

UDARBEJDET AF  
MARIANNE GUDNOR  
& FARAIDON WAHAB

# PMP KURSUSOPGAVE FORÅR 2009

PARK LAMPE

## Indholdsfortegnelse

1	Introduktion .....	3
2	Materialevalg.....	3
2.1	Valg af plasttype.....	4
2.1.1	Ruder.....	4
2.1.2	Lygtehus.....	5
3	Valg af fremstillingsproces .....	6
3.1	Ruder.....	6
3.2	Lygtehus.....	6
4	Beskrivelse af fremstillingsprocess og værktøj.....	7
4.1	Coating.....	7
4.2	Sprøjtestøbning.....	7
4.2.1	Dele som skal støbes.....	8
4.2.2	Værktøj, støbeforme.....	8
4.3	Laserskæring.....	8
5	Beregninger til design .....	9
5.1	Snap fit beregning .....	9
5.2	Valg af skruer .....	12
6	Krybning.....	13
7	Impact strength .....	13
8	Vejrbestandighed.....	14
9	Valg af elsparepære.....	14
10	Den færdige Park Lampe .....	15
11	Litteraturfortegnelse .....	16
11.1	Anvendte hjemmesider .....	16
11.2	Anvendt faglitteratur .....	16

## 1 Introduktion

Der skal designes en Parklampe. Parklampen skal være fremstillet af plast.

Den skal kunne modstå påvirkning fra aktive mennesker i omgivelserne - sten, flasker, som folk kan smide på den. parklampen skal holde regn ude selv i meget blæsende vejr.

parklampens enhed fastgøres på et galvaniseret stålrør, der øverst er 2 tommer (indvendig D) og skal kunne placeres omkring 2,5 meter over terræn.

Den elektriske ledning ledes gennem røret. Inde i lampen skal der være plads til en 17 Watt lavenergi lyskilde, monteret i standard stikkontakt med Edison gevind. Lysfordelingen skal komme oppe fra og ned med det mindst mulige skygge område.

Emission af lys opad skal minimeres. Det skal være muligt at ændre lyskilde. Temperaturen inde er max  $65^{\circ}\text{C}$  og min  $-40^{\circ}\text{C}$ .

Kapacitet baseret på et salg af 1000 lamper de første 2 år og produktets levetid på markedet forventes at være 10 år. Lampen skal være i brug for omkring 25 år og reservedele skal kunne leveres.

Opgaven:

- Design din lampe, som du ville have den konstrueret og produceret
- Vælg materiale for hver del og giv en begrundelse for valget
- Lav en montage tegning og en tegning af hver del
- Forklar fremstillingsprocessen, støbning og værktøjer

## 2 Materialevalg

Det er vigtigt at anvende en form for plast, som kan opfylde de førnævnte kriterier. Derudover er det vigtigt at vide på forhånd før delene tegnes, hvilken type plast der skal anvendes, da forskellige plasttyper har forskellige krympesatser. Tegningerne viser den korrekte størrelse, som de færdige dele skal have, mens kernen/støbeformen til den enkelte del skal være lidt større for, at man opnår den korrekte størrelse af hver del efter den varme plast har kølet og er krympet.

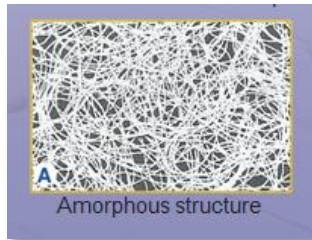
For at lyset skal kunne trænge igennem, hvor det er ønskeligt i designet, samt at det skal være brudsikkert (kunne tåle stenkast) er det endvidere vigtigt at vælge den korrekte plasttype til dette formål.

Det er derfor oplagt at starte opgaven med materialevalg.

## 2.1 Valg af plasttype

Begge valgte plasttyper er termoplast med en amorf<sup>1</sup> struktur. Amorfe plasttyper er kendetegnet ved at være glasklare plasttyper. De amorfe typer har en meget uregelmæssig struktur.

Amorfe materialer har ikke noget fast smeltepunkt, men bliver gradvist blødere og mere flydende ved stigende temperatur.



