

CHALMERS



Konstruktion av kammarfläkt

Development of a centrifugal fan in an air handling unit

Examensarbete för högskoleingenjörsexamen inom Maskiningenjörsprogrammet

Johan Gadell

Gustav Svensson

Institutionen för Material- och tillverkningsteknik

Avdelningen för Avancerad oförstörande provning

CHALMERS TEKNISKA HÖGSKOLA

Göteborg, Sweden, 2016

Examinator: Gert Persson Examensarbete No. 150/2016

FÖRORD

Denna rapport är resultatet av ett examensarbete utfört över vårterminen 2016 hos fläktföretaget Åkerstedts Verkstad i Kvänum. Examensarbetet omfattar 15hp och har varit ett avslutande moment i vår högskoleingenjörsutbildning inom maskinteknik vid Chalmers tekniska högskola.

Vi vill tacka vår företagshandledare Markus Åkerstedt och Gert Persson examinator från Chalmers för all hjälp och vägledning under projektet. Ett speciellt tack till Fredrik och Daniel på Åkerstedts som tog sig tid från sitt arbete för att besvara våra frågor och hjälpa oss i vårt examensarbete.

Göteborg tisdag den 14 juni 2016

Johan Gadell
Gustav Svensson

SAMMANFATTNING

Bakgrunden till arbetet kommer från Åkerstedts Verkstad AB, de vill producera en ny typ av fläkt, en kammarfläkt. En fläkt som inte har ett eget hus runt fläkthjulet utan placeras direkt i ett ventilationsaggregat med anslutning till en värmeväxlare. Syftet har varit att konstruera en kammarfläkt och ta fram ett samband mellan tryck och luftflöde för denna typ av fläkt. På fläkten ska en frekvensomriktare kunna monteras, om det önskas av kund. Fläkten ska utformas så att ett differenstryck kan mätas.

Det som har tagits fram är olika koncept, ett koncept har vidareutvecklats och ritats upp i CAD. Ett samband mellan luftflöde och tryck för respektive fläkt har framtagits.

Resultatet av arbetet gav en färdig prototyp tillverkad av Åkerstedts och ett tryckflödesdiagram för varje fläktstorlek över sambandet mellan luftflöde och det uppmätta differenstrycket. Betydelsen av arbetet för Åkerstedts är ett koncept för en kammarfläkt som kan anpassas för varje fläktstorlek i deras nya sortiment av kammarfläktar. De har även nu ett samband för varje kammarfläkt vilket innebär att flödet enkelt kan avläsas via ett uppmätt tryck.

SUMMARY

The background of this project is provided from the company Åkerstedts Verkstad AB, they would like to produce a new kind of fan, a centrifugal fan in an air handling unit. A fan that does not have its own impeller house, then placed directly in an air handling unit with a connection to a heat exchanger. The purpose of this project have been to construct a fan and to determine a relationship between the air-pressure and air flow for this kind of fan. It should be available to mount various sizes of drives to the fan, if it is requested by the customer. The fan will be designed so there is a way to measure the differential air-pressure.

Different concept were established, where one concept has been further developed. Drawings and models of the final concept were designed in CAD-programs with proper dimensions. The relationship between the air-pressure and air flow has been compiled into different charts.

The results from this project provided a complete prototype of the fan manufactured by Åkerstedts. A pressure flow chart of the relationship between the two for every fan size. The contribution of this project for Åkerstedts is a complete concept for a centrifugal fan in an air handling unit, which can be adapted for every fan size. There is now a relationship between the air-pressure and air flow for every fan, it is therefore possible to read the air flow from a measured air-pressure.

INNEHÅLLSFÖRTECKNING

1. Inledning.....	1
1.1 Bakgrund	1
1.2 Syfte.....	1
1.3 Avgränsningar	1
1.4 Precisering av frågeställningen.....	1
2. Teoretisk referensram.....	3
2.1 Befintlig fläkt.....	3
2.2 IEC standardmotorer.....	3
2.3 Brainstorming	4
2.4 Kesselringmatris	4
2.6 FEM egenfrekvenser.....	4
2.7 Bernoullis ekvation.....	4
3. Metod	6
4. Analys och resultat	7
4.1 Motorval	7
4.2 Konceptbeskrivning.....	7
4.2.1 Koncept 1 – Vägg	7
4.2.2 Koncept 2 – Kloss	8
4.2.3 Koncept 3 – Balk	9
4.2.4 Koncept ”slide” funktion	10
4.3 Kravspecifikation.....	11
4.4 Kesselringmatris	12
4.5 Dimensionering av skruvförband	16
4.6 Ritningar	19
4.7 Egenfrekvensanalys	19
4.8 Frekvensomriktarplatta	23
4.9 Vibrationsdämpare.....	24
4.10 Flödesanalys	26
5. Prototyp och ändringar	29
5.1 Ändringar av prototyp	29
5.2 Nya frekvensomriktarplattan	30
5.3 Ny placering av vibrationsdämpare	30
6. Slutsats och rekommendationer	32

7. Referenser.....	33
8. Bilagor.....	1
Bilaga 1 – Beräkning av materialanvändning med hjälp av Catia.....	1
Bilaga 2 – Tabeller för dimensionering av skruvförband.....	4
Bilaga 3 – Vibrationsdämparparametrar.....	6
Bilaga 4 – Trycksimulering	7

1. INLEDNING

I detta kapitel beskrivs företagets bakgrund, syftet med projektet, avgränsningar i projektet och precisering av frågeställningen.

1.1 Bakgrund

Åkerstedts Verkstad AB tillverkar fläktar för olika applikationer. Nu vill de utöka sitt utbud med en kammarfläkt. De vill ta fram en egen konstruktion av en kammarfläkt som de kan börja tillverka. En kammarfläkt är en enkel typ av fläkt, som är en kompakt direkt driven fläkt. Fläkten består av få detaljer så som fläkthjul, motor och stativ.

1.2 Syfte

I uppdraget skall en ny kammarfläkt konstrueras för detaljproduktion i en styckestillverkning, det vill säga att fläkten produceras efter order. Åkerstedts har redan ett bestämt fläkthjul. Det som ska konstrueras är en upphängning för motorn. Val av motor ska göras för att öka verkningsgraden. Resultatet ska utmynnas i en konstruktion av en kammarfläkt som ska gå att produceras. Konstruktionen ska anpassas så att en flödesmätare kan användas. Om tid finns ska konstruktionen anpassas till olika storlekar för att täcka fler behov.

1.3 Avgränsningar

De avgränsningar som har tagits fram i början av projektet är:

- Inloppets utformning är bestämd
- Konstruktion av fläkthjul ingår inte
- Ljudnivå beaktas ej vid konstruktion
- Tillverkningsmetoder, produkten skall kunna tillverkas med tillgänglig maskinpark
 - o Laserskärning, bockning, svets
- Konceptet ska kunna monteras utan svetsning
- Material som redan finns ska användas, galvad plåt, SS-EN 10142
- Leverantör för motorer är begränsade, följande fabrikat är aktuella WEG, ABB och Höyer
- Konstruktionen skapas för fläktstorlek 045

Under arbetets gång uppkom fler avgränsningar.

- Endast standard motorer, IEC, skall användas och inte motorer av EC utförande
- Vibrationsdämpare i gummiutförande från Elessa måste användas

1.4 Precisering av frågeställningen

- Välja en motor med EC utförande
- Två till tre olika koncept ska tas fram, kompatibla med minst ett aggregat
- Konceptet ska fungera med de båda typerna av motorer samt olika storlekar av motorerna
- En CAD-modell ska tas fram i Catia alternativt Thinkdesign

- Analys av egenfrekvenser på fläkten
- Prototyp ska tas fram av Åkerstedts
- En frekvensomriktare ska kunna monteras
- Ett samband mellan flöde och tryck ska tas fram för varje fläktstorlek
- Om tid finns så ska det valda konceptet anpassas till fler fläktstorlekar

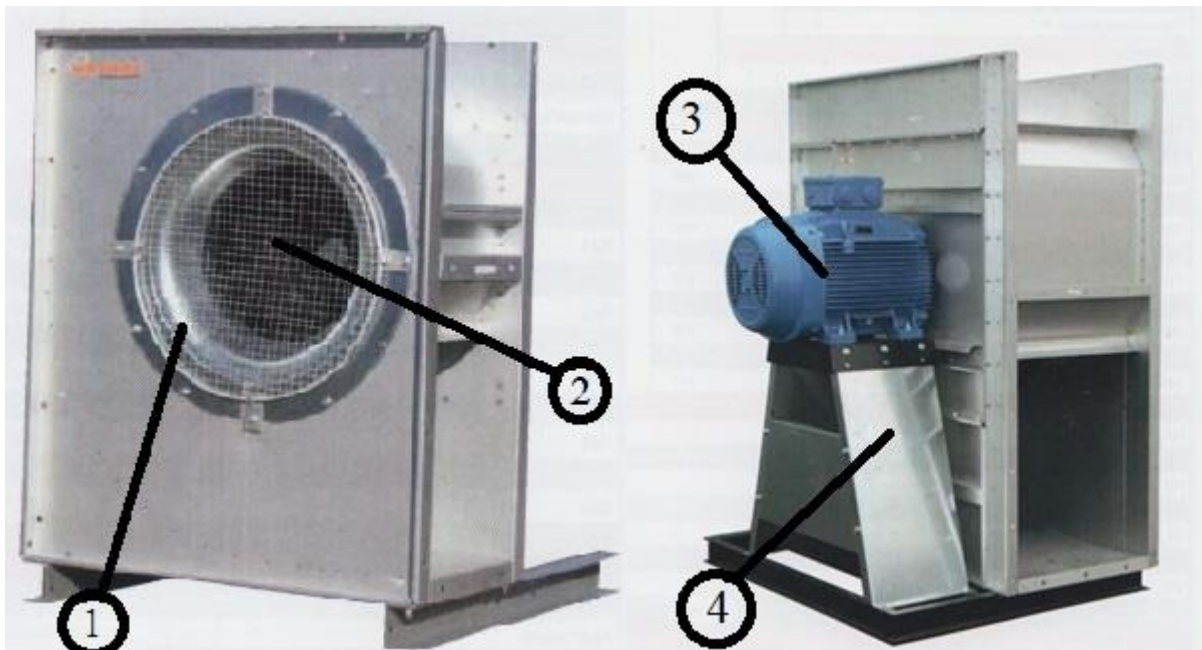
På grund utav att det tillkom nya avgränsningar flyttades fokus från frågeställningarna som innefattar EC-motorer.

