

# 7 Konstruera koncept

Innerfattar att designa och verifiera produkten och processerna.

## 7.1 Systemarkitektur

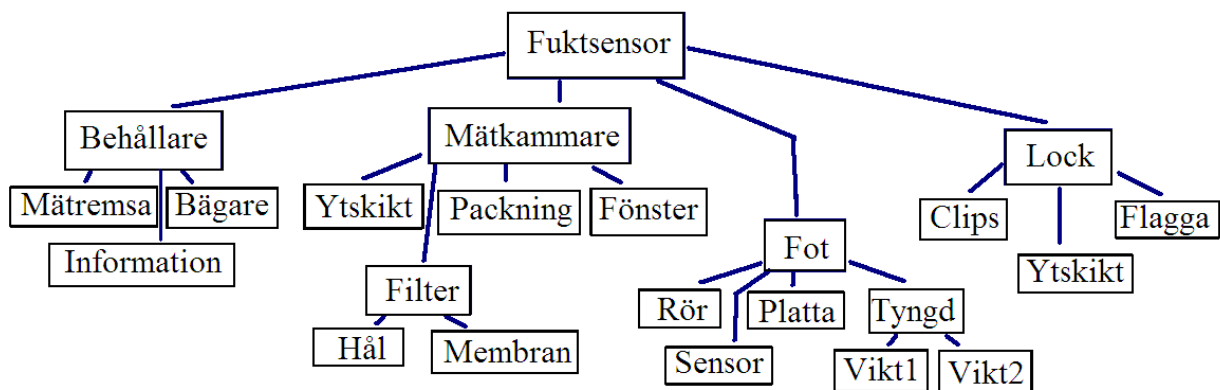
Konceptets olika delar kartläggs och modulariseras för att förbereda detaljkonstruktion. Olika metoder såsom trädidiagram, gränssnittsmatrix och modularisering gör det enklare att överblicka hur olika delar av konceptet samverkar. Detta underlättar i sin tur konstruktionen och den framtida tillverkningen, främst genom modulariseringen.

### 7.1.1 Trädidiagram

Ett trädidiagram visar vilka funktionella element som ska inkluderas i samma modul samt deras sekundära element. Detta resulterar i en hierarkisk uppställning av alla moduler som visar vilka funktionella element som varje modul innehåller.

I trädidiagrammet för konceptet utförs huvudfunktionen att mäta fukt, av modulerna mätkammare, fot, lock och behållare, vars delement syns i figur(1).

Figur(1) Funktionsträd för det valda konceptet.



## 7.1.2 Moduler

Moduler används för att förenkla tillverkning och produktion. Ett konceptets systemarkitektur med alla dess delfunktioner kan med fördel delas upp i enheter, så kallade moduler. De har alla bestämda gränssnitt till konceptets övriga delar. En modul ska i den mån det är möjligt kunna tillverkas av en och samma tillverkare.

### Modul 1: Behållare

Funktionen hos behållaren är att skydda fuktsensorn från fukt under förvaring. Vidare ska behållaren även fungera som mätenhet för att kunna avläsa djupet av avjämningsmassan. Avläsningseenheten utgörs av en remsa som är fäst på behållaren. Remsan har streck i svart och rött samt siffror för förtydligande. Behållaren är cylindrisk och gjord av transparent plast. Den är något djupare än föregångaren.

### Modul 2: Mätkammare

Mätkammaren består av en cylinder med hål för fuktintag med filter liksom i det tidigare konceptet. Invändigt längst ner är en gummipackning fäst som bidrar till höjjusteringen via friktionsmotstånd mot modul 3. Mätkammaren återger den relativa fuktigheten i omgivningen. Ytterhöljet till mätkammaren är silverfärgat för att ge en bra image.

### Modul 3: Fot/ ben

Detta är den mest komplexa modulen och består av: sensor, vikter, höjinställningsstreck, lock till behållaren samt en stabiliserande fot. Sensorn står på en vikt vars funktion både är att stabilisera med avseende på balans och temperatur (då sensorn är temperaturkänslig). Vikten och sensorn ligger i sin tur i det cylinderformade benet vars funktion är att justera filtrets läge i förhållande till avjämningsmassans djup. Benet är förankrat i ytterlocket som i sin tur är förankrat i en bred rund fot. Fotens funktion är att bära upp en ringformad vikt samt bidra till stabilitet.

