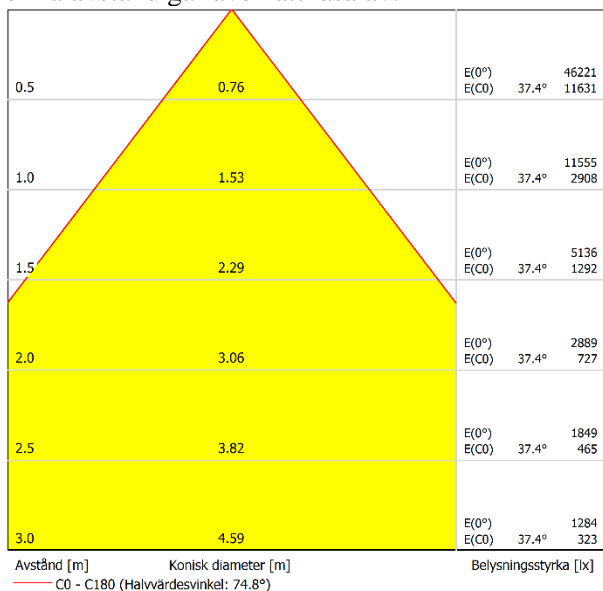
Figur 3 nedan visar ett polardiagram med en jämn övergång. Detta ger en fin ljusbild utan ljusa/mörka cirklar. Dock är ljusbilden inte perfekt i och med att ljusstyrkan avtar lite för snabbt när man går från centrum.





**Figur 3 visar polardiagram 3**

Figur 4 nedan visar ett kondiagram där spridningsvinkeln går att se. Belysningsstyrkan angivet i lux på olika avstånd går även att läsa av.



**Figur 4 visar ett kondiagram**

## 2.2 Gjutning

Detaljer som ska gjutas måste ha en släppvinkel på  $\sim 1^\circ$  eller mer för att möjliggöra att detaljen går att få ut ur gjutformen. Detaljer får inte heller vara för smala för att den smälta metallen eller plasten ska kunna tränga in och fylla hela volymen under gjutningen. Det får inte heller finnas för långa och trånga ytor för att gjutverktyget inte ska gå sönder under gjutningen på grund utav en del av verktyget blev för smal.

## **2.3 Kylning**

All värme i armaturen kommer att genereras i lysdioderna på PCBn. Denna värme måste ledas bort så att temperaturen vid LEDarna inte överstiger den rekommenderade temperaturen. Detta görs med att ha ett värmeledande material som ligger i kontakt med PCBn som kan leda bort värmen till kylflänsar som effektiviserar konvektion och strålning.

## **2.4 Design**

Nordic Light vill ha stilrena armaturer för att kunna attrahera så bred massa som möjligt. Det ska vara enkla och neutrala former. Armaturerna ska också vara funktionella och pålitliga.

# 3 Metod

Allt konstruktionsarbete och alla simuleringar görs i SolidWorks som är ett CAD-program.

## 3.1 Kravspecifikation

För att fastställa arbetets omfattning skrevs en kravspecifikation.

## 3.2 Förstudie downlights

En förstudie på Nordic Lights sortiment görs för att se om komponenter och idéer som går att återanvända.

## 3.3 Utveckling av reflektor

En reflektor utvecklas med hjälp utav ljussimuleringar för att optimeras mot kraven.

## 3.4 Utveckling av hus

Ett hus utvecklas för att hålla reflektorn och PCBn.

## 3.5 Konstruktion och val av komponenter

Huset anpassas så att befintliga komponenter går att återanvända.

Nya komponenter utvecklas för ersätta de befintliga komponenterna som inte är optimala.

## 3.6 Värmesimulering

För att kontrollera att kylningen är effektiv så görs värmesimuleringar.

## 3.7 Prototyp

Utskrift i plast görs för att kontrollera modeller i verkligheten.

## 3.8 Funktionsprototyp

För att göra tester i verkligheten och säkerhetsställa armaturens funktion krävs en funktionsprototyp.

Därför beställs en funktionsprototyp.

# 4 Resultat

I detta kapitel redovisas resultaten.

## 4.1 Kravspecifikation

Vid projektets start gjordes en kravspecifikation tillsammans med Nordic Light för att fastställa vad som arbetet skulle leverera.

### 4.1.1 Armaturens ska-krav

- Ska gå använda som allmän butiksbelysning (Jämn ljusbild)
- LEDarnas temperatur får ej överstiga [Sekretessbelagt]
- Huset ska gå att gjuta i aluminium.
- Bredstrålände spridningsvinkel ( $70\pm 5^\circ$ )
- Ska antingen konstrueras för jordat eller dubbelisolerat.

### 4.1.2 Armaturens bör-krav

- Effektivitet på 100 lumen/watt
- Lätt att installera
- Billig att tillverka
- Ta fram funktionsprototyp
- Reflektor [Sekretessbelagt].

### 4.1.3 Armaturens utformning

- Designas med kylande flänsar
- Användarvänlig design
- Ska följa uppdragsgivarens formtycke

### 4.1.4 Dokumentationskrav

- Rapport
- CAD-modell i SolidWorks
- Ritningar
- Prototyp

### 4.1.5 Övriga krav

- Ska inte störa EMC.
- Ska följa elsäkerhetsstandarden EN65198 med IP-klass 20
- Ska klara brandklassning UL94V-0
- Ska godkännas för CE-märkning
- Klara miljökraven ROHS och REACH

## 4.2 Förstudie downlights

En förstudie på nuvarande downlight Vega [1] gjordes för att uppdragsgivaren ville ha en downlight utav liknande typ. Vega studerades som 3D-modell samt skruvades isär i verkligheten för att förstå alla dess funktioner och brister.

Vegan är uppbyggd runt en PCB med en diameter som är endast ~3 % mindre än den som kommer användas i den nya armaturen, så den kan anses så en väldigt bra riktlinje.

De resultat som förstudien av Vegan har bidragit till redovisas i Tabell 1 nedan

**Tabell 1 visar resultat från förstudien av Vegan**

Fördelar	Nackdelar
Bra kylning	Huset kräver mycket material
Bra utseende	Höjden ger dålig frigång till tak
Reflektorn ger en jämn ljusbild	Reflektorn består av 2 delar
	Linsen är en separat komponent

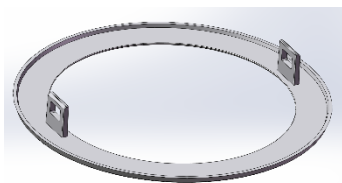
Fler armaturer ur Nordic Lights sortiment studerades för att undersöka om det fanns komponenter att återanvända utöver de komponenter som finns på Vegan. Detta gjordes för att minska kostnader på slippa göra nya verktyg.

De komponenter som ansågs användbara till den nya armaturen listades upp.

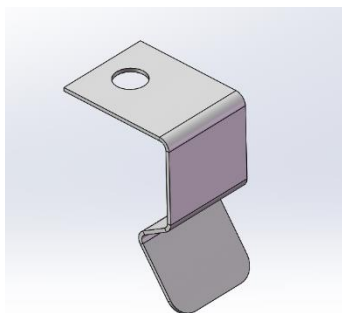
Dessa komponenter ansågs användbara:

- Panel – Används för att täcka över skruvar och kanter, gör armaturen visuellt snyggare när den monteras på taket.
- Panelfjäder – Används för att fästa panelen på huset.
- Låsarmsfäste – Används för att fästa låsarmen på huset.
- Låsarm – Används för att enkelt fästa armaturen i taket underifrån med en skruv.
- Kabelavlastare – Används för att låsa fast kabeln och göra armaturen säkrare.

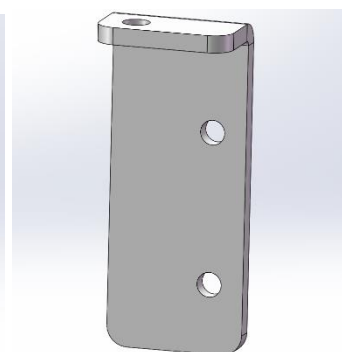
Dessa komponenter visas i Figur 5 - Figur 10 nedan.