2. TEORETISK REFERENS RAM

I detta kapitel presenteras bakgrund och begrepp som kommer att användas senare i rapporten.

2.1 Befintlig fläkt

I dagsläget har Åkerstedts inga konstruktioner för kammarfläktar. En kammarfläkt fungerar så att den placeras i ett aggregat för att driva luft genom en värmeväxlare. Åkerstedts har idag fläktar av andra typer som oftast har ett eget hus runt fläkthjulet. Skillnaden är alltså att kammarfläkten är fri kring fläkthjulet. Nedan beskrivs konstruktionen av en annan fläkt från Åkerstedts.



Figur 1 Befintlig fläkt, FMLB

I figur 1 visas en befintlig fläkt där identifieras (1) inloppet, (2) fläkthjulet som driver luften. För att driva fläkthjulet behövs en motor (3) som placeras i rätt höjd för fläkten. Det görs genom att ett stativ (4).

Kammarfläkten som ska tas fram kommer att enligt avgränsning att dimensioneras för en bestämd fläktstorlek. Den fläkt som är mest lik kammarfläkten i Åkerstedts sortiment är typen FMLB [1]. I figur 1 ovan visas en FMLB fläkt. FMLB och den nya kammarfläkten kommer att ha samma fläkthjul och inlopp för den aktuella storleken.

2.2 IEC standardmotorer

Bland IEC motorer finns det en standard att följa, IEC 60072-1 (1991), [2]. Som är en standard för yttermått på motorn. Standarden benämner de olika storlekarna på motorena efter ramstorlek vilket är höjdmåttet från motorns lägsta punkt till axelns centrum.

2.3 Brainstorming

Brainstorming används för att generera idéer genom att skissa och sedan diskutera. Där kvantitet är viktigare än kvalitet. Många av idéerna kan komplettera varandra och bli ett koncept istället för två olika idéer [3].

2.4 Kesselringmatrix

I Kesselringmatrixen värderas koncepten utifrån hur väl de klarar av önskemålen som ställts i kravspecifikationen. I matrisen finns ett idealt koncept som har maxpoäng, efter det presenteras koncepten. Egenskaperna hos respektive koncept värderas och poängsätts. Som resultat av Kesselringmatrixen fås ett slutgiltigt koncept [3].

2.6 FEM egenfrekvenser

I denna rapport kommer konstruktionens egensvängningar att diskuteras. För att veta vilket arbetsområde som bör undvikas. Egensvängningarna visas i konstruktionen i form av olika moder. Där en mod är en typ av svängningsform som utlöses vid en viss frekvens. Därför används en modell med hjälp av finitaelementmetoden, FEM, för att identifiera dess olika moder och respektive egenfrekvens.

En egenfrekvens är den frekvens som utlöser hela konstruktionens egensvängning. Vilket kan leda till att konstruktionen förstörs, vibrerar eller låter ovanligt mycket. Detta inträffar då det roterande arbetsområdets frekvens stämmer överens med konstruktionens egenfrekvens som startar dess mod.

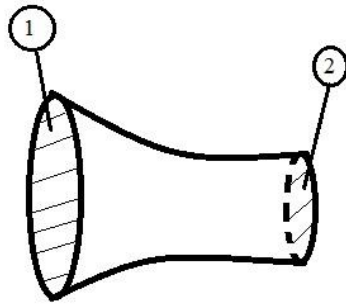
Med hjälp av FEM kan en modell av konstruktionen simuleras för att identifiera dess egenfrekvenser. Detta ger information om vilket arbetsområde som bör undvikas och om konstruktionen skulle behöva konstrueras om för att öka dess egenfrekvens.

2.7 Bernoullis ekvation

Då ett samband mellan tryck och flöde ska bestämmas enligt frågeställning behövs viss termodynamisk teori tillämpas. Bernoullis ekvation för idealt tillstånd, det vill säga inga förluster i systemet, är enligt Fundamental of Thermal-fluid Sciences, [4]:

$$p_{s1} + p_{d1} + p_{h1} = p_{s2} + p_{d2} + p_{h2} \quad (1)$$

$$p_{di} = \frac{\rho V_i^2}{2} \quad (2)$$



Figur 2 Godtyckligt tvärsnitt

Där p_s avser det statiska trycket, p_d är det dynamiska trycket, p_h är trycket beroende på höjdskillnaden, ρ är mediets densitet och V är mediets hastighet i det aktuella tvärsnittet. I figur 2 visas ett godtyckligt system där Bernoullis ekvation kan tillämpas. Index 1 i ekvation 1 avser det tvärsnitt markerat med 1 i figuren ovan, index 2 avser analogt tvärsnittet markerat med 2. Genom att använda Bernoullis ekvation fås det fram ett samband mellan luftflöde och tryck. Detta hjälper då det inte är enkelt att mäta ett luftflöde, att mäta tryck är betydligt enklare. Genom ett uppmätt tryck är det lätt att ta fram ett flöde. Ur [4] fås även flödessambandet enligt.

$$q = A * V \tag{3}$$

Där q är mediets flöde och A är det aktuella tvärsnittets area.

3. METOD

I detta kapitel kommer det att beskrivas arbetsprocessen genom hela projektet.

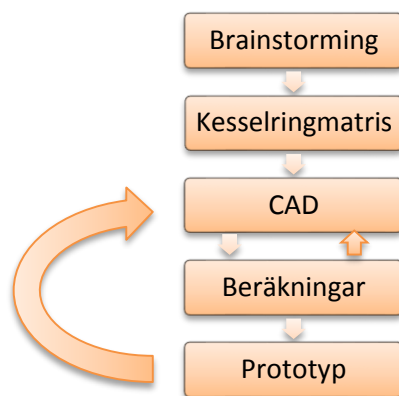
I början av projektet definierades syftet med arbetet och en planeringsrapport sammanställdes. Avgränsningar bestämdes för att förhindra arbetet från att bli för omfattande. En tidsplan gjordes i form av ett Gantt-schema och en loggbok startades för att hålla koll på utförda arbetsuppgifter samt nästa steg i arbetet.

Arbetet började med att hitta en passande EC-motor som alternativ till standardmotor med hög verkningsgrad.

Konceptgenerering bestod till största del av brainstorming. För att analysera och välja ett koncept gjordes en kravspecifikation som appliceras i en Kesselringmatris. Det koncept som fick bäst resultat i Kesselringmatrisen valdes för fortsatt utveckling. Det valda konceptet ritades upp i två CAD-program, Catia V5 och ThinkDesign.

Förbanden i konceptet analyserades och dimensionerades. Konceptet genomgick även en FEM-analys i Catia V5 där egenfrekvenser undersöks i olika moder. Med hjälp av Bernoullis ekvation räknades det fram ett samband mellan flöde och tryck för varje fläktstorlek.

I slutet av arbetet framställdes en fullskalig prototyp. Prototypen analyserades och testades. Ett antal förbättringsförslag togs fram för vidareutveckling av konstruktionen.



Figur 3 Flödesschema

Förbättringsförslagen kräver ändringar i CAD-modellerna och ritningarna. Därför finns det en loop i flödesschemat. Denna loop utnyttjas ifall ändringar uppkommer vid framtagning av prototyp och processen tas upp på nytt från CAD-steget och fortsätter genom flödesschemat, se figur 3.

4. ANALYS OCH RESULTAT

I detta kapitel presenteras resultatet av de metoder som har använts under arbetet.

4.1 Motorval

Målet med motorvalet är att välja den motor med högst verkningsgrad för att effektivisera resursförbrukningen. I projektet var det önskvärt att jämföra två olika typer av motorer, IEC och EC. Enligt avgränsningarna i kap 1.3 om vilka leverantörer som måste användas. Ingen av leverantörerna har EC motorn i sitt sortiment. I samspråk med handledare på företaget så avgränsades arbetet från motorer av typen EC för att istället fokusera på IEC-klassen. Inom IEC-klassen finns det olika verkningsgradsklasser, IE1, IE2, IE3 och IE4, där den högsta klassen, IE4, är den med högst verkningsgrad.

Tabell 1 Jämförelsetabell av motorklasser

IEC-klass	Minsta ramstorlek	Uteffekt, min, [kW]	η , min, [%]
IE1	63	0,12	81,5
IE2	63	0,12	85,5
IE3	63	0,12	87,7
IE4	132	3	90,4

Där η , min är den minsta verkningsgrad som motorn måste uppfylla. Datan i tabell 1 är sammanställd från två olika källor. Den minsta ramstorleken är från WEG electrical motors för, W22 med ram i gjutet järn, [5] då de två övriga fabrikaten inte har IE4-klassen tillgänglig vid 3 kW. Uteffekten och η , min är från ABB [6] som hänvisar till standarden för IEC 60034-30-1:2014. För en 4-polig motor med uteffekt 3 kW. Verkningsgradsklassen IE4 finns inte i lämpligt utförande för den fläktstorlek som ska konstrueras, utan endast för större fläktar med minsta effekt på 3 kW och med en motorstorlek större än 132. Då fläktstorlek FMLB045 enligt Åkerstedts katalog [1] endast behöver en effekt på ca 0,55 kW, för en 4-polig motor och en max motorstorlek på 112. För denna fläkt är det lämpligt med motorer i verkningsgradsklass IE3.