### Modul 4: Lock

Fungerar som skydd av sensorn samt ger produkten en ökad synlighet. Locket är utformat som tidigare men med tilläggen att den är orange och försedd med en utvikbar orange flagga på toppen.

### 7.1.3 Gränssnittsmatris

En gränssnittsmatris är till för att tydliggöra hur de olika modulerna i produkten samverkar och på vilket vis de sitter ihop med varandra. Gränssnittsmatrisen gör det enklare att se vilka andra moduldelar av produkten som skulle påverkas vid en eventuell förändring. Utöver detta tydliggör matrisen vilka delar som måste provas med passning.

De moduldelar som är nya och inte tidigare testats bör tillverkas tidigt och deras passform utvärderas så att nya standarder kan upprättas. Dessa standarder ska ligga till grund för hur modulerna kan utformas för att vara kompatibla med de andra moduldelarna av produkten.

Det nya konceptets gränssnittsmatris, se Tabell(1), har enbart mekaniska och fysiska gränssnitt och varje modul är kopplade till maximalt två andra moduler.

Mätkammaren innesluts i behållaren, foten/benet innesluts i behållaren samt är fäst vid mätkammaren genom en gummipackning och locket är fäst vid foten med lim och vid behållaren med en clips-funktion.

Tabell (1): Gränssnittsmatris som beskriver hur de olika moduldelarna i konceptet interagerar med varandra. M=mekanisk/fysisk

	Behållare	Mätkammare	Fot/Ben	Lock
Behållare		M (inneslutning)	M (inneslutning)	M(clips)
Mätkammare			M(gummipackning)	
Fot/Ben				M(lim)
Lock				

# 7 Konstruera konceptet

---

Den slutliga detaljkonstruktionen tar form med hänsyn tagen till kostnads- och tillverkningsaspekter. Produkten dimensioneras för att klara fysiska krav och dess utformning anpassas till vald produktionsteknik och förbättras så att tillverkning underlättas med hjälp av metoden DFM. Produktionskostnader för kritiska komponenter beräknas enligt SWIFT så att konceptets ekonomiska konsekvenser kan bedömas.

## 7.2 Detaljkonstruktion

Den slutliga detaljkonstruktionen ses i Bilaga(2), är vidareutvecklad med avseende på tillverknings- och mätsäkerhetsaspekter efter kontakt med expertpool.

Med hänsyn till rådande omständigheter togs beslutet att modifiera konceptet för att förbättra det gällande följande punkter;

- stabilitet,
- mätsäkerhet,
- tillverkning,
- förpackning,
- montering.

Det modifierade konceptet har fördelar jämfört med tidigare koncept och originalprodukten.

### Modul 1: Kammare

Kammaren av plast tillverkas genom formsprutning vilket tillåter att flera smala skenor integreras i konstruktionen för att underlätta höjdställningen. Plastmaterialets sprödhet gör att kammaren kan brytas eller lyftas bort vid demontering. Utvändigt är kammaren klädd med ett färgat ytskikt som tillåter enkel borttagning.

Pricken över i: Konstruktionen är hermetisk med undantag för fuktintagsöppningen. Genom detta elimineras oönskat fuktintag från kontaktytor mellan fot och mätkammare och mätsäkerheten ökar. Konstruktionen medför att funktionen för höjdställningen inte längre påverkar kammarens inre volym. Den konstanta inre volymen förbättrar mätsäkerheten.

Eliminerade delar: Ytterhöljet med funktionerna att skydda mot fukt under förvaring och utgöra mätredskap, har ersatts med en förslutande tejp över kammarens filteröppning och en mätsticka. På så vis reduceras även materialåtgång, antalet tillverkningssteg och produktens totala volym.

#### Modul 2: Fot/ben

Underdelens olika komponenter har reducerats från 6 till 4 i och med att foten består av en enkel solid stålplatta som sitter monterad vid benet med hjälp av en plastskruv. På benets överdel finns en gummipackning som gör att höjden kan justeras steglöst då benet monterats. Vid demontering kan benet avlägsnas genom att plastskruven bryts. Foten och benet av stål fungerar som vikter och positionerar fuktintaget på rätt djup i avjämningsmassan.