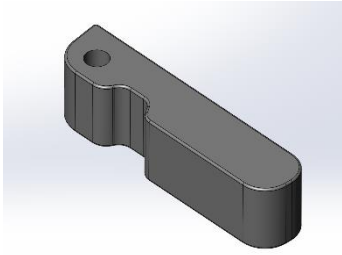
**Figur 5 visar panelen**



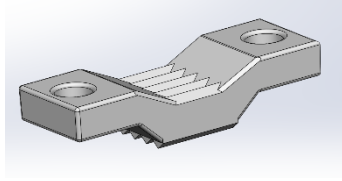
**Figur 6 visar panelfjädern**



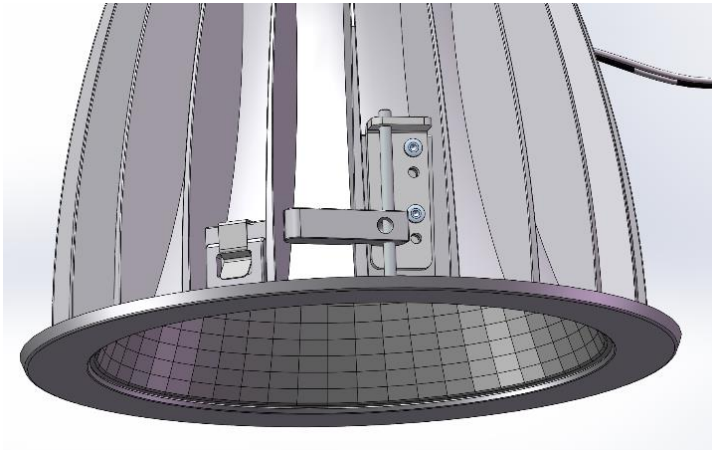
**Figur 7 visar låsarmsfästet**



**Figur 8 visar låsarmen**



**Figur 9 visar kabelavlastaren**

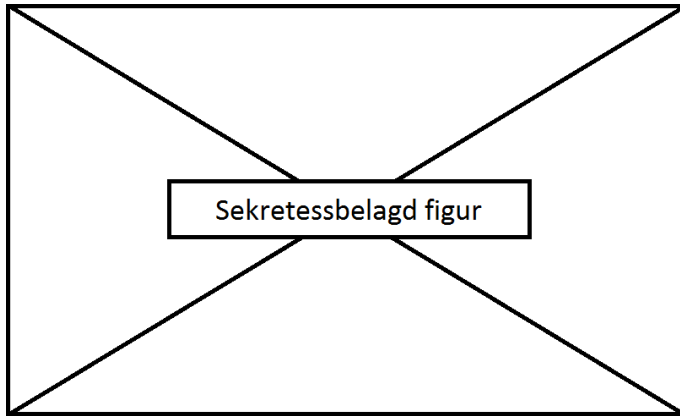


**Figur 10 visar några utav komponenterna monterade på Vegan**

### **4.3 Utveckling av reflektor**

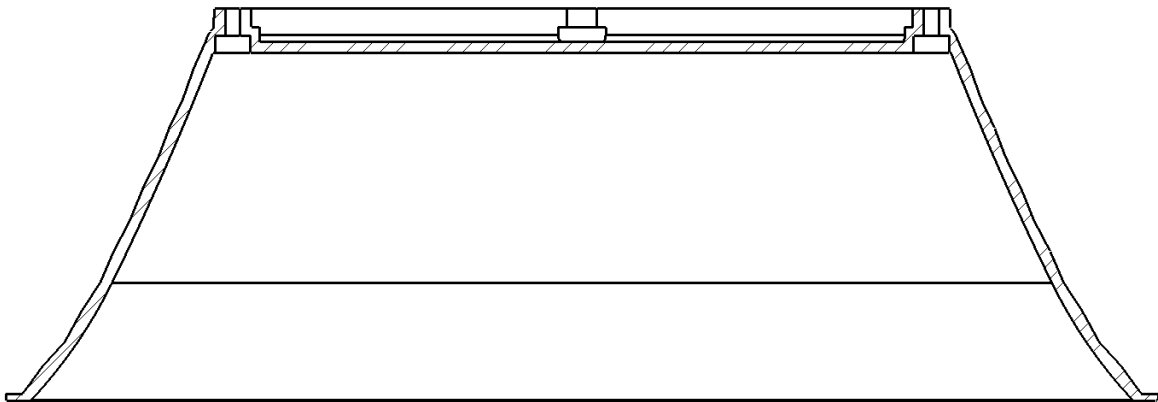
Reflektorn ville uppdragsgivaren göra på ett specifikt vis. Reflektorn och linsen skulle [Sekreteressbelagt].

Därför har en reflektor [Sekreteressbelagt] konstruerats enligt Figur 11 nedan utvecklats. [Sekreteressbelagt].



**Figur 11 visar reflektorn och dess utvändiga mönster**

Reflektorn konstruerades så att den [Sekretessbelagt]. Skruvhålen för fästning av reflektorn gjordes nedsänkta så att skruvarna ska bli så osynliga som möjligt. Reflektorns tvärsnitt går att se i Figur 12 nedan.

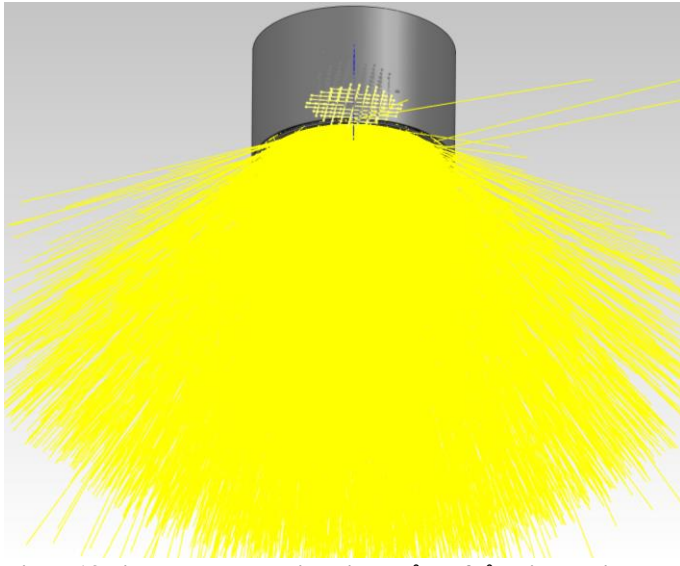


**Figur 12 visar reflektorns tvärsnitt**

Sedan ska även reflektorn konstrueras så att ljuset reflekteras korrekt och att ljuset studsar så få gånger som möjligt för att det minskar förlusterna. Detta går att kontrollera i OptisWorks som är en add-in till SolidWorks, som är till för ljussimuleringar.

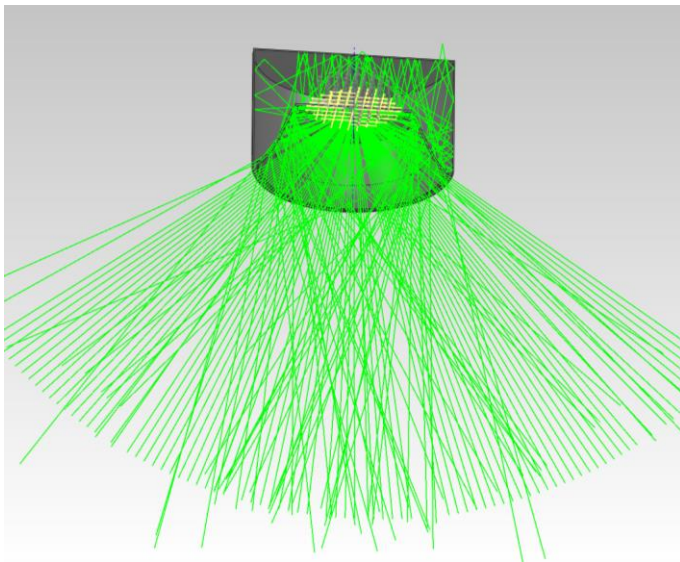
Så efter att reflektorn hade rätt utseende så gjordes en assembly med reflektorn och PCBn. Alla material och ytor blev angivna sina optiska egenskaper utifrån materialdata som Nordic Light har. RAY-filer sattes i assemblyn där varje enskild LED ska sitta. Dessa RAY-filer skickar ut några miljoner slumpmässiga strålar som ska efterlikna ljus som sedan kan mätas och studeras, och på så vis få den information man behöver för att kunna analysera ljusbilden.

En simulering gjordes med 10 miljoner ljusstrålar per LED och med ray tracing kan man se några slumpmässigt utvalda strålar enligt Figur 13 nedan. Från simuleringen gick det även att ta ut polar- och kondiagram.



**Figur 13 visar slumpmässiga ljustrålar från simulationen**

Dock är det svårt att se hur ljuset faktiskt reflekteras med alla dessa strålar. Så för att kunna se bättre gjordes ett tvärsnitt med enbart en ljuskälla i centrum enligt Figur 14 nedan.