För vald fläktstorlek är det inte möjligt att välja IE4 klassen. För större fläktstorlekar än 045 är det möjligt att öka verkningsgraden genom att gå upp en klass till IE4.

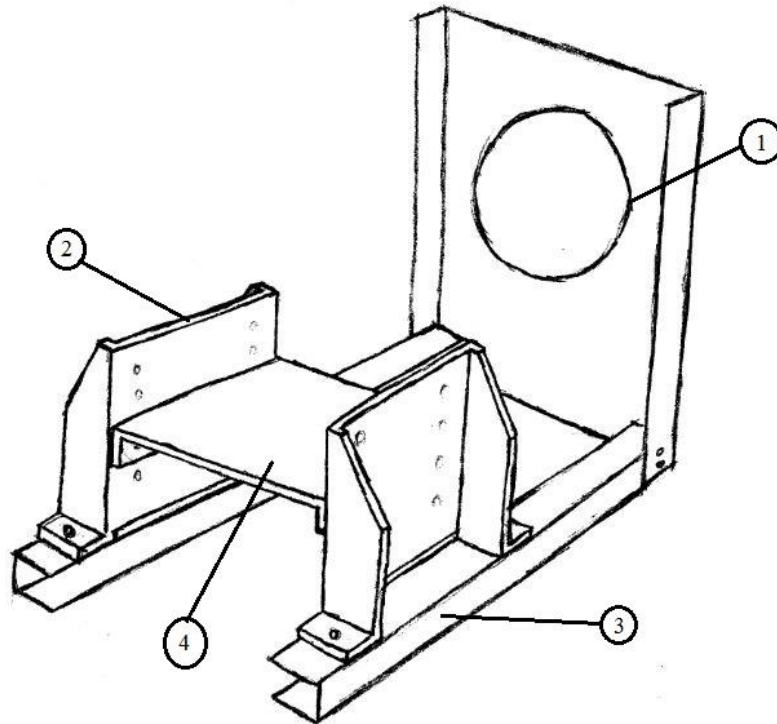
4.2 Konceptbeskrivning

I detta stycke presenteras de framtagna koncepten gjorda för stativet för fläkten i form av text och bild.

4.2.1 Koncept 1 – Vägg

Detta koncept, i figur 4, består utav två stycken likadana delar (2), ”vägg”, uppsatta mittemot varandra för att sedan låta en annan del (4), ”brygga”, monteras fast mellan dem i önskad höjd beroende på motorstorlek. Genom att montera bryggan del (4) på olika höjder kan flera motorstorlekar användas på ett och samma stativ. På detta sätt behövs det inga extra delar

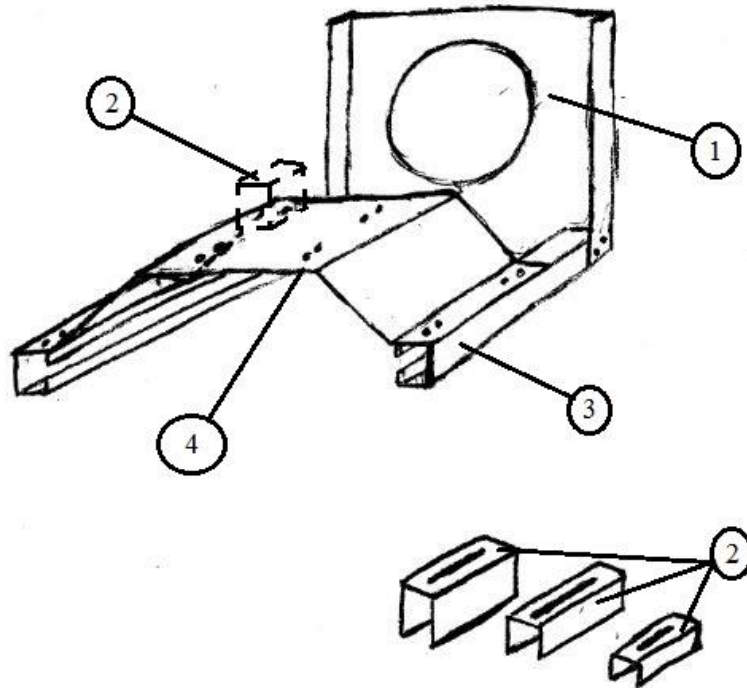
eller olika storlekar. De båda väggarna del (2) skruvas fast i del (3), ”balk”, där även del (1), ”inloppssidan”, är fastmonterad. I figur 4 syns det att de båda väggarna del (2) har bockade kanter för att fungera som styrkande ”ribbor”. Längst ner vid dessa ”ribbor” är varsin ”fot” bockad för att kunna monteras fast väggen del (2) i balken del (3).



Figur 4 Koncept 1

4.2.2 Koncept 2 – Kloss

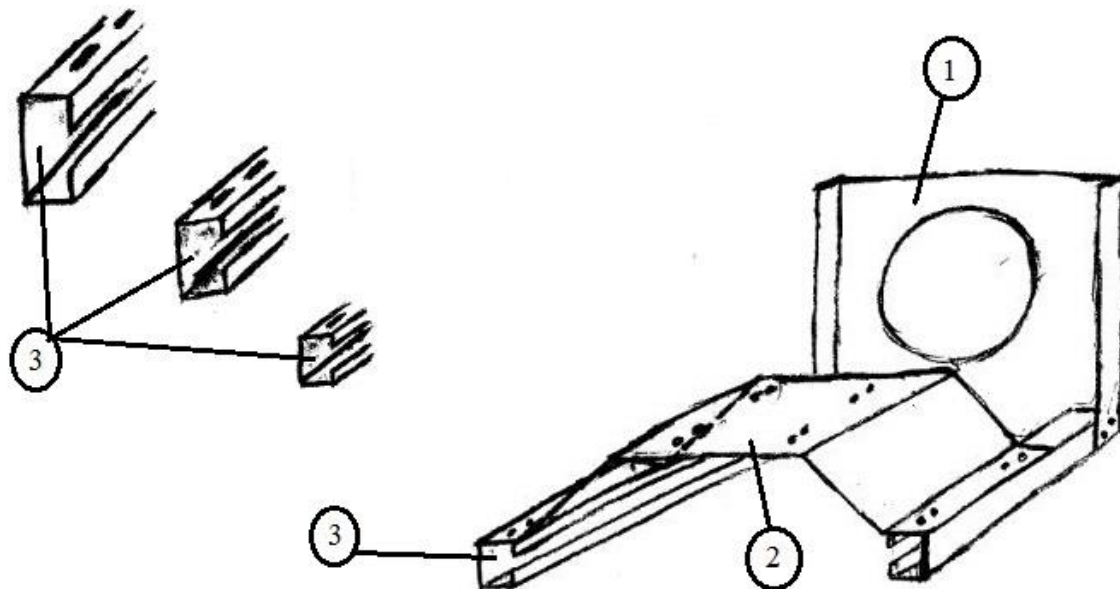
Koncept 2, i figur 5, bygger på att bryggan del (4) monteras mellan balkarna del (3). Bryggan del (4) är ej justerbar. För att justera höjden monteras del (2), ”kloss”, fast på bryggan del (4). Bryggan del (4) konstrueras för den största motorstorleken och därmed används klossar del (2) för de mindre resterande motorstorlekarna. Klossarna Del (2) undviker behovet att byta brygga del (4) för varje motorstorlek.



Figur 5 Koncept 2

4.2.3 Koncept 3 – Balk

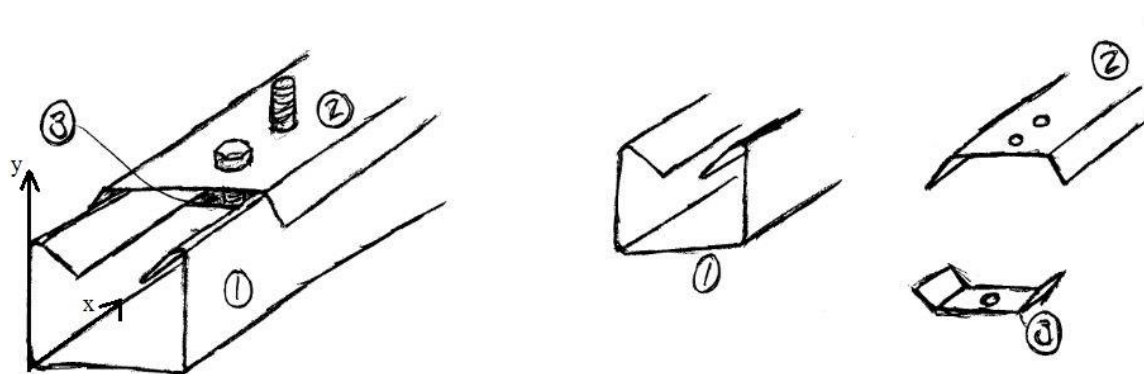
I detta koncept används bryggan del (2), figur 6, motsvarande bryggan del (4) i figur 5. Fast i detta fall används det inte några klossar del (2) från figur 5 för att höja och sänka för olika motorstorlekar. Utan istället ändras höjden genom att byta ut balkarna del (3) i figur 6. Bryggan del (2) monteras på balkarna del (3) och för att få rätt höjd för respektive motorstorlek byts balkarna del (3) ut därefter. Där balkarna del (3) tillverkas efter önskad motorstorlek.



Figur 6 Koncept 3

4.2.4 Koncept "slide" funktion

Eftersom alla koncept har liknande underrede uppkom ett problem i att montera fläkt i aggregat. Då möjligheten att kunna justera höjden och i sidled var önskat gjordes ett koncept för den funktionen som ska kunna appliceras på varje koncept. Problemet uppkom under arbetets gång därför togs bara ett koncept fram. Konceptet fungerar enligt figur 7.