Figur 1 Amorf struktur

### 2.1.1 Ruder

Her benyttes plasttypen polycarbonat (PC) og det skal være coated for ridserobusthed og være optisk klart. Sidstnævnte er en vigtig egenskab, når park lampen skal lyse mest muligt. PC er valgt fordi det er brudsikkert, hvilket er vigtigt, når det skal kunne holde til, at der bliver kastet eksempelvis en sten på, hvis parklamperne placeres i områder med meget hærværk. Derfor faldt valget på PC fremfor eksempelvis acrylplader, der ikke er nær så brudsikre, da acrylplader vil reagere ved at blive sprøde under en kraftpåvirkning. PC-plader af den valgte type er hårde, meget lette og ideelle til opgaver, hvor det kræver at man kan se igennem, og hvor der kræves stor gennembrudsmodstand.

Polycarbonat pladerne er bøjelige og kan ikke knækkes eller splintres. PC vil gulne over tid, når det anvendes udendørs, der er derfor valgt Polycarbonat fra Bayer i en type, hvor der er UV stabilisator i granualtet, således at det ikke gulner over tid.

Polycarbonate<sup>2</sup> (PC) har god udendørsbestandighed og kan anvendes ned til  $-100^{\circ}\text{C}$ .

Glastemperaturen er  $158^{\circ}\text{C}$ .

Parklampen skal have en levetid på omkring 25 år. Makrolon 3103 fra Bayer vil kunne opfylde dette krav. Når tiden en dag er til at parklampen skal bortskaffes, er PC genanvendeligt eller det kan afbrændes. PC forbrænder til  $\text{CO}_2$  og vand ved fuldstændig forbrænding<sup>3</sup>.

PC markedsføres under kendte handelsnavne som Calibre, Lexan og Makrolon.

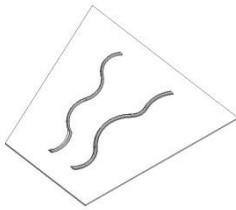
Der er valgt<sup>4</sup> Makrolon 3103.

<sup>1</sup> Se figur 1

<sup>2</sup> Gunter Erhard, Designing with plastics.

<sup>3</sup> <http://www.plastcenter.dk>

<sup>4</sup> Se datasheet appendix 1.



**Figur 2** Rude i Polycarbonat

### 2.1.2 Lygtehus

ASA (Acrylonitrile Styrene Acrylate)-plast er valgt til lygtehuset fremfor eksempelvis Polypropylen (PP) og ABS. Polypropylen (PP) ville være et godt valg, hvis ikke parklampen skulle kunne tåle temperaturer ned til -40 grader, da PP bliver spødt i frostgrader. PP har en glasstemperatur på -10 grader. PP er heller ikke UV bestandig. PP er dog en kendt konstruktionsplast og prisen er lav. Det har en lang levetid, men opfylder altså ikke ønsket om at kunne klare frostgrader ned til -40 grader. ABS er også en kendt konstruktionsplast, men er ikke vejrbestandig og vil også falme. ABS har mange gode mekaniske egenskaber, som er ønskeligt. ASA har ABSens egenskaber men Butadien (gummikomponenten) er byttet ud med en acrylelastomer, som ikke bliver angrebet af UV lyset som butadien i ABS gør. Derfor er ASA valgt fremfor ABS.

ASA er altså vejrbestandig og også fra Styrenfamilien med gode mekaniske egenskaber. Det vigtigste er, at ASA har en stor slagsejhed, som der kræves her.

Glasstemperaturen er 100 °C .

ASA er meget UV stabil. Efter længere tids udendørs anvendelse vil ASA ikke blive gråt, som det typisk sker med UV-stabiliseret ABS.

ASA forhandles under handelsnavne som Polyman, Centrex og Luran S.

Der er valgt<sup>5</sup> Luran S 778 T.



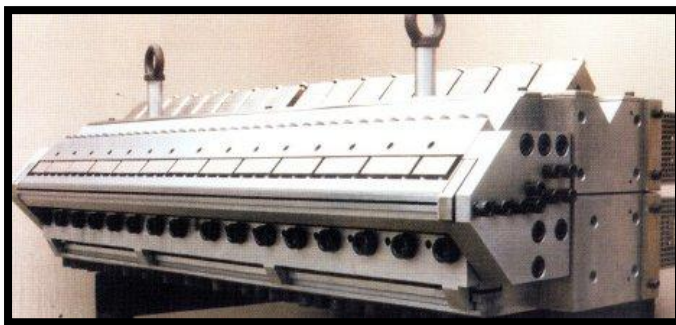
**Figur 3** Lygtehus

<sup>5</sup> Se datasheet appendix 2

### 3 Valg af fremstillingsproces

#### 3.1 Ruder

Ekstrudering<sup>6</sup> anvendes til at fremstille plader i polycarbonat. Ekstrudering er fællesbetegnelsen for en kontinuerlig proces, som anvendes til fremstilling af en lang række produkter, der kendes fra dagligdagen. Plastfolie (plasticposer), rør, profiler, plader, kunstfibre, slanger og isolerede ledninger og kabler er alle eksempler på ekstruderede produkter. Polycarbonatplader fremstilles ved ekstrudering i endeløse baner. Til dette fremstilles et meget dyrt fladdyseværktøj<sup>7</sup>. Har man et fladdyseværktøj til rådighed, kan Makrolon 3103 anvendes.