Fysiska egenskaper: Stabiliteten och hållfastheten kan ökas i och med den nya konstruktionen eftersom färre sammanfogningar krävs där toleransfel kan förekomma.

Dimensionering: Volymen i kammaren behöver vara i proportion med filteröppningens yta. Beräkningar av den ursprungliga produktens dimensioner, se bilaga (1) ger förhållandet mellan volym och area som sedan tillämpas i den nya produktens detaljkonstruktion.

Fotens och benets dimensioner är anpassade till att uppfylla kraven på minimalt och maximalt mätdjup samt att motverka kammarens flytkraft. Beräkningar som jämför avjämningsmassans densitet med produktens totala vikt och volym. Se bilaga (1).

### 7.3 Kostnadsuppskattning

Kostnadsuppskattning är mycket viktigt och vanligt förekommande inom dagens industri. De genomförs för att uppskatta vilka tekniska och ekonomiska konsekvenser som en komponents utformning får. Kostnadsberäkningar kommer till störst användning när en grundläggande konstruktion av delkomponenter har fastställts. Då finns tillräcklig information om produkten för att kunna utföra rättvisande beräkningar. Kostnadsuppskattning är en hjälp för att detektera icke ekonomiska produkter tidigt i processen. Detta är av största intresse eftersom det är svårt att reducera kostnader då en produkt väl satts i produktion.

Enligt boken "Process selection- from design to manufacture" skriven av K.G Swift och J.D Booker går det att beräkna tillverkningskostnaden för en komponent enligt formeln:

$$M_i = V * C_{mt} + R_c * P_c \quad (1)$$

Där  $M_i$  står för komponentkostnaden,  $V$  volymen för det ursprungliga råmaterialet,  $C_{mt}$  materialkostnaden,  $R_c$  relativa kostnadskoefficienten (gör tillägg för svårtillverkad utformning på komponenten) och  $P_c$  för tillverkningsmetodens lämplighet i förhållande till tillverkningsvolymen.

$R_c$  ges i sig av formeln:

$$R_c = C_{mp} * C_c * C_s * (C_t \text{ eller } C_f) \quad (2)$$

Där  $C_c$  anger hur mycket man behöver lägga till beroende på produktens geometsiska utformning.  $C_s$  läggs till för kostnader vid avverkningsarbete och  $C_t$  eller  $C_f$  för kostnader att skapa en specifik tolerans eller ytfinish beroende på vilken som är svårast att åstadkomma.

För att kunna få fram volymen av det ursprungliga råmaterialet så föreslås följande formel:

$$V = V_f * W_c \quad (3)$$

Där  $V_f$  är den färdiga produktens volym och  $W_c$  är en koefficient som står för det spillmaterial som uppstår vid tillverkning.

Om komponenten kräver flera operationer för att färdigställas ändras formeln till:

$$M_i = V * C_{mt} + \sum_{i=1}^n (R_{ci} * P_{ci}) \quad (4)$$

### 7.3.1 Kostnadsuppskattning för kritiska komponenter

De komponenter som inte kan köpas in som standardkomponenter behöver kostnadsuppskattas så att en rimlig bild av produktionskostnaderna kan förutsägas. Eftersom det senaste konceptets konstruktion bygger på att kammaren och benet kan specialtillverkas görs en kostnadsuppskattning enligt Swifts metod för dessa. Då önskemålet från Alfasensor är att produktionen av Screedry ska uppgå till 100 000 exemplar/år, har alla beräkningar och val utförts med avseende på detta. En inriktning har gjorts på processer som är effektiva för den önskade produktionsvolymen. Nedan följer beräkningsunderlag och värden för formel (1).

Enligt diagram från boken "Process selection- from design to manufacture" av K.G Swift och J.D Booker anses formsprutning vara den mest lämpade tillverkningsmetoden för kammaren. Även produktens rotationssymmetriska geometri motiverar detta val av tillverkningsmetod.