Figur 7 Justeringsfunktion

Del (2), "fot", i figur 7, monteras under balkarna del (3), från figur 4,5 och 6. Del (1), "spår", monteras direkt i aggregatet och därefter placeras fläktens fot del (2) ovan på spåret del (1). Kammarfläkten justeras i x-riktningen genom att låta fläktens fot del (2) glida över spåret del (1). Fläkten låses i x-riktningen genom att låta del (3), "låsbricka", klämma fast mot spåret del (1) med hjälp av ett skruvförband.

4.3 Kravspecifikation

Kravspecifikationen kan ses i sin helhet i tabell 2.

Tabell 2 Kravspecifikation

Kravspecifikation	Krav/önskemål	Viktning
Flödesmätare, Möjlighet till att mäta differenstrycket	K	-
Klara av motorlast, statiskt och dynamiskt	K	-
Monterings vänlig, Lätt att montera ihop	Ö	5
Ljudnivå, Bullernivå	Ö	5
Frekvensomriktare, Möjlighet att montera en frekvensomriktare	Ö	5
Stabil, Klara statiskt och dynamiskt lastfall	Ö	4
Robust, Ej klen, egenfrekvenser	Ö	4
Tillverkning, Tillverkningsprocesser, lätt tillverkat	Ö	4
Montering i aggregat, Lätt att montera i aggregat, justera i aggregat	Ö	4
Materialanvändning, Spara material, (volym)	Ö	3
Lättmodifierad, Möjlighet till (ex.)högre stabilitet på större storlek, reservdelar	Ö	3
Estetiskt tilltalande, Snygg	Ö	1

Kravspecifikationen har tre stycken krav som lyder: möjligheten till att mäta differenstryck, konceptet ska klara av motorlasten både statiskt och dynamiskt och att den maximala obalansen mellan fläkthjul och motoraxel är given enligt G2,5 [7].

Resterande inom kravspecifikationen är önskemål som viktas olika beroende på hur väsentliga det är.

- Monteringsvänlig
- Ljudnivå
- Frekvensomriktare

Dessa önskemål är de som är högst viktade, 5. Konceptet ska inte vara för komplicerat, alltså det ska vara lätt monterat. Ljudnivån får inte vara för hög, då detta är ett högt önskemål hos kunden. Enligt tidigare avgränsningar ska ej detta önskemål tas med vid konstruktion. Möjligheten till att montera fast en frekvensomriktare är ett viktigt önskemål, för att kunna styra varvtalet på fläkten.

- Stabil
- Robust
- Tillverkning
- Montering i aggregat

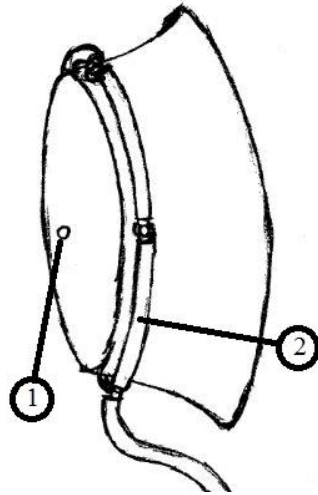
Dessa önskemål är viktade lägre än tidigare önskemål, 4. Enligt önskemålen stabil och robust värderas koncepten efter konceptet konstruktion. Koncepten har redan som krav att klara av detta men önskemålen avser hur väl de olika koncepten genomför detta. Tillverkning är begränsad då det finns en tillgänglig maskinpark att förhålla sig till. Därför värderas koncepten utifrån hur väl det kan tillverkas hos företaget. Monteringen i aggregat är ett önskemål där koncepten värderas efter hur väl de kan anpassas till ett aggregat.

- Materialanvändning
- Lättmodifierad
- Estetiskt tilltalande

Dessa önskemål är de sista i kravspecifikationen. De är även de med lägst viktning. Materialanvändning är ett önskemål ur ett hållbarhetsperspektiv. Målet är att ha så liten materialanvändning som möjligt. Koncepten ska vara lättmodifierade då förstärkning kan behövas eftersom att arbetet har utgått från en specifik storlek. Att koncepten ska vara snygga är ett önskemål som är lägst prioriterat.

4.4 Kesselringmatrix

Kraven ur kravspecifikationen lyder att konstruktionerna ska klara av motorns last och kunna mäta av differenstryck. Utifrån jämförelser med befintliga fläktar (se figur 1) kommer varje koncept att klara av motorlasten. För att kunna mäta differenstrycket över inloppet behöver man utforma hål vid inloppets minsta diameter, se figur 8. Fyra stycken hål, (1), jämt fördelat kring inloppet. Hålen kopplas ihop med slangar, (2), för att kunna mäta det statiska trycket i tvärsnittet. Då koncepten använder lika inlopp, enligt avgränsning, klarar alla koncepten detta krav.



Figur 8 Inloppet med hål för tryckmätning

I tabell 3 nedan presenteras Kesselringmatrisen. Det sista kravet i kravspecifikationen lyder att det finns en maximal obalans tillåten mellan fläkthjul och motoraxel. Då omkonstruktion av fläkthjul ej ingår i detta projekt så bör alla koncept klara detta krav.

Tabell 3 Kesselringmatrix

Kesselringmatrix		Alternativ							
Kriterium		Ideal		1-vägg		2-kloss		3-balk	
Namn	w	v	t	v	t	v	t	v	t
Monterings vänlig, Lätt att montera ihop	5	5	25	4	20	4	20	5	25
Ljudnivå, Bullernivå, (TESTA)	5	5	25	1	5	1	5	1	5
Frekvensomriktare, Möjlighet att montera en frekvensomriktare	5	5	25	5	25	4	20	4	20
Robust, Hållf.-mässigt, statiskt lastfall, egenfrekvenser	4	5	20	5	20	4	16	5	20
Tillverkning, Tillverkningsprocesser, lätt tillverkat	4	5	20	4	16	4	16	5	20
Montering i aggregat, Lätt att montera i aggregat, justera i aggregat	4	5	20	5	20	5	20	5	20
Materialanvändning, Spara material, (volym)	3	5	15	3	9	5	15	4	12
Lättmodifierad, Möjlighet till (ex.)högre stabilitet på större storlek, reservdelar	3	5	15	5	15	3	9	3	9
Estetisktilltalande, Snygg	1	5	5	5	5	3	3	3	3
Total v		45		37		33		35	
v/vmax		1		0,82		0,73		0,78	
Total t		170		135		124		134	
t/tmax		1		0,794		0,729		0,788	
Rangordning				1		3		2	

Monteringsvänlig

Koncepten har bedömts och jämförts utifrån hur enkla de är att montera ihop. Koncept 3 och 2 har en tydlig fördel då båda inte har lika många delar jämfört med koncept 1 som ska monteras ihop. Koncept 1 har en motorbrygga som ska justeras i mån av motorstorlek, koncept 2 och 3 behöver inte justeras utav montör utan det styrs tidigare i processen. I samspråk med montör har det framkommit att koncept 2 liknar något Åkerstedts har använts sig av tidigare. De klossar som har använts tidigare har tenderat till att deformeras vid åtdragning av motorn.

Ljudnivå

Enligt avgränsningarna så kommer det inte tas någon hänsyn till ljudnivån under konstruktion. Därför har samtliga koncept den lägsta poängen.

Frekvensomriktare

Frekvensomriktare ger möjligheten att styra varvtalet på motorn. Något som önskas att kunna monteras på fläkten. Möjligheten för montering av frekvensomriktare på varje koncept är möjlig, fast koncept 1 anses ha flera monterings möjligheter i form av lämpliga ytor och anses därför få ett högre betyg.

Robust

I aspekten robust önskas att koncepten känns stabila och tåliga mot vibrationer och laster. Alla koncepten klarar kravet av laster därför bedöms det hur väl de gör sig mot dynamiska laster såsom vibrationer. Utifrån att jämföra koncepten anses koncept 1 och 3 vara bäst då de har en stor yta där motorn är monterad, vilket anses leda till mindre vibrationer. Koncept 2 använder sig utav klossar vilket motorn måste placeras på. Vilket anses ge större vibrationer jämfört med att motorn är monterad på en hel yta som i koncept 1 och 3. Koncept 2 anses även riskera utböjning av klossarna vid åtdragning av skruvförbanden, denna risk finns inte vid de andra koncepten därför är koncept 2 sämst ur denna aspekt.

Tillverkning

Koncept 1 består av fler antal bockjobb och fler antal detaljer som ska tillverkas än de övriga koncepten. Koncept 2 och 3 är det med minst antal detaljer i produktion och med färre bockjobb.

Materialanvändning

Hur stor material användning som behövs för varje koncept.

Koncept 1: 0,466 m²

Koncept 2: 0,312 ± 0,064 m²

Koncept 3: 0,312 ± 0,078 m²

Eftersom koncepten har samma tjocklek behövs bara arean jämföras som ska skäras med hjälp av en laserskärare. Koncept 2 är det som kräver minst material. Materialanvändningen är beräknad med hjälp av Catia. Se bilaga 1 för figurer.

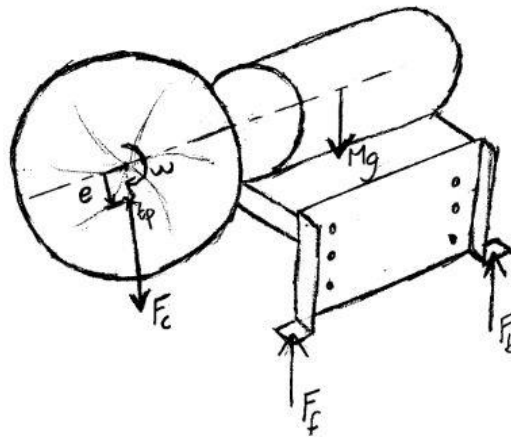
Lättmodifierad

Möjligheten att modifiera konceptet i efterhand för att styva upp och anpassas för olika motorstorlekar. Alla koncepten kan styvas upp i efterhand till viss mån, fast koncept 1 anses vara det som enklast går att styva upp. Då det finns flertalet ytor att montera förstyrningar. Koncept 1 har en detalj som är justerbar av montör, det har inte de 2 andra koncepten. Därför är koncept 1 att föredra då koncept 2 och 3 behöver ändra storlek på detaljer för att uppnå samma effekt som koncept 1.