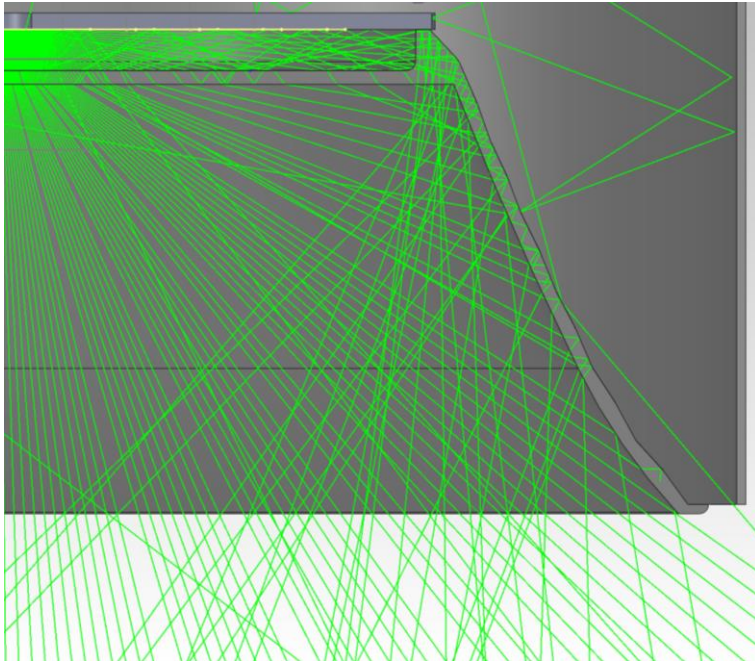


**Figur 14 visar tvärsnitt med strålar från en punktkälla**

Då man har tvärsnittet kan man zooma in och titta hur ljuset reflekteras ordentligt. Detta gjordes för att förstå vilka ytor som behövdes justeras. Så efter flera justeringar och simuleringar fick man till slut fram en reflektor som gav en jämn ljusbild och hög verkningsgrad. Den höga verkningsgraden uppnåddes genom att försöka se till att ljuset studsade enbart en gång mot reflektorn, i och med att ljuset tappar energi varje gång den [Sekretessbelagt].

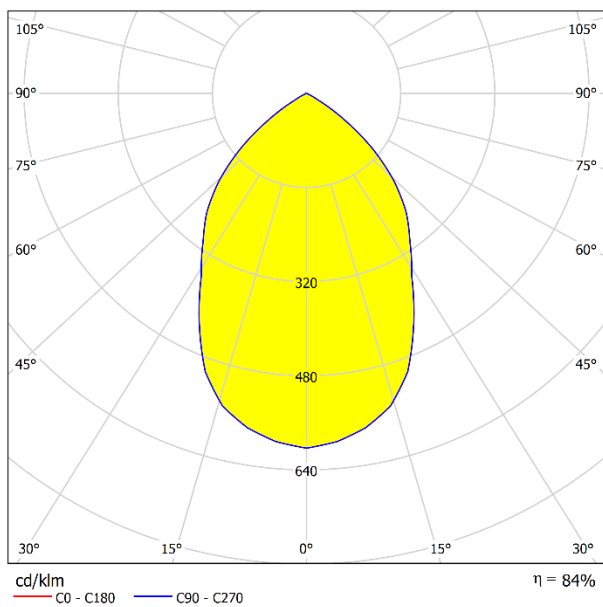
I Figur 15 nedan går det att se hur ljuset reflekteras i den slutgiltiga reflektorn.



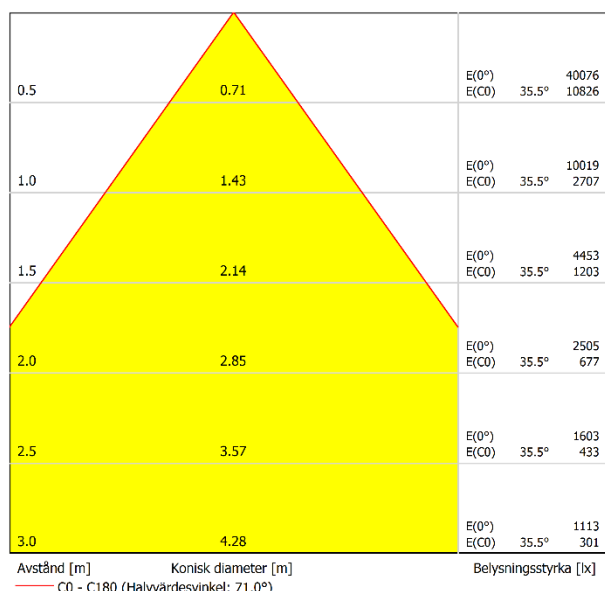


**Figur 15** visar hur ljuset från punktkällan reflekteras inom reflektorn i tvärsnittet

Polar- och kondiagram som går att se i Figur 16 och Figur 17 gjordes med en sista simulering med 5 gånger så många ljusstrålar för att säkerhetsställa att resultaten var korrekta. Det går att avläsa från dem att ljusbilden är jämn, verkningsgraden ligger på 84% samt att spridningsvinkeln är 71°.



**Figur 16** visar polardiagrammet från simuleringen



**Figur 17 visar kondiagrammet från simuleringen**

Utifrån dessa simuleringar och testdata från andra armaturer säger experter på Nordic Light att denna armatur kommer ha en effektivitet mellan 90 och 100 Lumen/Watt. Dock går det inte att veta förrän tester har gjorts på den färdigtillverkade armaturen.

## 4.4 Utveckling av hus

När man vet dimensionerna på reflektorn och PCBn som är två utav huvudkomponenterna i armaturen, så kan man konstruera den tredje huvudkomponenten, nämligen huset runt om de måtten.

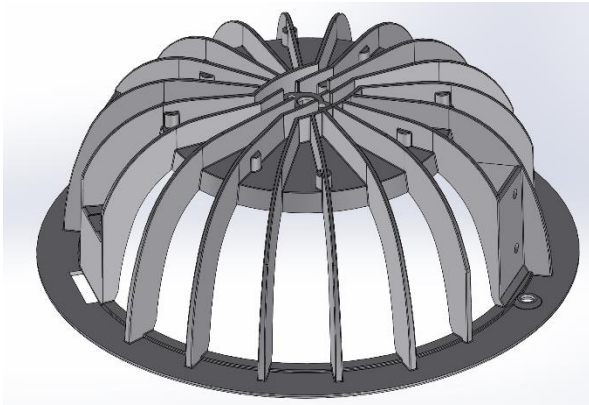
Eftersom att huset ska gå gjuta i aluminium måste det konstrueras med släppvinklar. Ideellt vill man konstruera huset så det går att gjuta i ett tvådelat verktyg, därför kommer huset konstrueras med en släppvinkel i riktning nedåt och den andra släppvinkeln i motsatt riktning, uppåt. Huset ska även konstrueras med kylflänsar för att effektivisera kylningen. För att minska tillverkningskostnader kommer även huset att konstrueras med så liten materialåtgång som möjligt.

Huset optimeras utifrån kraven.

I och med att diametern på reflektorn inte blev allt för olik Vegans så valdes det att göra ett hus med [Sekreteressbelagt].

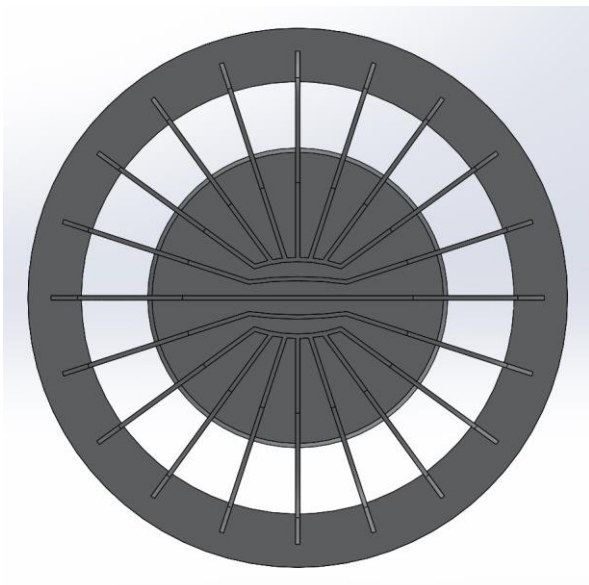
För att spara på så mycket material som möjligt konstruerades huset så tunt som gjutningen tillåter och för att spara ännu mer material så gjordes valet att konstruera huset utan en omslutande vägg enligt Figur 18.