**Figur 4** Fladdyseværktøj (Falcon Plastics-Machinery/Verbruggen)

Er der ikke er et fladdyseværktøj til rådighed og man ønsker, at ruderne skal fremstilles ved sprøjtstøbning kan der vælges Makrolon 2807, da dette granulat egner sig til sprøjtstøbning. Ruderne skal i så fald støbes enkeltvis, hvorefter de skal coates for ridserobusthed.

Vi har valgt at anvende ekstruderede plader, derfor er Makrolon 3103 valgt og det skal være plader med bølgeprofil i midten, for at gøre dem stærkere. Bølgeprofilen skal sidde i midten for ellers vil der kunne komme vand ind.

For en sikkerhedsskyld skal pladerne også coates for ridserobusthed. Til sidst skal de laserskæres til de rette dimensioner.

#### 3.2 Lygtehus

Til fremstilling af lygtehuset anvendes sprøjtstøbning. Dette er dyrt pga værktøjet dertil, men da lampen skal være på markedet i 25 år er her tale om masseproduktion og derfor har vi vurderet, at det vil ok at sprøjtstøbe lygtehuset.

<sup>6</sup> <http://www.dkiplast.dk/>

<sup>7</sup> Se figur 4, Fladdyseværktøj

## 4 Beskrivelse af fremstillingsprocess og værktøj

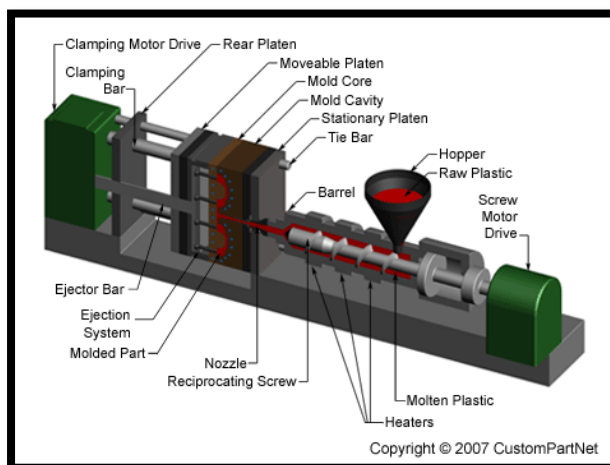
### 4.1 Coating

Coating er en overfladebehandling, der gives ruderne efter de er blevet sprøjtet, for at de bliver ridserobuste. Dette er vigtigt, når lamperne skal stå i en park, hvor der kan være grene fra store træer, som rammer dem, når det blæser.

### 4.2 Sprøjtstøbning

Sprøjtstøbning<sup>8</sup> er den mest udbredte metode til fremstilling af plastemner. I sprøjtstøbeprocessen<sup>9</sup> føres plastgranulat ned i en cylinder med en roterende snække. Ved en kombination af mekanisk arbejde fra den roterende snække og varme fra elektriske varmelegemer, der omslutter cylinderen, plastificeres (blødgøres) materialet. Under plastificeringen transporteres materialet frem foran snekken, der samtidig bevæger sig bagud i cylinderen for at give plads til det smeltede materiale. Derefter fungerer snekken som et stempel, der skydes frem i cylinderen og presser det smeltede plastmateriale ind i et formværktøj. Materialet afkøles herefter til en temperatur, hvor det er formstabil, hvorefter formen åbnes, og det støbte emne stødes ud.

De færdige emners kvalitet afhænger af materialevalg, emne- og formkonstruktion. Metoden giver stor designfrihed, og emnerne kan fremstilles med meget små tolerancer. Emnerne kan ved rigtigt design undgå efterbearbejdning, ligesom der f.eks. kan indstøbes befæstigelselementer og andre komponenter, som giver det færdige produkt mere komplette egenskaber og dermed større funktionalitet. Værktøjet består af 2 dele, som er holdt imod hinanden og samlet når den flydende plast sprøjtes ind i værktøjet og kaviteten fyldes. Når plasten er afkølet og størknet adskilles værktøjet igen og emnet kan tages ud af formen. Værktøjerne fremstilles i hærdet stål og er relativt kostbare. Sprøjtstøbning egner sig derfor bedst til serieproducerede emner, idet metoden er kendetegnet ved korte fremstillingstider og fordelagtige emnepriser.