I tabell 3 kan resultatet att koncept 1 vägg är det slutgiltiga konceptet. Konceptet med hög och sänkbar brygga, se figur 4. Dock med liten marginal över koncept 3 balk. Koncept 1 vägg är det koncept som kommer att konstrueras och dimensioneras för att sedan förberedas för tillverkning av en första prototyp.

4.5 Dimensionering av skruvförband

Produkten ska monteras ihop med ett antal skruvförband, därför behövs det göras en analys på vilket skruvförband som ska användas. För att kunna dimensionera förbandet behövs det göras en friläggning över hela systemet, se figur 9.



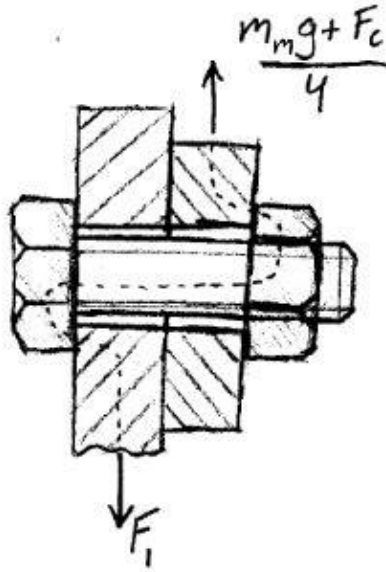
Figur 9 Friläggning av hela systemet

Från maximal obalans i fläkthjulet tillkommer en fiktivkraft, centrifugalkraft F_c , som är tidsberoende. Eftersom centrifugalkraften är tidsberoende kan den ge upphov till utmattning i konstruktionen. Men centrifugalkraften är mycket mindre än den statiska lasten och därmed ingen risk för utmattning. Därmed inses att konstruktionen ej riskerar utmattning. Den maximala obalansen är given enligt kravspecifikationen. Det förband som analyserats är det mellan detalj 2 och 4 enligt figur 4. Metoden som har använts vid dimensioneringen är den metod som presenteras i Lärobok i maskinelement [8]. Den axiellaskruvkraften, F_{sk} , som behövs i förbandet för att klara av den yttre lasten har beräknats enligt följande friläggning och jämviktsekvationer.

Tabell 4 Data

Fläkthjulets massa, m_f , [kg]	6
Motorns massa, m_m , [kg]	44
varvtal, n , [rpm]	3000
Max excentricitet, e , [m]	8×10^{-6}
Friktionskoefficient, μ_{SS} , stål-stål	0,1

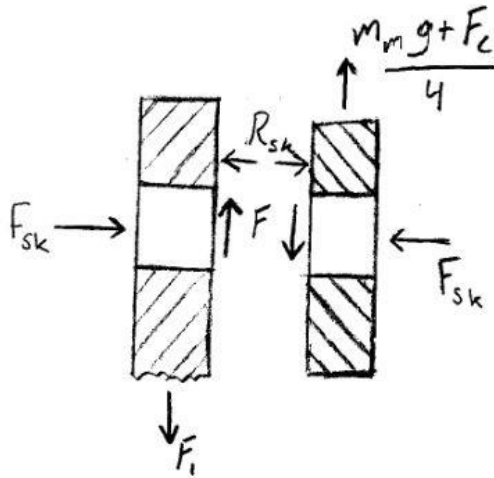
$$F_{c,max} = mr\omega^2 = m_f e \left(\frac{n\pi}{30} \right)^2 \approx 4,74 \text{ N}$$



Figur 10 Friläggning av ett skruvförband

Jämvikt enligt figur 10:

$$\uparrow: \frac{m_m g + F_{c,max}}{4} = F_1$$



Figur 11 Friläggning av kontaktytan

Jämvikt enligt figur 11:

$$\begin{aligned} \uparrow: F &= F_1 \\ \leftarrow: F_{sk} &= R_{sk} \end{aligned}$$

För att undvika glidning behövs:

$$\mu_{ss} > \frac{F}{R_{sk}} \Rightarrow R_{sk} > \frac{F}{\mu_{ss}} = \frac{m_m g + F_c}{4 \mu_{ss}} \approx 1090N$$

Som kan ses i figurerna behövs en skruvkraft på 1090 N då centrifugalkraften, verkar åt samma håll som den statiska lasten, och statisk last från motor verkar. Friktionskoefficienten mellan de två ytorna, stål mot stål, antas vara sämsta möjliga, $\mu_{ss}=0,1$. Förbandet som ska användas är standardiserade enligt ISO-gänga. I bilaga 2 presenteras den data som hämtats ur Lärobok i maskinelement [8].

Från samma kapitel härleds det totala moment som krävs för att dra åt förbandet.

$$M_{tot} = F_{ax}(0,16P + 0,58\mu d_2 + \mu_b r_m) \quad (4)$$

Där P är gängans stigning, μ är friktionskoefficienten i gängan, d_2 är medeldiametern, μ_b är friktionskoefficienten mellan mutter och härdad bricka och r_m är den kontaktradien mellan skruv och material. Den sista termen är ifall man använder sig utav brickor i förbandet. Förbandet behöver förspännas med minst 1,1 kN enligt ovan. I bilaga 2 andra tabellen presenteras det totala erforderliga åtdragningsmomentet (enligt ekvation (4)) med respektive utan bricka som behövs då förspänningskraften F_{ax} är konstant. Det blir ett högre åtdragningsmoment när förbandet förses med en bricka då det tillkommer en term som kan ses i ekvation (4).

Om endast hänsyn tas till att förspänningskraften ska uppfyllas så ska förbandet dimensioneras för M4. Då skruvspänningen inte får överstiga skruvens hållfasthetsklass. Skruvarna som antas användas är av 8.8 hållfasthetsklass det vill säga att sträckgränsen för en sådan skruv är 80 % av brottgränsen på 800 MPa. Sträckgränsen är därmed 640 MPa vilket alla dimensioner klarar, se andra tabellen i bilaga 2.

I den tredje tabellen i bilaga 2 är det totala åtdragningsmomentet konstant. Det konstanta åtdragningsmomentet M_{tot} har ansatts till ett värde som används vid montering på Åkerstedts verkstad. Enligt bilaga 2 måste förbandet minst vara av storlek M7 med hänsyn till tidigare hållfasthetskrav.

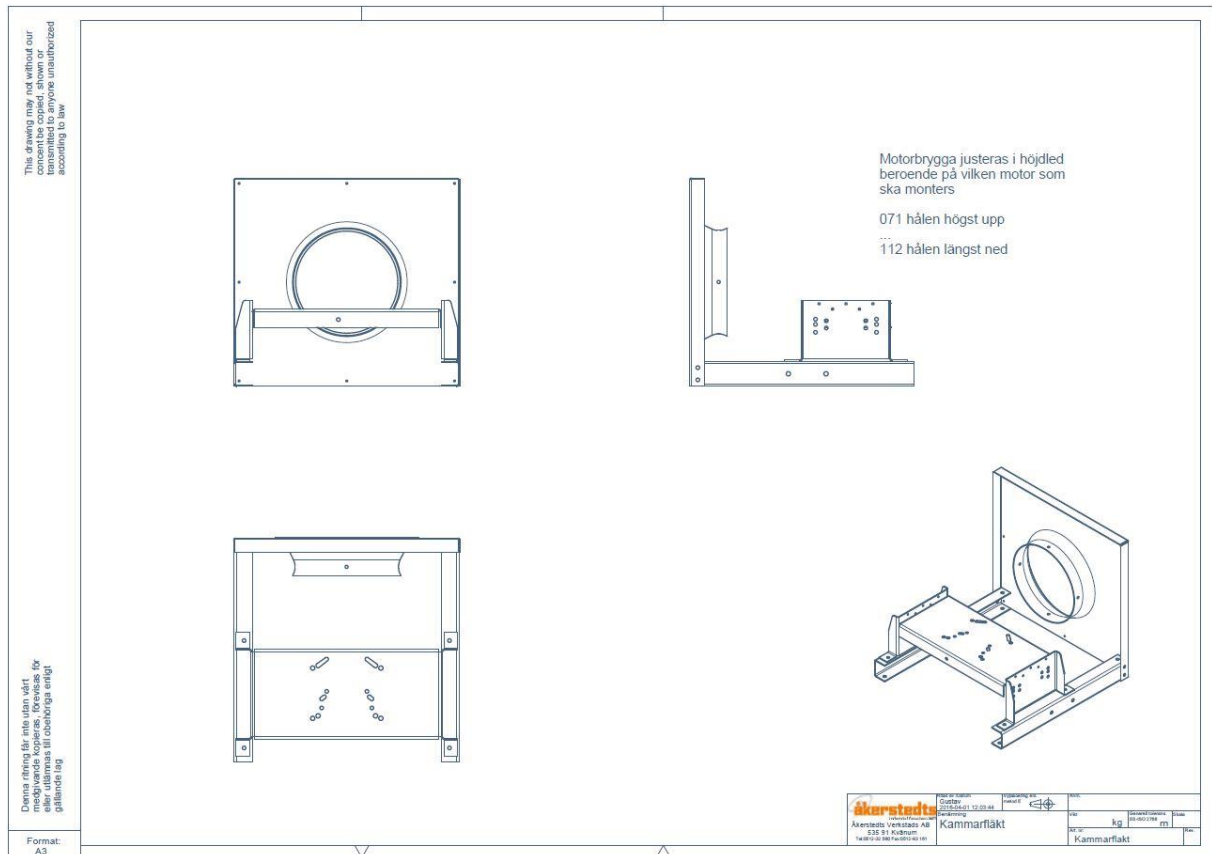
Om förbandet ej dras åt med erforderligt moment kommer skruven att utsättas för skjuvspänningar. Den maximala skjuvningen fås då skruven bara har placerats i hålet. Då skruvförbandet liknar ett löst nitförband fås medel skjuvspänningen i tvärsnittet, i den minsta skruvstorleken, till 12 MPa. Enligt ekvation (5) där τ är medel skjuvspänningen, P är tvärkraften och A är tvärsnittsarean, [9]. Om förbandet förses med någon typ av stål eller gjutjärnsskruv så är det ingen risk att skruven skjuvas av då minsta skjuvbrottsgränsen för dessa material är 75 MPa, data från [10]. Det är därmed ingen större risk att skruven ska skjuvas av oavsett storlek på förbandet. Det farliga om man inte drar åt förbandet är att bryggan kan glida av och börja vibrera.

$$\tau = \frac{P}{A} \quad (5)$$

Vid montering hos Åkerstedts använder man sig utav följande storlekar: M4, M6, M8, M10, M12, M16. Förbanden i konstruktionen dimensioneras därmed ett M8-förband.