För att kunna fästa reflektor och PCB på huset krävdes det skruvtorn. För dessa gjordes ett medvetet val att placera alla som går under kylflänsar för att göra dem mer diskreta samt spara på ännu mer material. Huset blev 67mm högt och 188mm i diameter.



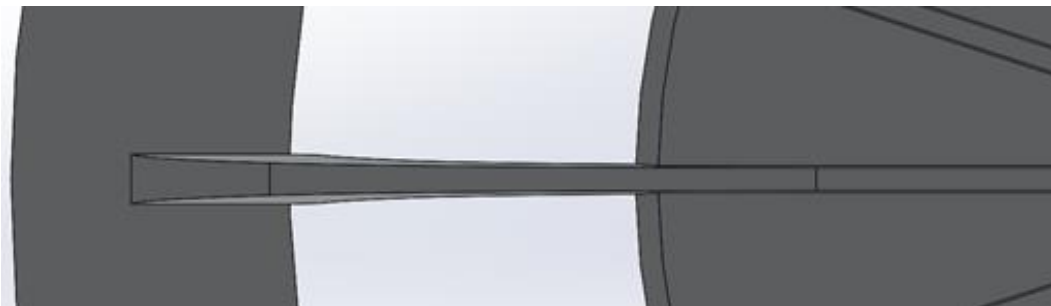
**Figur 18 visar huset**

För att det ska gå gjuta huset får det inte vara för små mellanrum mellan kylflänsarna. Därför har kylflänsarna konstruerats enligt Figur 19 nedan. Detta ger nog med mellanrum för att gjutningen ska bli möjlig. [Sekretessbelagt].

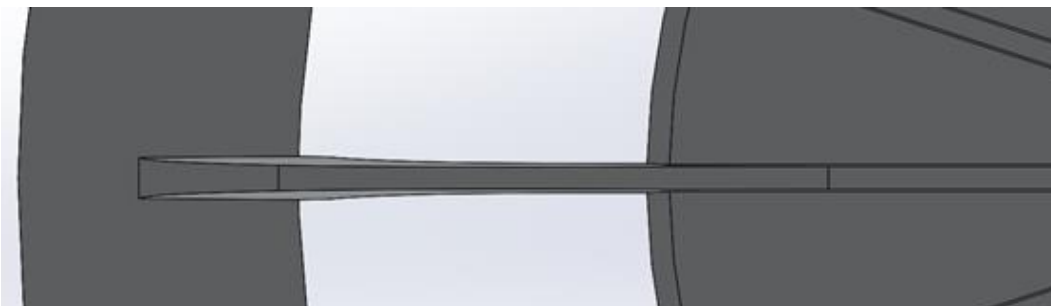


**Figur 19 visar flänsarnas utformning**

I och med att gjutningen kräver släppvinklar resulterar det i att kylflänsarna blir tjocka längst ned, det resulterar i sin tur onödig materialåtgång, för att det längst ned kylflänsarna är som minst effektiva. Lösningen till detta var att lägga en vinkel utifrån den punkt kylflänsarna börjar gå ned så att de blir smalare desto längre ifrån husets centrum i radiellt led de kommer. På så vis sparar man material utan att det påverkar tjockleken på kylflänsarna som ligger plant på toppen. Skillnaden detta gör går att se i Figur 20 och Figur 21 nedan.

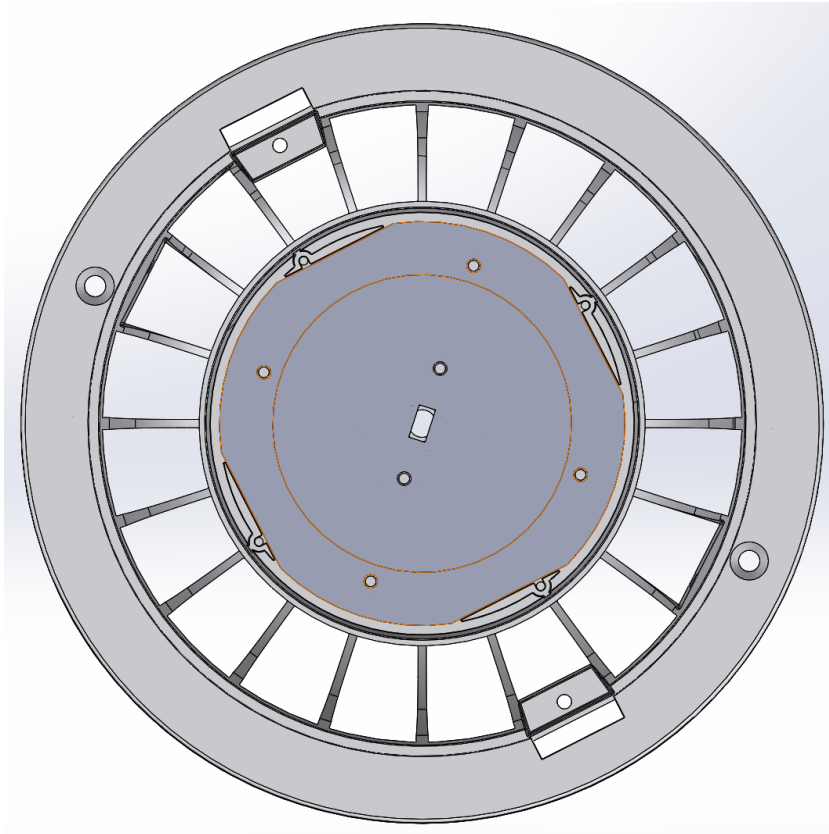


**Figur 20** visar hur enbart släppvinkeln ökar kylflänsarnas tjocklek sett från ovan

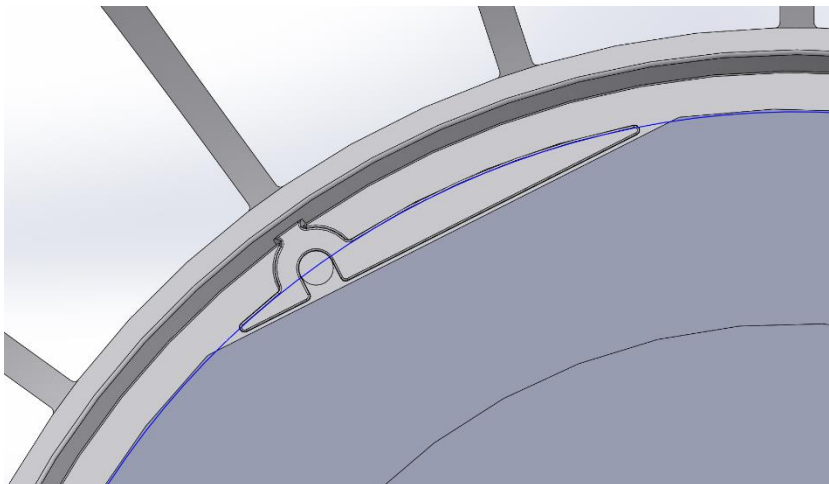


**Figur 21** visar hur den radiella vinkeln minskar kylflänsarnas tjocklek sett från ovan

Husets insida har fyra skruvtorn till reflektorn som är placerade precis utanför PCBn. Dessa går att se i Figur 22 nedan. Skruvtornen är speciellt utformade för att förhindra att ljus smiter ut bakom reflektorn. Reflektorns yttre diameter har markerats i Figur 23 med en blå linje.



Figur 22 visar huset underifrån med en attrapp av PCBn monterad



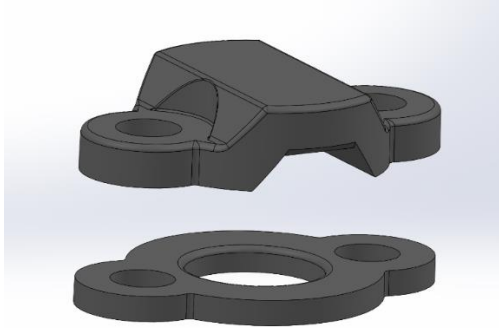
Figur 23 visar skruvtornens utformning samt markering för reflektor

## 4.5 Konstruktion och val av komponenter

### 4.5.1 Kabelavlastare

I och med att kabelavlastningen inte får ske mot metall på grund utav en elsäkerhet så krävs två stycken likadana kabelavlastare. En som ligger under och en som ligger ovanpå kabeln och klämmer fast den. Utöver detta så krävdes ett lock för att täppa igen hålet i centrum där själva sladden från PCBn kommer ut. Detta resulterade i att ett nytt lock behövdes konstrueras och att kabelavlastaren placeras på ett sådant sätt att det ser bra ut samtidigt som den är skonsam mot kabeln. Denna lösning kändes inte optimal så ett nytt koncept generades så att locket som skulle konstrueras skulle även kunna användas som kabelavlastare.