För kostnadsberäkning för mätkammaren fås följande data:

Mätkammarens huvudsakliga utformning kan klassas som A2 (se s.259 "Process selection- from design to manufacture" av K.G Swift och J.D Booker).

$$W_c = 1,1$$

$$C_{mt} = 0.00020 \text{ (öre/mm}^3, \text{ PVC, PE, PS (termoplaster))}$$

$$P_c = 1,8 \text{ (formsprutning)}$$

$$C_{mp} = 1$$

$$C_c = 1,3$$

$$C_s = 1,3$$

$$C_t = 1$$

$$R_c = 1,69$$

För kostnadsberäkning för benet ges följande: benets huvudsakliga utformning kan klassas som A4 enligt s. 259 "Process selection- from design to manufacture" av K.G Swift och J.D Booker.

$$W_c = 3$$

$$C_{mt} = 0.0017 \text{ (öre/mm}^3, \text{ PVC, PE, PS (termoplaster))}$$

$$P_c = 1,08$$

$$C_{mp} = 1$$

$$C_c = 1,1$$

$$C_s = 1,3$$

$$C_t = 1$$

$$R_c = 1,69$$

Resultatet blir att kostnaden för tillverkning av mätkammaren är 3,044 öre/enhet och kostnaden för benet 4.228 öre/enhet vid en produktionsvolym som uppgår till 100 000 enheter/år.

3000 enheter  $P_c=25$

$C_c = 2$  gängad plast

Stål:

$C_c$  för AM = 5.3

$C_c = 3$  AM

$P_c=1,08$  för AM 100.000

$C_{mt} = 0,00157 * 1,1092$

$A_4+AM \Rightarrow W_c = 3$

## 7.4 Produktionsanpassning

DFM är ett samlingsnamn för alla riktlinjer som används vid utformning av produkter och som verkar för att reducera tillverkningskostnader. Den handlar om att identifiera alla detaljer i konstruktionen som har stor påverkan på tillverkningskostnaden samt valet av tillverkningsprocess.

DFM består av fem huvuddelar:

- Beräkna tillverkningskostnaden av produkten (antingen genom en självkostnadskalkyl eller genom att fokusera på den verkliga material- och maskinkostnaden)
- Välja ut lämplig tillverkningsmetod (välja vad som skall läggas ut på underleverantörer och vad man ska tillverka själv)
- Förenkla och optimera tillverkningsprocessen (antalet processteg)
- Förenkla designen (kan flera delar tillverkas som en komponent istället för två)
- Anpassa utformningen efter vald tillverkningsteknik (se över om man kan omforma komponenten så att tillverkningsprocessen underlättas)

Dessa huvuddelar är till för att produkten ska utformas så att:

- uppbyggnaden av modulsystem förenklas men utan att det behövs fler och mer komplexa komponenter,
- tillverkningen av komponenten förenklas men utan att komplicera tillverkningsprocessen,
- designen av produkten är enkel och billig utan att den försvårar service.

Vid studier av tillverkningskostnaden för olika typer av utformning har det visat sig att nuvarande slätare utformning av benet ger en mer lönsam påverkan på tillverkningskostnaden än det föregående gängade alternativet. Dock skulle kostnaden sänkas ytterligare om benet fick lov att utformas i plast istället för metall.

Som lämplig tillverkningsmetod valdes formsprutning eftersom det är en effektiv metod vid tillverkning av större serier av plastkomponenter.

För att optimera tillverkningsprocessen har antalet komponenter reducerats genom att integrera det skyddande ytterhöljet i mätkammaren. Detta eliminerar behovet av lock och behållare.

För att förenkla designen är ytor på produkten så släta och obearbetade som möjligt och den formsprutade detaljen har avrundade kanter.

Eftersom materialet hos olika delar av produkten varierar kan det vara lämpligt att låta delar av eller hela tillverkningen läggas ut på underleverantörer med undantag för komponenter som bedöms vara företagsspecifika. Lämpligtvis tillverkas benet och kammarens formsprutade del av underleverantörer.

25/4 2010

## Beräkningar

För att utformningen på produkten ska stämma överens med de fysiska villkor som kundkraven indirekt medför, genomförs några grundläggande beräkningar för dimensionering och kontroll mot kundkrav gällande komponenters inbördes proportioner.