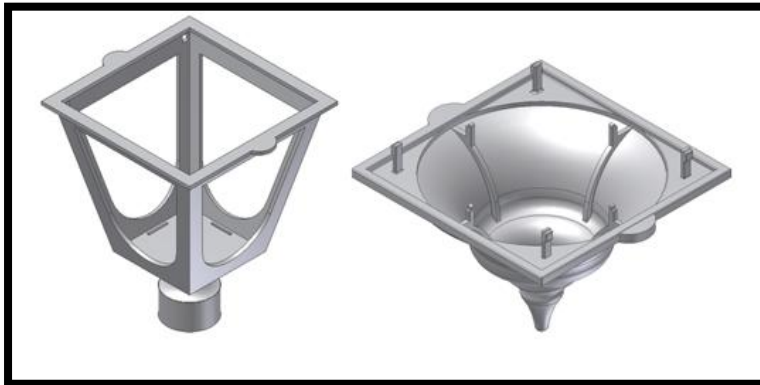


Figur 5 Sprøjtstøbmaskine

<sup>8</sup> <http://www.dkiplast.dk/>

<sup>9</sup> Se figur 5, Sprøjtstøbmaskine

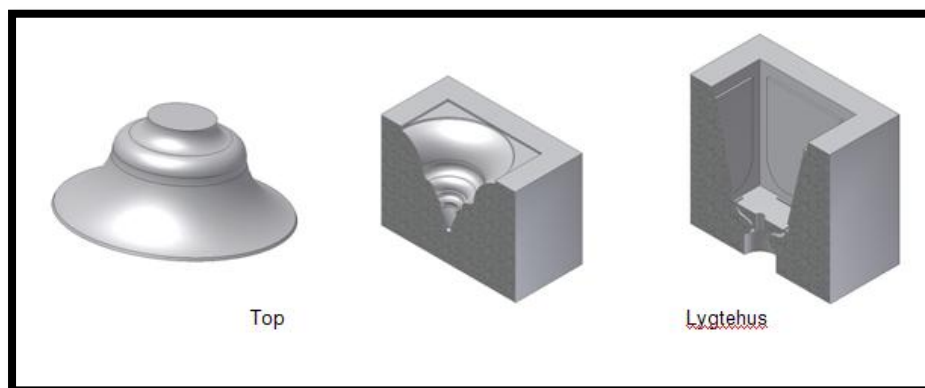
#### 4.2.1 Dele som skal støbes



Figur 6 Lygtehus og top

#### 4.2.2 Værktøj, støbeforme

Herunder vises princippet i støbningsværktøjet.



Figur 7 Støbeforme, princip.

#### 4.3 Laserskæring

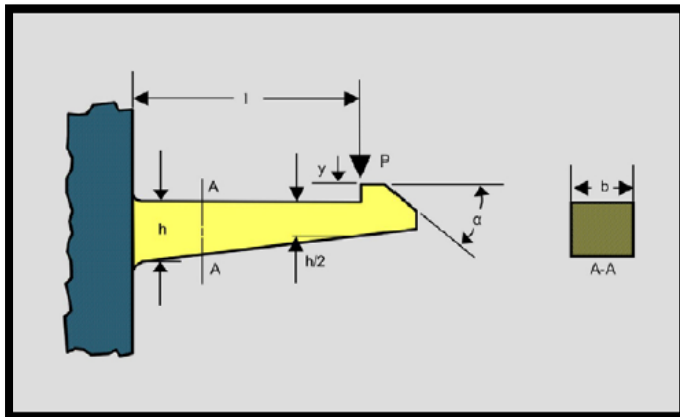
Laserskæring anvendes til udskæring af pladeemner i vilkårlig facon med anvendelse af laserlys.



## 5 Beregninger til design

Der er valgt materialetykkelse 5 mm til Luran S 778T og 2 mm til Makrolon 3103.