Utifrån detta koncept konstruerades en kabelavlastare som består av två delar enligt Figur 24 nedan.



Figur 24 visar konceptet för kabelavlastare

Dessa två delar ska gå att tillverka med samma gjutverktyg. Vilket drar ned på kostnader om verktyg ska göras.

Då återstod det att väga dessa lösningar mot varandra för att avgöra vilken som faktiskt var bättre. En väldigt enkel kostnadsavvägning gjordes enligt Tabell 2 nedan.

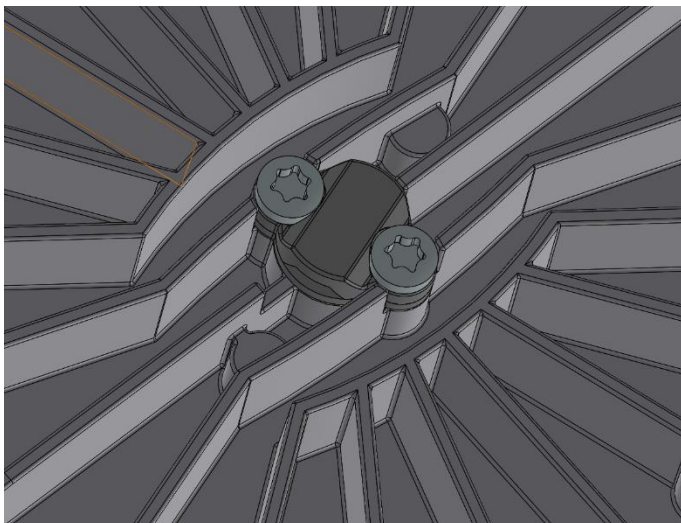
Tabell 2 visar kostnader för de olika alternativen av kabelavlastare

Alternativ	Antal nya produktionsverktyg	Antal komponenter
Befintlig kabelavlastare + lock	1	3
Eget koncept	1	2

Den enda skillnaden i avvägningen är att det nya konceptet kräver färre komponenter. Detta betyder även i sin tur att det blir en enklare montering och enklare underhåll om det så ska ske. Utöver denna avvägning så är det nya konceptet utseendemässigt även bättre.

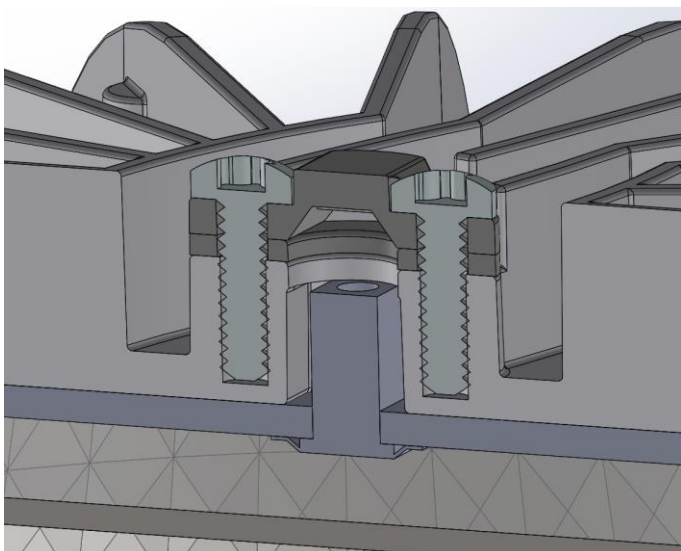
Så valet gjordes att köra på det nya konceptet.

Till kabelavlastaren konstruerades en upphöjning utav samma form som själva kabelavlastaren enligt Figur 25 nedan för att få bästa stabilitet och utseende. En liten utskärning på en av kylflänsarna gjordes även för att ge den genomgående kabeln mer utrymme.



**Figur 25** visar lösningen för kabelavlastaren

Kabelavlastaren är placerad i centrum precis ovanför ”poke home” anslutningen sticker genom PCBn som en dubbelisolerad el-kabel kommer sitta fäst i. Se Figur 26 nedan. Detta är för att kabelavlastaren ska kunna uppfylla sin dubbla funktion som kabelavlastare och täcklock.

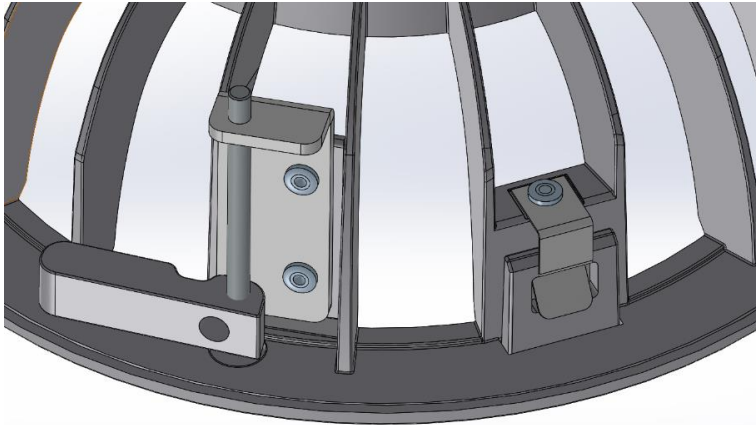


**Figur 26** visar kabelavlastaren i ett tvärsnitt genom centrum

#### **4.5.2 Låsarm och panel**

Låsarmen och panelen med tillhörande fästen ansågs vara smarta och användarvänliga lösningar så de återanvändes genom att konstruera liknande fästytor mellan flänsarna som på Vegan. Se figur Figur 27 nedan. Det viktiga var att se till att inga komponenter sticker ut för långt utanför kylflänsarnas diameter för att förenkla montering. Detta är för att armaturen ska gå att trycka upp i ett hål i taket, och kylflänsarna ska styra den på plats.

Panelen dimensionerades om för att passa till armaturen.



**Figur 27** visar lösningen för hur panelfjädern, låsarmen och panelen fästs

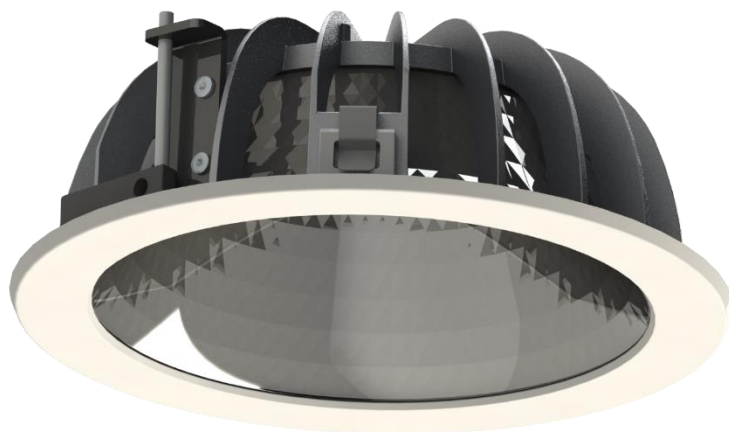
### **4.5.3 Armaturen med komponenter**

I Figur 28 till Figur 30 nedan går det att se renderade bilder utav armaturen från olika vyer med alla komponenter ditsatta. Dessa renderingar gav en bättre bild av hur armaturen kommer att se ut i verkligheten med komponenterna monterade.

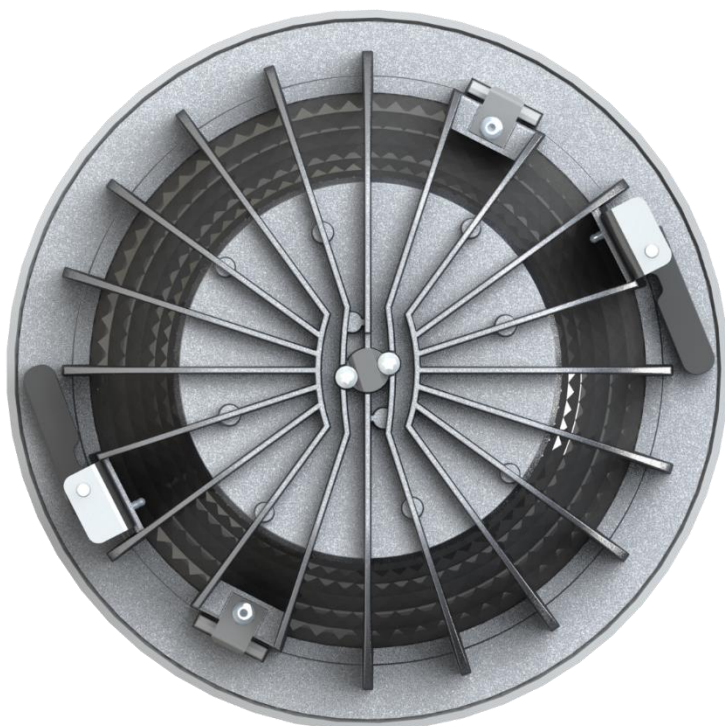


**Figur 28** visar armaturen från snett ovan ifrån





**Figur 29** visar armaturen snett under ifrån



**Figur 30** visar armaturen från ovan

## **4.6 Värmesimulering**

När huset är färdigmodellerat görs en assembly med armaturen monterad på en takskiva för att för att simulera värmen i den miljö den kommer befinna sig i.