4.6 Ritningar

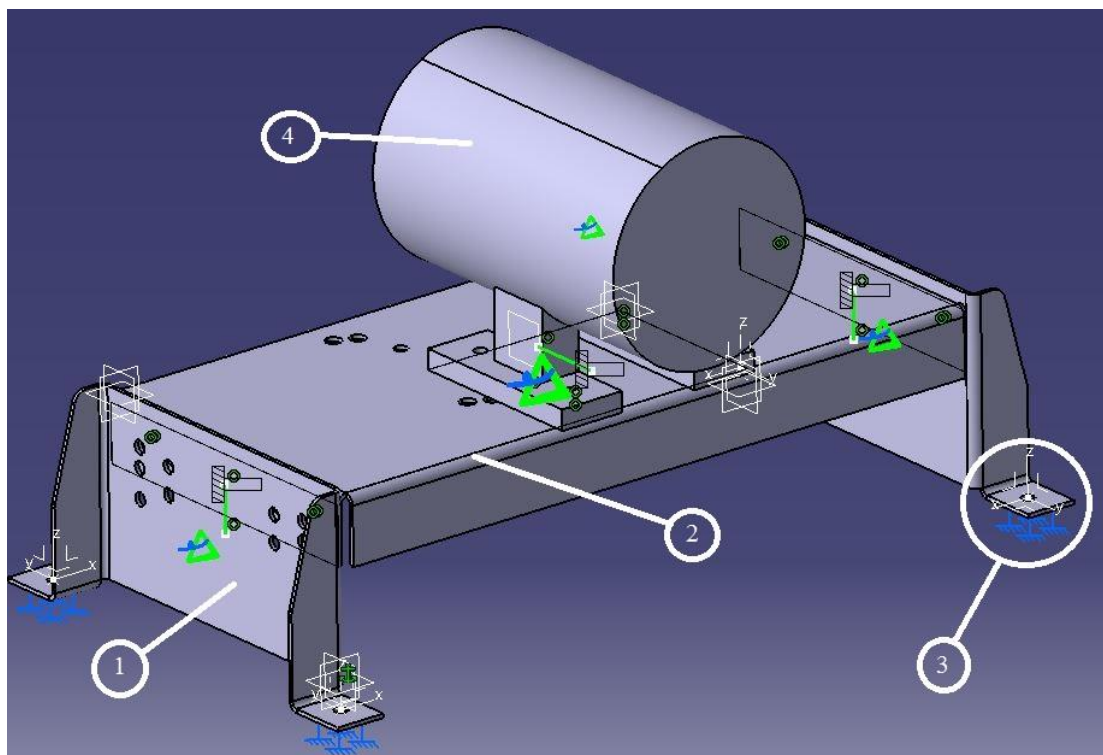
Efter all dimensionering för konceptet behövs det ritningsfiler för varje specifik detalj. För att Åkerstedts ska kunna producera detaljerna behöver måttsättning och vyer väljas. Detta är en större tidskrävande del av projektet. I figur 12 presenteras hela produkten i en sammanställningsritning.



Figur 12 Sammanställningsritning

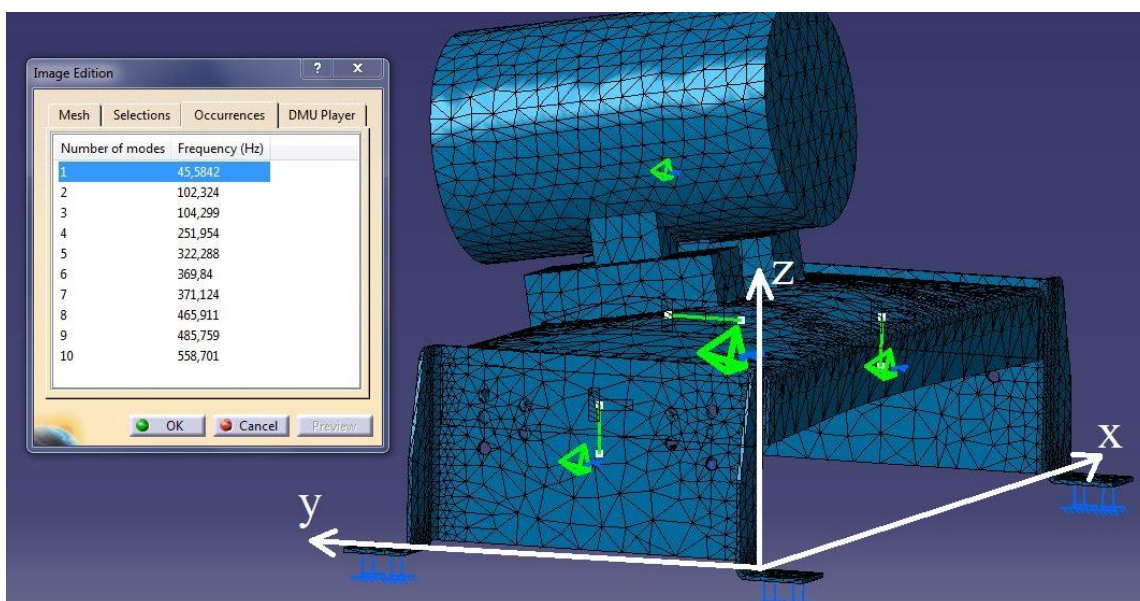
4.7 Egenfrekvensanalys

I FEM-analysen gjordes enkla solidmodeller av motorn med rätt vikt som sedan placerades på motorbryggan. Då motorn anses styva upp hela motorbryggan på grund av sin egen form. Enligt denna modulering fås rätt vikt samt ett förstyvande av motorbryggan där motorn är monterad. Som randvillkor användes ett kommando "clamp" som fäster en yta på modellen i rummet, se (3) i figur 12. Då kontaktytan kommer spännas fast med hjälp av ett skruvförband och därmed inte deformeras kring ett skruvhål. Detta leder till att hela stativet blir mer stabilt än om låsningen sker på mantelarean av hålet.



Figur 13 Randvillkor av CAD-modell

I figur 13 ovan identifieras alla randvillkor som verkar i modellen. Randvillkoret där motorn sitter fast i motorbryggan leder till en förstyvning i konstruktionen för FEM-modellen. Mellan del (1) och del (2) finns ett randvillkor som fäster två ytor motvarandra, med hjälp av ett kommando "fastening connection constraint". Detta randvillkor simulerar skruvförbanden i FEM-modellen.



Figur 14 Första moden för minsta motorstorlek

I figuren 14 ovan visas den första moden för konstruktionen med den minsta motorn monterad. Då hamnar frekvensen på 45 Hz enligt tabell 5 och moden påverkar endast motorbryggan i z-led. Samma riktning av svängningarna uppkommer även för den största motorn vid första moden. Den andra moden för den minsta motorn hamnar svängningarna i x-riktning, det vill säga del (1) börjar svänga i x-led. Då har frekvensen uppnått 102 Hz, vilket är högt över arbetsområdet.

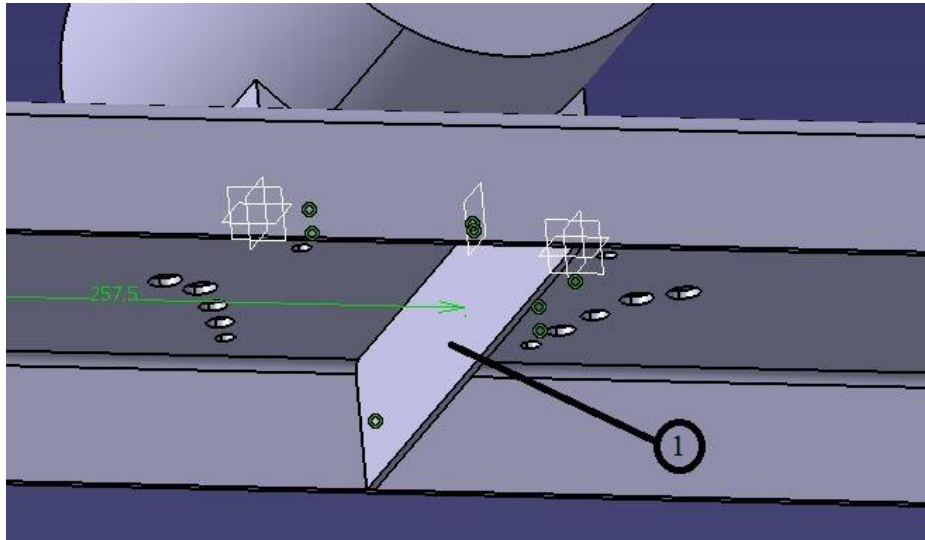
Tabell 5 De fyra första moderna med respektive frekvenser och varvtal för motorstorlek 71

Motorstorlek 71		
Moder	Frekvens [Hz]	Varvtal [rpm]
1:a	46	2760
2:a	102	6120
3:e	104	6240
4:e	252	15120

Tabell 6 De fyra första moderna med respektive frekvenser och varvtal för motorstorlek 112

Motorstorlek 112		
Moder	Frekvens [Hz]	Varvtal [rpm]
1:a	39	2340
2:a	76	4560
3:e	78	4680
4:e	174	10440

För den största motorn, se tabell 6, inträffar inte svängningarna i x-led förrän i den tredje moden på 78 Hz. Då de låga frekvenserna i första moden påverkade motorbryggan i z-led infördes en förstärkande ribba i motorbryggan för att höja egenfrekvensen för den första moden. I FEM-analysen gjordes denna förstärkning i form av en ribba (1) enligt figur 15. I programmet anpassades inte ribban (1) för framtida montering utan placerades endast för att kolla egenfrekvenserna i FEM-modellen.