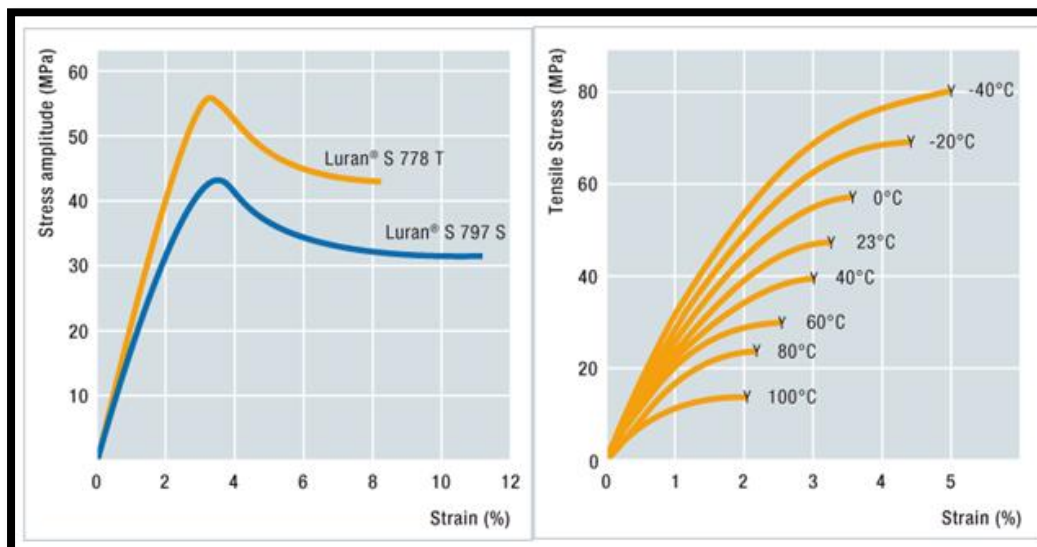
### 5.1 Snap fit beregning



Figur 8 Designtype

Først beregnes  $h$ .

$\varepsilon_y$  er aflæst på nedenstående figur 9 til 3.7 %

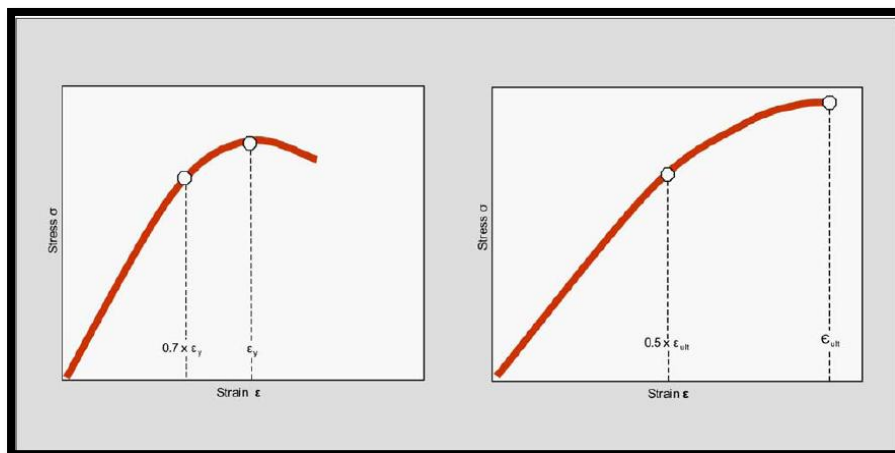


Figur 9 Stress-Strain Luran S 778T

Ifølge nedenstående formel på figur 9 fra Bayer beregnes Max elongation til følgende:

$$0.7 \cdot \varepsilon_y = \text{max elongation} \Rightarrow$$

$$\text{Max elongation} = 0.7 \cdot 3.7 = 2.59\%$$

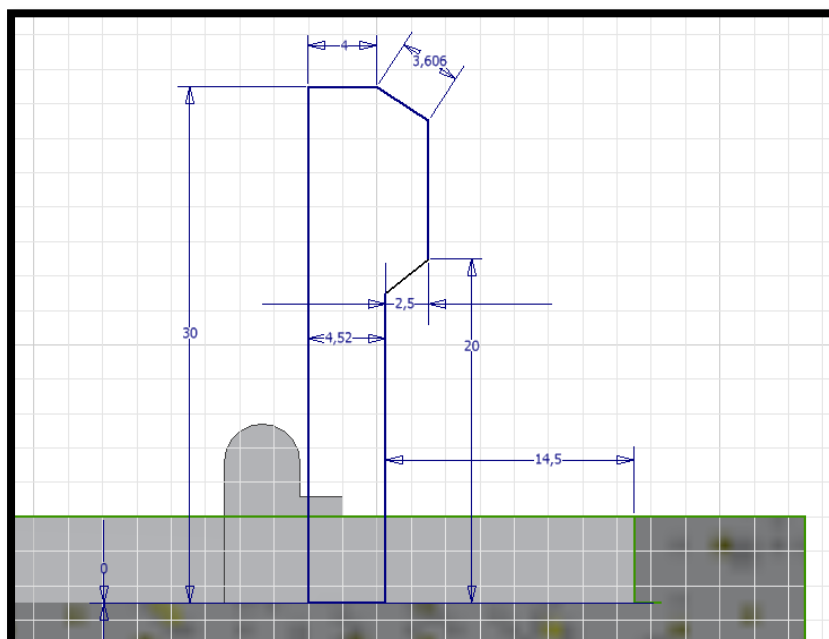


Figur 10 Stress – Strain Luran S 778T

”Allowable snap deflection” er beregnet i snap fit calculator<sup>10</sup> til 3.224 mm. Dvs undercut (y) skal være under 3.224 mm.

Undercut (y) er sat til 2.5 mm. Længden l er sat til 20 mm og bredden b er sat til 10 mm og h er beregnet til 4.52 mm.

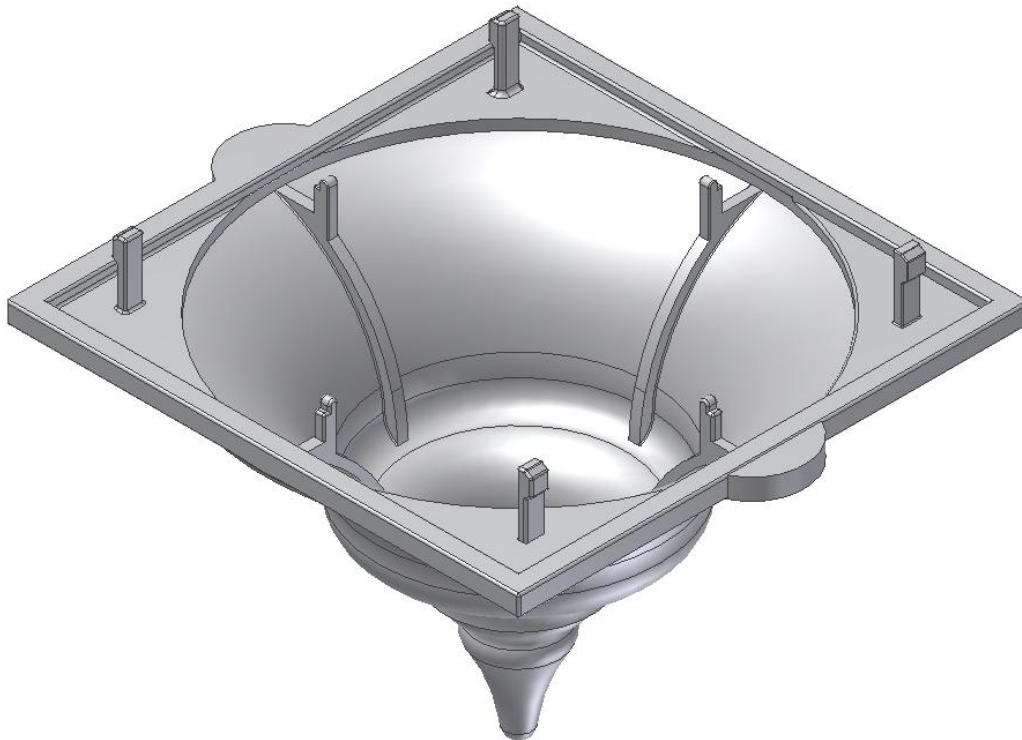
$$h = \frac{1.09 \cdot \varepsilon \cdot l^2}{y} = \frac{1.09 \cdot 0.0259 \cdot 20^2}{2.5} = 4.52 \text{ [mm]}$$



Figur 11 Snap fit ifølge beregninger.

<sup>10</sup> Se Appendix 3 snap fit calculation

Det er vigtigt med ribber for at gøre plasten stærkere. Herunder ses top med ribber og snapfit.