För att utföra simulationen används Flow Simulation som också är en add-in i SolidWorks.

Inställningar görs för att simuleringen tar hänsyn luftens temperatur, vilka material armaturens olika delar har och vilken värmelast som uppstår vid PCBns LEDar.

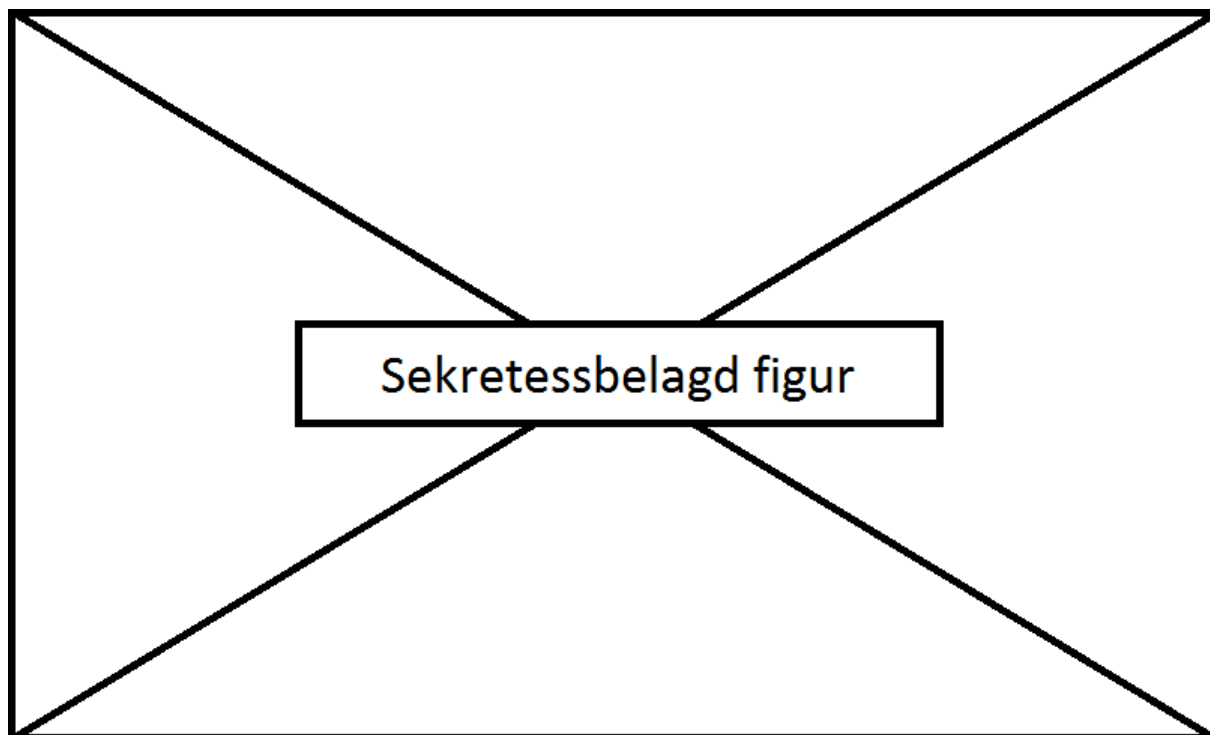
Utifrån tidigare tester på en annan typ av armatur med samma typ av LEDar som Nordic Light utfört så kunde man estimeras hur stor värmelasten blir från denna PCB också. Värmelasten estimerades vara 20W.

I och med att LEDarna ligger så kompakt på PCBn valdes det att lägga värmelasten jämnt fördelat på den yta som LEDarna låg utspridda på.

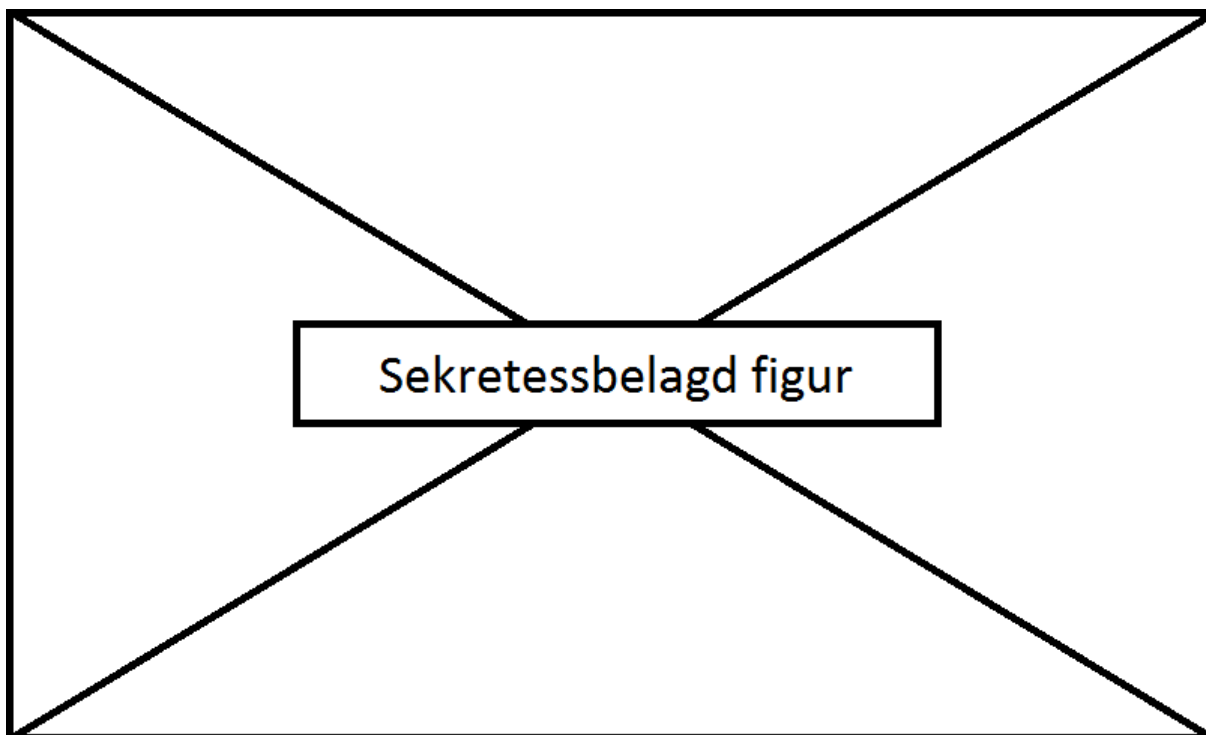
Lufttemperaturen sattes som 25°C.

Simuleringen kördes med inställningar att visa resultatet där jämvikt uppstår.

Simuleringen gav resultaten som presenteras i Figur 31 och Figur 32 nedan.



Figur 31 visar armaturens temperatur i ett tvärsnitt genom centrum med en skala mellan [Sekretessbelagt].



Figur 32 visar luftflödet i ett tvärsnitt genom centrum med en skala [Sekretessbelagt].

Som det går att se i Figur 31 så är den varmaste punkten på PCBn, det går även att se att denna temperatur uppnår [Sekretessbelagt]. Detta är med marginal under LEDarnas rekommenderade högsta temperatur på [Sekretessbelagt]. Det vill säga att det är möjligt att ta bort ännu mer material på kylflänsarna, men det valdes att inte göras för att kunna möjliggöra att sätta dit kort med högre effekt i detta hus.

Figur 32 visar att luftflödet kan röra relativt fritt mot centrum. Detta tyder på att kylflänsarna utformning inte behöver ändras.