Figur 15 Förstärkande ribba

I tabell 7 presenteras de nya frekvenserna för respektive mod för konstruktionen med den minsta motorn och med en förstärkande ribba. Frekvensen för första moden är på 91 Hz istället för 46 Hz vilket innebär att motorns egenfrekvenser ligger över arbetsområdet, arbetsområdet sträcker sig till 3000 rpm.

Tabell 7 De fyra första moderna med respektive frekvenser och varvtal för motorstorlek 71 med förstärkande ribba

Motorstorlek 71 [med förstärkande ribba]		
Moder	Frekvens [Hz]	Varvtal [rpm]
1:a	91	5460
2:a	102	6120
3:e	114	6840
4:e	241	14460

Enligt tabell 7 har frekvenserna ökat från 46 Hz till 91 Hz på första moden. Alltså fungerar ribban på det sättet som önskat. Skillnaden var inte lika stor för motorstorlek 112 med ribba eller utan ribba.

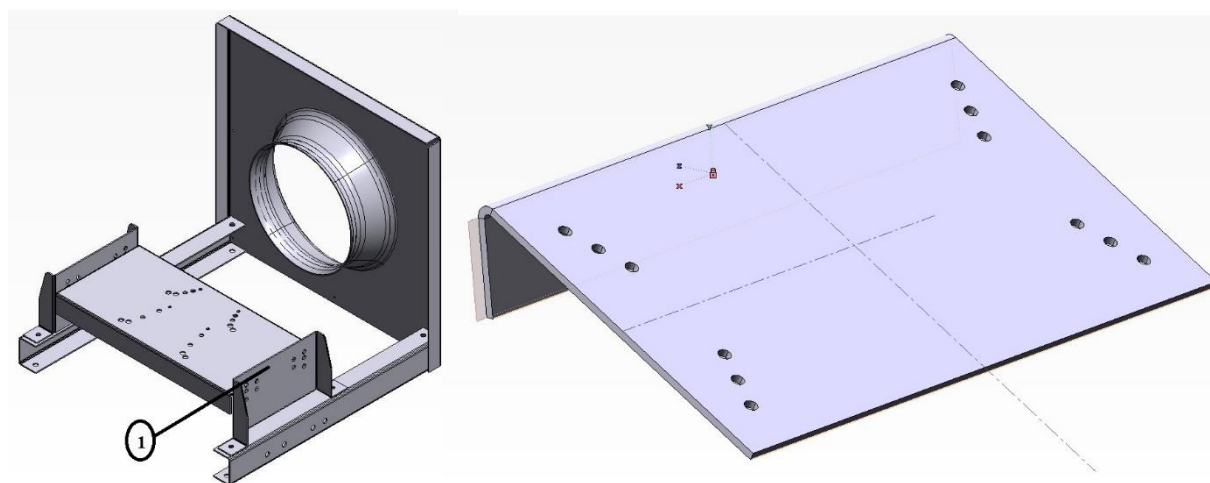
Tabell 8 De fyra första moderna med respektive frekvenser och varvtal för motorstorlek 112 med förstärkande ribba

Motorstorlek 112 [med förstärkande ribba]		
Moder	Frekvens [Hz]	Varvtal [rpm]
1:a	46	2760
2:a	79	4740
3:e	80	4800
4:e	172	10320

I tabell 8 har första modens frekvens ökat till 46 Hz från tidigare 39 Hz med en förstärkande ribba. Varvtalet ligger fortfarande i arbetsområdet, fast nära max varvtal. Därför bör varvtal 2760 rpm undvikas. Det är endast den första moden som riskerar att starta då frekvenserna för de resterande moderna ligger utanför arbetsområdet.

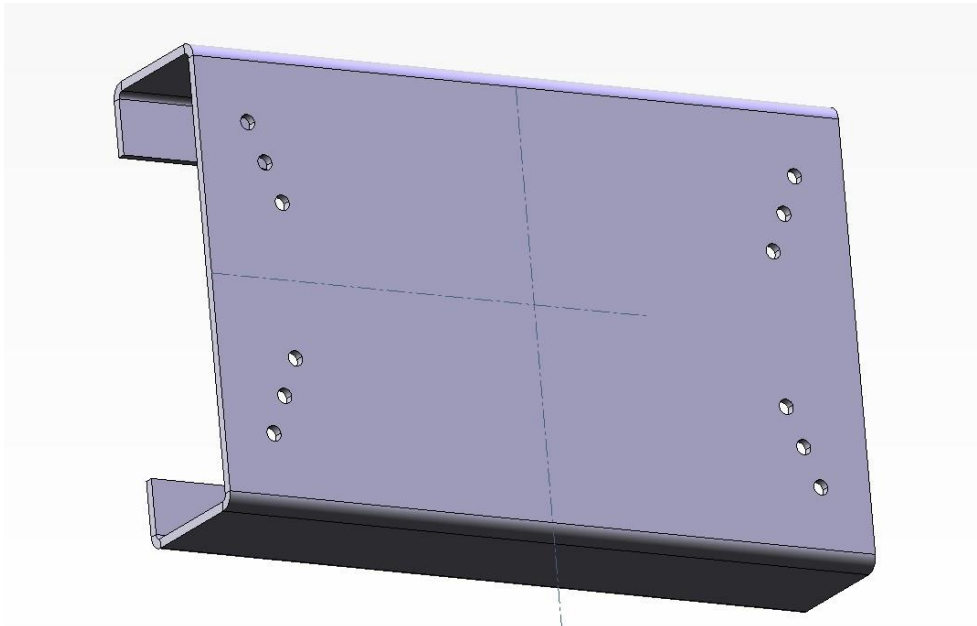
4.8 Frekvensomriktarplatta

Möjligheten att montera en frekvensomriktare var ett önskemål i kravspecifikationen. Därför uppkom idén om att utforma en frekvensomriktarplatta och placering enligt figur 16 för att hålla den undan från det roterande fläkthjulet. Den monteras på så sätt att frekvensplattan sticker ut från hela konstruktionen på sidan. Plattan dimensionerades för möjligheten att montera tre olika storlekar av frekvensomriktare beroende på motorstorlek [11]. Den största frekvensomriktaren väger ca 2 kg, detta gav misstanke till eventuella svängningar vid okända frekvenser.



Figur 16 Placering av frekvensomriktarplattan och frekvensomriktarplattan

Som alternativ utvecklades frekvensomriktarplattan i syfte för att undvika eventuella svängningar. Montera frekvensomriktaren istället helt parallellt med väggen på stativet enligt figur 17 ger en stabilare frekvensplatta som inte är lika känslig för svängningar.

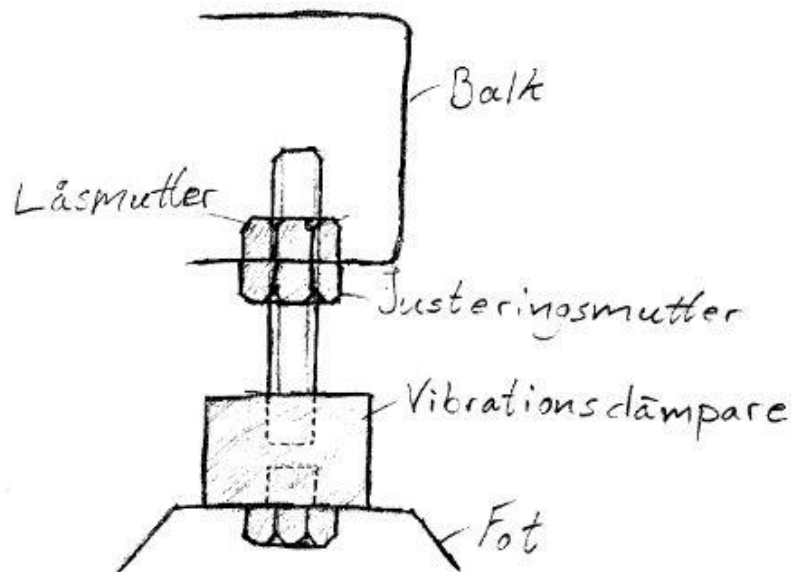


Figur 17 Alternativ frekvensomriktarplatta

4.9 Vibrationsdämpare

Kammarfläkten ska förses med vibrationsdämpare för att minska risken för spridning av vibrationer till aggregat. Kravet på att konstruktionen skall förses med dämpare kom först en bit in i arbetet. Därför är de inte med i egenfrekvensanalysen. Där dämparna troligtvis hade gjort en skillnad på resultatet. Enligt kapitel 3 så ska dämparna vara med i nästa loop av arbetet.

Vibrationsdämparna ska vara enligt avgränsning från handledare komma från Elesä produktkatalog och det skall vara dämpare i gummiutförande. Vibrationsdämparna skall helst placeras symmetriskt på balkarna, det vill säga främre och bakre placeras på samma avstånd från tyngdpunkten. För att dämparna skall uppta lika stor last. Då konstruktionen är anpassad efter 5 olika motorer kommer tyngdpunkten att flyttas. I bilaga 3 har de olika tyngdpunkterna beräknats. Konstruktionen skulle behöva minst fem olika placeringar av dämpare. Ur en montörs perspektiv skall dämparna placeras så lätt åtkomligt som möjligt. För att det är genom dämparna höjden ska justeras för att anpassas i ett aggregat. Dämparna har därför placerats på ett sätt så att det ska vara lätt att justera höjden, se figur 18 nedan.