## Dimensionering av fot

Enligt Arkimedes princip-  $F = \rho V g$ , gäller att ett föremål sjunker i ett medium om dess densitet är högre än mediets densitet. I detta fall avses avjämningsmassa med den maximala densiteten  $1.6 \text{ g/cm}^3$ . För att produkten ska fylla sin funktion krävs att den står på underlaget. Alltså bör dess genomsnittliga densitet överstiga  $1.6 \text{ g/cm}^3$ . Produktens fot är tänkt att fungera som vikt och konstruktionen tillåter att fotens diameter och höjd dimensioneras så att villkoret för densiteten uppfylls.

$$\text{Volym: } V_{\text{sdry}} = V_{\text{fot}} + V_{\text{ben}} + V_{\text{kammare}} = 16.1478 \text{ cm}^3$$

Massa:

$$m_{\text{sdry}} = \rho_{\text{metall}} * (V_{\text{vikt}} + V_{\text{fot}}) + \rho_{\text{plast}} * V_{\text{kammare}} + \rho_{\text{luft}} * V_{\text{luft}} + m_{\text{sensor}} = 76.0107 \text{ g}$$

$$\text{Densitet: } \rho_{\text{sdry}} = \frac{m_{\text{sdry}}}{V_{\text{sdry}}} = 4.7072 \text{ g/cm}^3$$

Villkor som ska uppfyllas för underlagskontakt :  $\rho_{\text{sdry}} \geq \rho_{\text{avjämningsmassa}}$

Dimensioner på fot en som uppfyller villkoret för kontakt med underlaget:

$$\text{fot: } h=2 \text{ mm} \quad D=64 \text{ mm}$$

Variabler och värden:

$$g = 9.81 \quad \rho_{\text{avjämningsmassa}} = 1.6 \text{ g/cm}^3 \quad \rho_{\text{metall}} = 7.5 \text{ g/cm}^3$$

$$\rho_{\text{plast}} = 1.2 \text{ g/cm}^3 \quad \rho_{\text{luft}} = 0.0012 \text{ g/cm}^3$$

$$V_{\text{kammare}} = 7.3513 \text{ cm}^3 \quad V_{\text{ben}} = 3.1416 \text{ cm}^3 \quad V_{\text{fot}} = 5.6549 \text{ cm}^3$$

## Jämförelse av förhållanden mellan volym och filterarea

Enligt kundkrav ska kammarens inre volym vara i proportion med filteröppningens area. Förhållandet mellan volym och area ska vara samma eller mindre än för originalet. Följande

25/4 2010

beräkningar kontrollerar att kravet uppfylls. Maximal innervolym för kammarna används och konstant filteröppningshöjd används.

$$V_{kammare} = \frac{D_i^2}{4} * \pi * h_{kammare}$$

$$A_{filter} = D_y * \pi * h_{filter}$$

$$\frac{V_{kammare}}{A_{filter}} = K_1 = 8.19$$

$$V_{NyKammare} = \frac{D_{NyKammare}^2}{4} * \pi * h_{NyKammare} - \frac{D^2}{4} * \pi * h$$

$$A_{filter2} = D_{yNyKammare} * \pi * h_{filter}$$

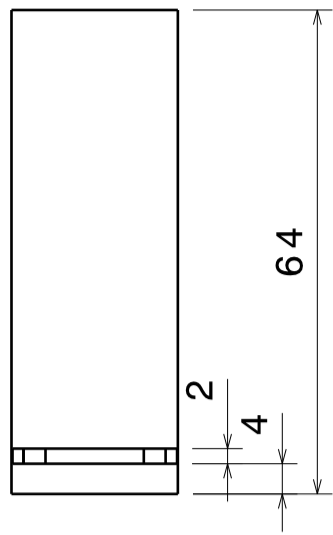
$$\frac{V_{NyKammare}}{A_{filter2}} = K_2 = 5.42$$

Villkor:  $K_1 > K_2$  uppfyllt

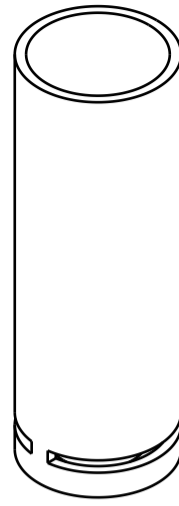
Variabler:

$$h_{kammare} = 64 \text{ mm} \quad D_i = 17 \text{ mm} \quad D_{iNyKammare} = 19 \text{ mm}$$