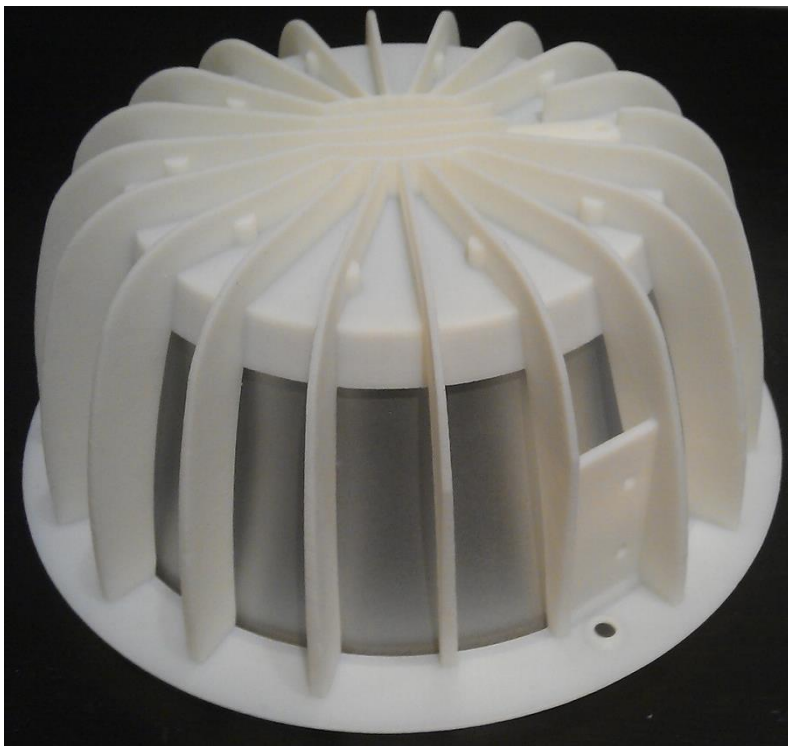
En ytterligare värmesimulering gjordes för att testa med en större värmelast. Den simuleringen visade att vid en värmelast på hela 33W som är drygt 60% större än vad denna PCB kommer generera så uppnådde temperaturen [Sekretessbelagt], vilket fortfarande ligger inom kraven. Detta visar att det är möjligt köra PCBs som ger en värmelast upp till 33W i detta hus utan att problem uppstår.

## 4.7 Prototyp

En prototyp skrevs ut i Nordic Lights 3D-skrivare för att kontrollera att huset kändes och såg bra ut. Figur 33 nedan visar en 3D-utskrift av huset i ett relativt tidigt skede. En reflektor från Vegan lånades och placerades i huset trots att den inte riktigt passar för att få en bättre bild av hur armaturen kommer se ut i slutändan, vilket ansågs vara enligt uppdragsgivarens formtycke.

Dock var det här den enda prototyp som skrevs ut för att det man primärt ville kontrollera var om den kändes stabil eller att den inte gav intrycket att den var billig. Den godkändes på båda punkterna, så inga större ändringar gjordes på huset utifrån prototypen.

Figur 28 visar en mer korrekt bild av det slutgiltiga huset med avseende på dimensioner.

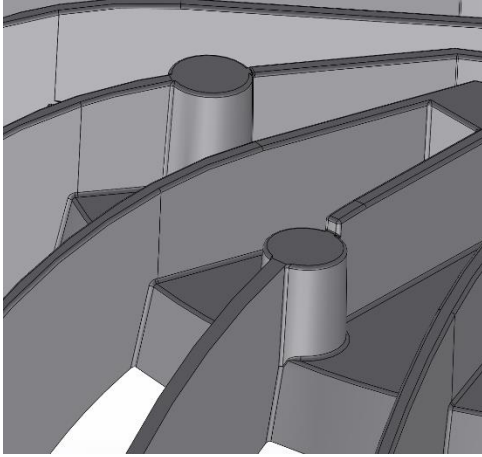


Figur 33 visar en 3D-utskrift av huset

## 4.8 Funktionsprototyp

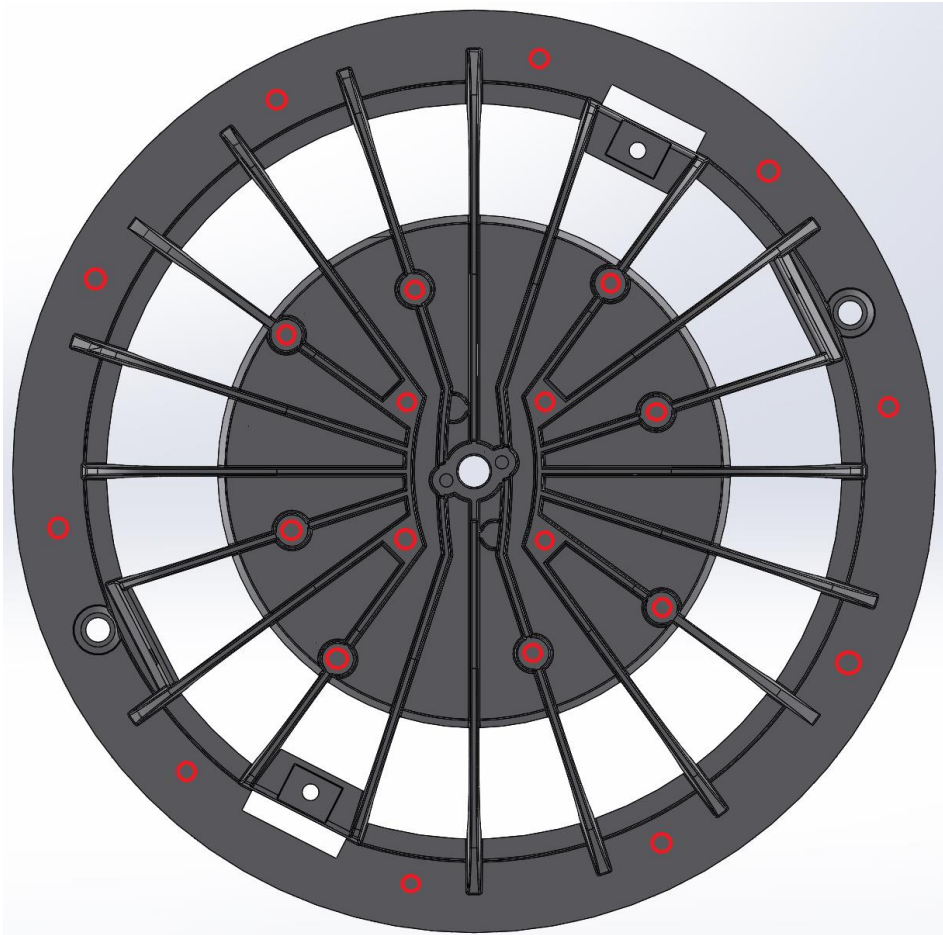
Ritningar gjordes för alla nya komponenter och sparades som PDF-filer. 3D-modeller sparades som parasolid-filer. Detta gjordes för att göra filerna så kompatibla som möjligt. Dessa underlag skickades sedan till en tillverkare Kina som Nordic Light använder sig utav.

Tillverkarna gav feedback på att vissa ändringar behövdes göras för att möjliggöra gjutning av huset. Så utifrån tillverkarnas rekommendationer så höjdes skruvtornen i nivå med kylflänsarna. Dock gick inte tornen göra i nivå med kylflänsarna hela vägen i och med att kylflänsarna viker av nedåt. Detta är för att tornen måste vara plana ovanpå för att gör det möjligt att använda cirkulära utstötare utan styrning. Två utav dessa skruvtorn går att se i figur Figur 34 nedan.



**Figur 34** visar skruvtornen från snett ovan som utstötare ska placeras på

Utöver dessa ändringar på tornen gjordes även 4 nya ytor på husets ovansida för fler utstötare. Dessa gjordes genom att fylla igen emellan kylflänsar nära huset centrum.  
Det går att se huset från ovan och grovt utritat positioneringen av alla 22 utstötare för gjutningen som tillverkaren rekommenderat i Figur 35 nedan.