Figur 12 Top

$$P = \frac{bh^2}{6} \cdot \frac{E_s \cdot \varepsilon}{l} = \frac{10 \cdot 3.23^2}{6} \cdot \frac{1931 \cdot 0.0259}{20} = 43.5 \text{ [N]}$$

$$\text{, hvor } E_s = \frac{\sigma_1}{\varepsilon_1} = \frac{50}{0.0259} = 1931 \text{ [MPa]}$$

$$W = P \cdot \frac{\mu + \tan(\alpha)}{1 - \mu \cdot \tan(\alpha)} = 43.5 \cdot \frac{0.4 + \tan(30)}{1 - 0.4 \cdot \tan(30)} = 55.3 \text{ [N]}$$

P er den kraft, der skal bruges til at åbne "undercut". (The deflection force to bend down the undercut)

W er den kraft, der skal bruges til at lukke "undercut".

## 5.2 Valg af skruer

Der er valgt skruer ISO 7049 med en diameter på 2.9 mm.

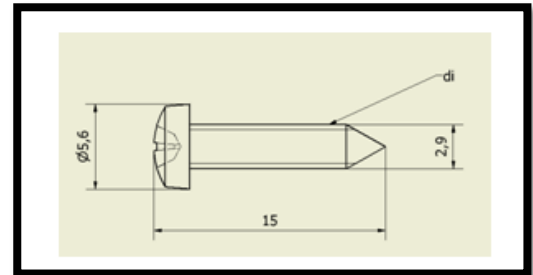
$$FE = \frac{\sigma_y}{\sqrt{3}} \cdot d_1 (2 \cdot d_1) \pi$$

⇓

$$FE = \frac{56}{\sqrt{3}} \cdot 2.9 (2 \cdot 2.9) \pi$$

⇕

$$FE = 1709 [N].$$



Figur 13 Skruer ISO 7049

FE er den kraft, som skal bruges til at skrue skruerne ud.

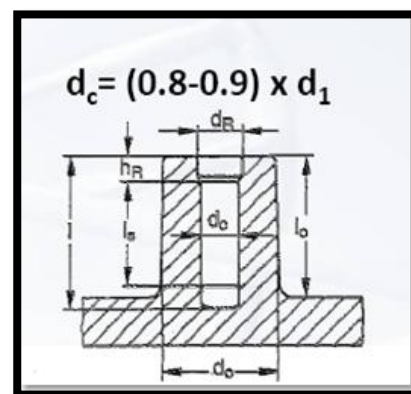
$d_c$  er "boss pilot hole diameter"

$d_o$  er "boss outerdiameter"

$d_r$  og  $h_r$  er "boss relief bore or lead in"

$l_s$  er "height of boss"

$d_1$  er skruens diameter



Figur 14 Illustration af Boss hole

$$d_r = 1.1 \cdot d_1$$

⇓

$$d_r = 1.1 \cdot 2.9$$

⇓

$$d_r = 3.19 [mm]$$

$$h_r = 0.5 \cdot d_1$$

⇓

$$h_r = 0.5 \cdot 2.9$$

⇓

$$h_r = 1.45 [mm]$$

$$d_o = \sqrt{\frac{4}{\sqrt{3}}} \cdot d_1 \cdot l_s \cdot d_1^2$$

⇓

$$d_o = \sqrt{\frac{4}{\sqrt{3}}} \cdot 2.9 \cdot 5.8 \cdot 2.9^2$$

⇕

$$d_o = 6.87 [mm]$$

$$l_s = 2 \cdot d_1$$

⇓

$$l_s = 2 \cdot 2.9$$

⇕

$$l_s = 5.8 [mm]$$

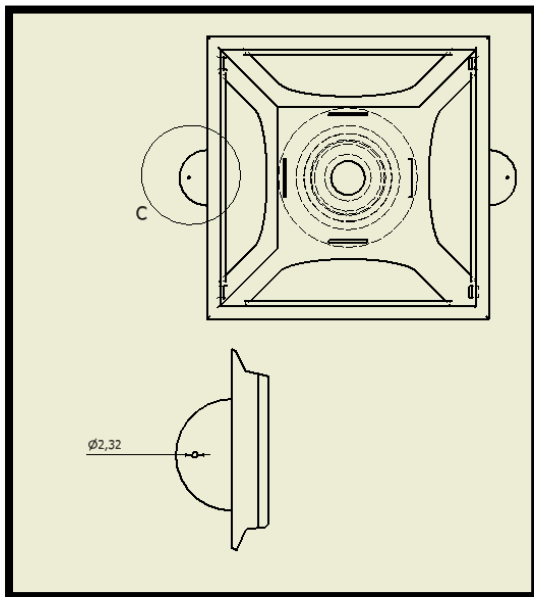
$$d_c = 0.8 \cdot d_1$$

⇓

$$d_c = 0.8 \cdot 2.9$$

⇓

$$d_c = 2.32 [mm]$$



Figur 15 Boss hole diameter

## 6 Krybning

For at undgå formproblemer i produktionen er det vigtigt at være omhyggelig i overvejelsen af vægtykkelse. Vægge med en tykkelse større end den kritiske tykkelse vil blive sprøde. Amorfe materialer kan tolerere vægtykkelsesvariationer på op til 25%.