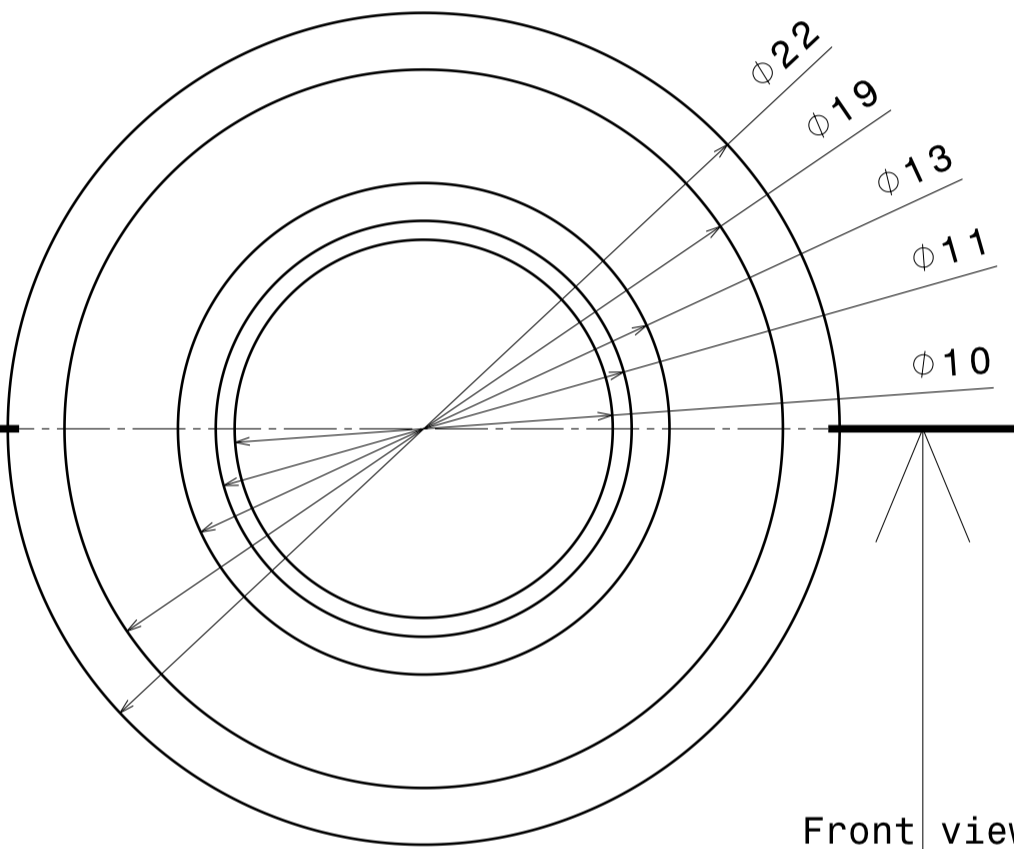
$$h_{filter} = 2 \text{ mm} \quad D_y = 22 \text{ mm}$$