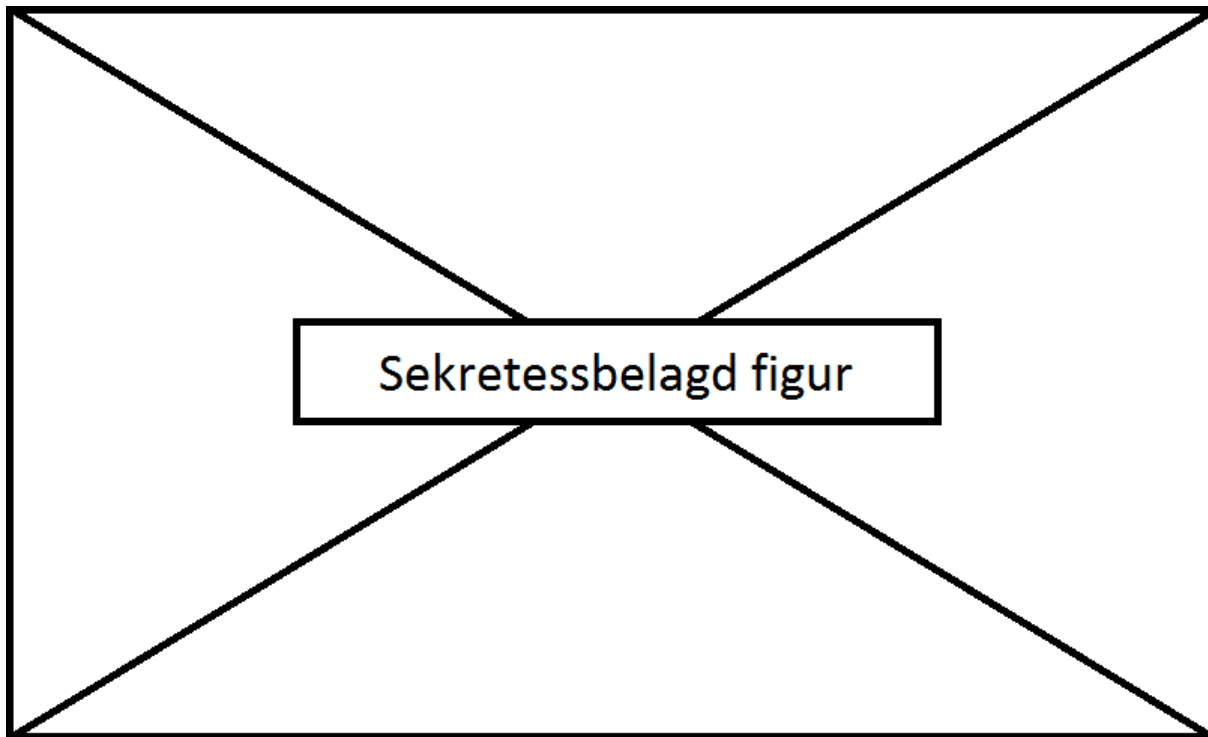


**Figur 35** visar huset från ovan med röda cirklar som markerar positioner för utstötare

När ändringarna som tillverkar föreslog var gjorda så skickades nya underlag för att bekräfta att allting blev rätt. Därefter gjordes en beställning utav Nordic Light för att tillverka komponenterna. Tyvärr hann inga av komponenterna levereras till Skellefteå innan projektets slut.

## 4.9 Slutgiltigt resultat

Det slutgiltiga resultatet är 4 nya komponenter och en modifierad komponent. Från vänster till höger i Figur 36 nedan går det att se den modifierade panelen, den nya reflektorn, det nya huset och de två komponenterna till den nya kabelavlastaren.



Figur 36 visar från vänster till höger, den modifierade panelen, den nya reflektorn, det nya huset och de två komponenterna till den nya kabelavlastaren

Renderingar utav den färdiga armaturen med alla komponenter förutom PCBn går att se i Figur 37 till Figur 40 nedan.

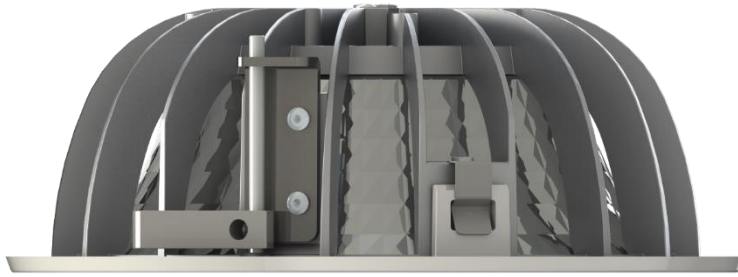


**Figur 37 visar armaturen från ovan**



**Figur 38 visar armaturen snett från ovan**





**Figur 39** visar armaturen från sidan



**Figur 40** visar armaturen snett underifrån

## 5 Diskussion och slutsats

Utvecklingsarbetet av denna LED downlight har gått bra utan större hinder. Det enda problemet som har uppstått är det faktum att SolidWorks inte är bakåtkompatibel mellan de två versioner som använts under projektets gång. Så för att utföra ljussimuleringar har vissa komponenter tvingats ritas om i den äldre versionen och vissa har gått importera som parasolider. Detta har inte har inte stört arbetet något märkvärdigt men det är en sak som hade gått att kringgå genom att se till att samma version använts.

För att avgöra huruvida projektet var lyckat eller ej så kontrolleras om kraven uppfyllts. I Tabell 3 nedan går det att se vilka krav som uppfyllts utifrån kravspecifikationen.

Tabell 3 listar upp kraven och deras status efter projektets slut

Krav	Status
<b>Ska-krav</b>	
Jämn ljusbild	Uppfyllt
Temperatur får ej överstiga [Sekretessbelagt]	Uppfyllt
Huset ska gå att gjuta i aluminium	Uppfyllt
Bredstrålande spridningsvinkel ( $70\pm 5^\circ$ )	Uppfyllt
Ska antingen konstrueras för jordat eller dubbelisolerat	Uppfyllt
<b>Bör-krav</b>	
Effektivitet på 100 lumen/watt	Antas ligga nära
Lätt att installera	Uppfyllt
Billig att tillverka	Uppfyllt
Ta fram funktionsprototyp	Beställd från tillverkare
Reflektor [Sekretessbelagt]	Uppfyllt
<b>Utformning</b>	
Designas med kylande flänsar	Uppfyllt
Användarvänlig design	Uppfyllt
Ska följa uppdragsgivarens formtycke	Uppfyllt
<b>Dokumentationskrav</b>	
Rapport	Uppfyllt
CAD-modell i SolidWorks	Uppfyllt
Ritningar	Uppfyllt
Prototyp	Uppfyllt
<b>Övriga krav</b>	
Ska inte störa EMC	Ej kontrollerat
Ska följa elsäkerhetsstandarden EN61198 med IP-klass 20	Ej kontrollerat
Ska klara brandklassning UL94V-0	Ej kontrollerat
Ska godkännas för CE-märkning	Ej kontrollerat
Klara miljökraven ROHS och REACH	Ej kontrollerat

I och med att alla krav förutom *övriga krav* har uppfyllts så anses arbetet lyckat.

## **5.1 Hus**

Huset är extremt lätt. I jämförelse med Vega som ska rymma en ungefärligt lika stor PCB så väger det nya huset mindre än en tredjedel. Detta ger stora besparingar på materialkostnaden då stora volymer ska tillverkas.

## **5.2 Reflektor**

Reflektorn har en verkningsgrad på 84% vilket kan anses optimalt för denna typ av reflektor [Sekreterbelagt]. Dock vore det önskvärt att ha ännu högre verkningsgrad men det betyder att man måste titta på en annan typ av reflektor [Sekreterbelagt]. Det finns dock utrymme i huset för att göra en mängd olika reflektorer om så det skulle önskas.

## 6 Diskussion

Utvecklingsarbetet av denna LED downlight har gått bra utan större hinder. Det enda problemet som har uppstått är det faktum att SolidWorks inte är bakåtkompatibel mellan de två versioner som använts under projektets gång. Så för att utföra ljussimuleringar har vissa komponenter tvingats ritas om i den äldre versionen och vissa har gått importera som parasolider. Detta har inte har inte stört arbetet något märkvärt men det är en sak som hade gått att kringgå genom att se till att samma version använts.

# 7 Fortsatt arbete

För att armaturen ska kunna gå vidare till försäljning krävs det en del mer arbete.

Det som återstår att göra är att:

- Namnge armaturen
- Utföra värme- och ljustester på funktionsprototypen som beställts för att säkerhetsställa dess funktion.
- Kontrollera armaturens EMC.
- Kontrollera att armaturen följer elsäkerhetsstandarden EN65198 med IP-klass 20.
- Kontrollera att armaturen klarar brandklassning UL94V-0.
- Se till att armaturen godkänns för CE-märkning.
- Se till att armaturen klarar miljökraven ROHS och REACH.

# Referenser

- [1] Nordic Light. *Produktspecifikation Vega 16 L+*. Hämtad 5 Maj 2014 från:  
<http://eu.nordiclight.com/assets/documents/products/Europe/down%20lights/Vega-16L-.pdf>

# **Bilagor**

## **Bilaga 1 – Ritningar**

**[Sekretessbelagd bilaga]**