Når polymerer udsættes for mekanisk belastning, vil de deformere ligesom alle andre materialer. Når polymerer udsættes for konstant belastning vil deformationen med tiden øges. Materialerne vil så at sige give efter. Fænomenet kaldes krybning og det er en væsentlig dimensioneringsfaktor for plastmaterialer.

Denne lampe vil dog ikke blive udsat for nogle permanente spændinger. Det er kun når "låget", tages af og på at der vil komme nogle spændinger i materialet, derfor vil vi ikke komme nærmere ind på emnet her.

## 7 Impact strength

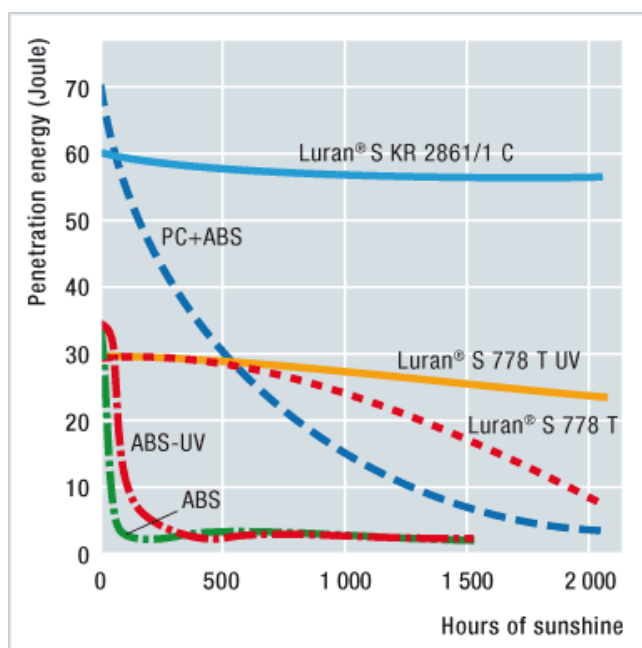
Hvis vi antager at to personer springer op og hiver i lampen og de to tilsammen vejer 200 kg skal lampen kunne holde til det. Det kan også være de kaster sten m.m på lampen. Derfor er der valgt et så stærkt materiale som Luran S 778 T, da dette er Impact modified og vil helt sikkert kunne holde til de belastninger en Park lampe vil kunne være oppe imod. Det er eksempelvis Luran S 778T som er anvendt til autoværn<sup>11</sup> i nogle lande i stedet for stål.

<sup>11</sup> Se Appendix 4

Til ruderne er valgt polycarbonat Makrolon 3103, som ligeledes er meget stærk. Ruderne vil helt sikkert kunne holde til at der bliver kastet en flaske eller sten på dem især, når det er ekstruderede plader med bølgeprofil, hvilket giver pladerne ekstra stor styrke.

## 8 Vejrbestandighed

Begge materialer har god vejrbestandighed.



Figur 16 Vejrbestandigheden for bla. Luran S 778T

## 9 Valg af elsparepære

Der ønskes en 17 Watt lavenergi lyskilde. Der vælges en Osram Dulux elsparepære<sup>12</sup> 17 Watt (17 W svarer til 100 W) med en E27 fatning. Størrelsen af soklen angives E27. E står for Edison (skruegevind) og 27 står for diameter i mm. Parklampen er derfor designet til, at der er plads til en sokkel på 27 mm i diameter.

<sup>12</sup> <http://engrospriser.dk/vk/dk/vaerktoej/forbrugsvarer/paerer-lysroer/osram-sparepaere-dulux-17-w/>

## 10 Den færdige Parklampe

Her ses den færdige Parklampe, som den ser ud i 3D. For teknisk tegning se venligst appendix 5.



Figur 16 Den færdige Parklampe

---

## 11 Litteraturfortegnelse

### 11.1 Anvendte hjemmesider

<http://engrospriser.dk>

[www.dkiplast.dk](http://www.dkiplast.dk)

<http://www.plastcenter.dk>

### 11.2 Anvendt faglitteratur

Bayer material science, Part and mold design

Gunter Erhard, Designing with plastics.

EFU 44151, Belysningsteknik