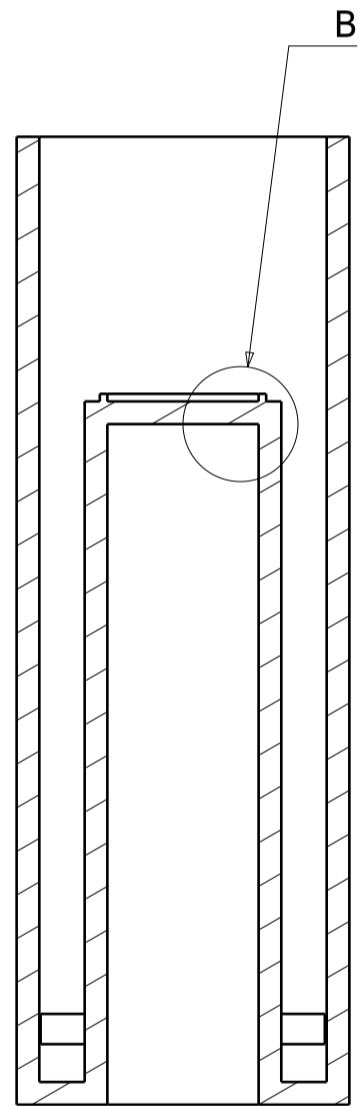
Bottom view  
Scale: 1:1



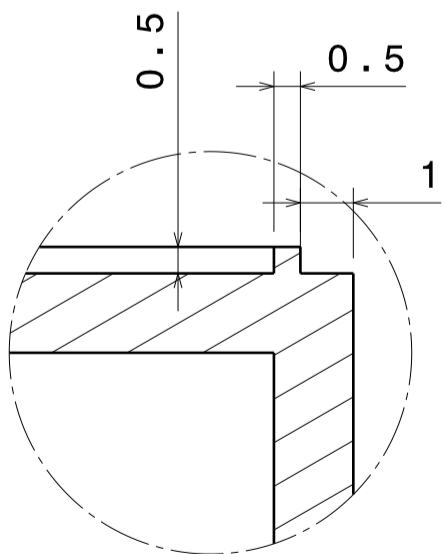
Isometric view  
Scale: 1:1



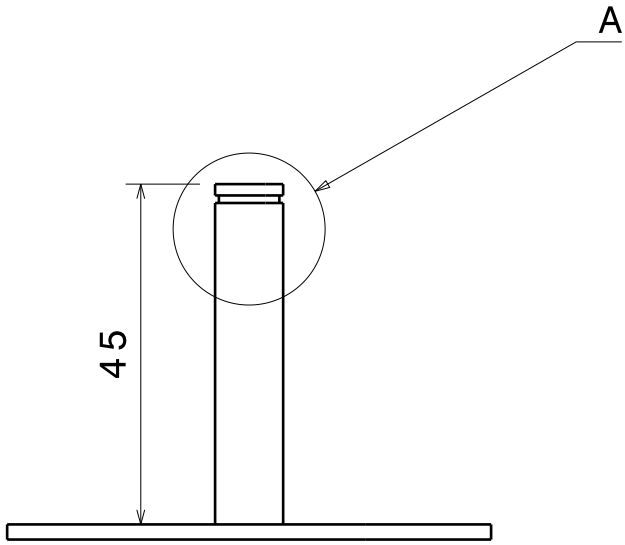
Front view  
Scale: 5:1  
A



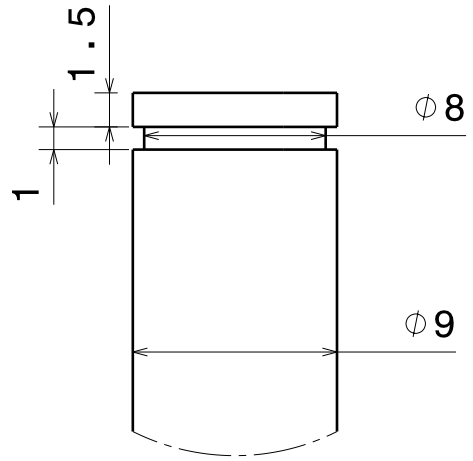
Section view A-A  
Scale: 2:1



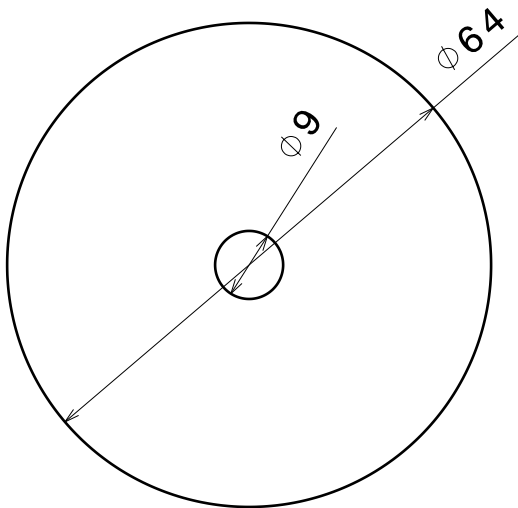
Detail B  
Scale: 7:1



Bottom view  
Scale: 1:1



Detail A  
Scale: 3:1



Front view  
Scale: 1:1