Figur 18 Placering av vibrationsdämpare

Enligt Elesas riktlinjer för val av vibrationsdämpande detaljer så behövs följande uppgifter [12]:

- Störande frekvens, stämmer överens med motorns varvtal, n
- Statiska belastningen på den enskilda den vibrationsdämpande detaljen, F
- Graden av isolering som önskas
- Deformationsvärdet på enskild vibrationsdämpande detalj under given belastning, δ
- Styvhet, C

Där F är den axiella kraften och δ är deformationen i axiell led.

$$C = \frac{F}{\delta} \quad (6)$$

De tre översta punkterna ovan ger de två sista punkterna. Fläkten kommer att arbeta i olika varvtal i intervallet 1000-3000 rpm. Som exempel presenteras här vibrationsdämparval för en 90 motor som arbetar i 1500 rpm. I bilaga 3 kan en friläggning ses av hela systemet med 90 motorn monterad. Ur bilaga 3 fås att det bakre paret av dämparna skall dimensioneras för 220 N medan det främre paret belastas med 245 N. Isoleringsgraden antas till 90 % i samråd med handledare.

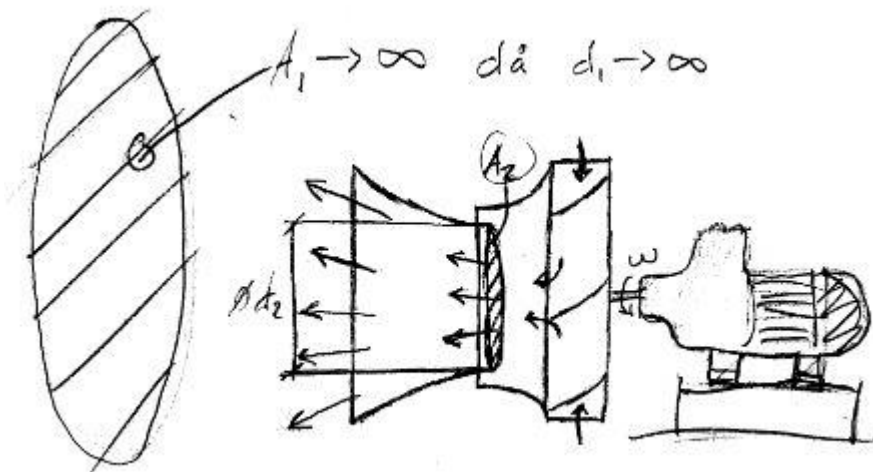
Med dessa tre värden fås deformationen till 4 mm enligt diagram i referens [12]. Då det är två par av dämpare med olika belastning behövs därför två olika styvheter på dämparna. Om det ska användas samma dämpare fram och bak så är det par med lägst styvhet, C , som är dimensionerande, för att inte hamna under isoleringsgraden på 90 %. Enligt ekvation (6) ska i

detta exempel dämpare med styvhet 58 N/mm användas. Ur Elesas katalog väljs därför följande dämpare, till kammarfläkten 045 med motorstorlek 90s, DVA.2-25-30-M6-18-40.

4.10 Flödesanalys

Ur kapitel 2.7 hämtas ekvationerna (1), (2) och (3). Vid applicering av ekvation (1) på system, figur 19, inses följande:

- Ingen höjdskillnad ger $p_{h1} = p_{h2} = 0$
- Arean innan inloppet är mycket större än minsta tvärsnittsarean av inloppet. Därmed inses att hastigheten på mediet är noll vilket ger $p_{d1} = 0$



Figur 19 Luftflöde genom systemet

Därmed har ekvation (BE) reducerats till följande.

$$p_{s1} = p_{s2} + p_{d2} \Rightarrow p_{d2} = p_{s1} - p_{s2} = \Delta p \quad (7)$$

Den statiska tryckskillnaden, Δp , som kan mätas upp.

(7) insatt i (2) ger

$$\Delta p = \frac{\rho V_2^2}{2} \Rightarrow V_2 = \sqrt{\frac{2\Delta p}{\rho}} \quad (8)$$

(8) insatt i (3) med $A_2 = \frac{\pi d_2^2}{4}$ ger

$$q_2 = \frac{\pi d_2^2}{4} \sqrt{\frac{2\Delta p}{\rho}} = \frac{\pi d_2^2}{\sqrt{8\rho}} \sqrt{\Delta p} \quad (9)$$

Ekvation (9) kan skrivas enligt

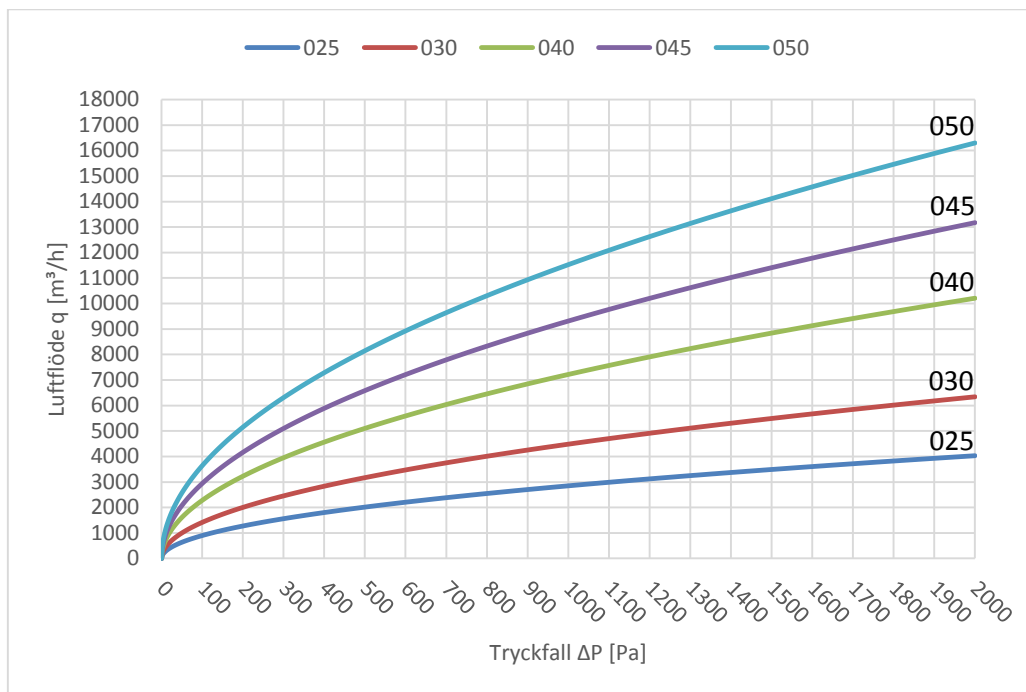
$$q_2 = k\sqrt{\Delta p} \quad (10)$$

Där k ges av

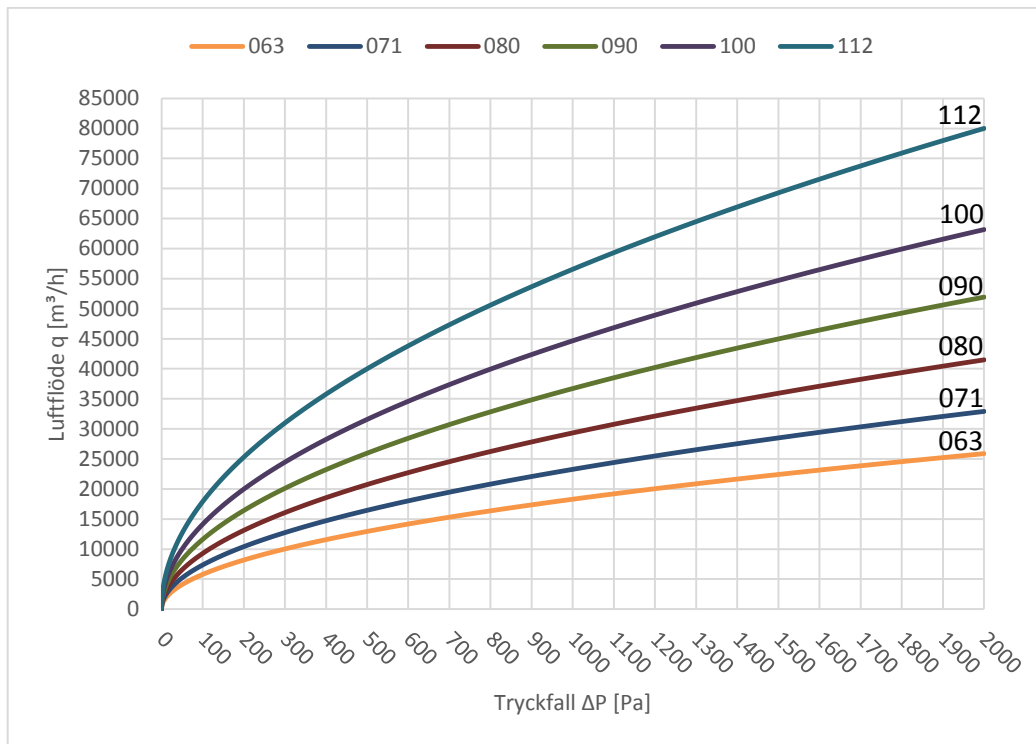
$$k = \frac{\pi a_2^2}{\sqrt{8\rho}} 3600 \quad (11)$$

Densiteten antas vara konstant i mediet, den sista termen är en faktor för att omvandla enheten för flödet från kubikmeter per sekund till kubikmeter per timme. Där k endast är beroende av konstanta värden, för en fläktstorlek, samlas dessa till en konstant, k . Med ett givet k -värde fås det fram ett flöde utifrån det uppmätta differential trycket.

Enligt ekvation (10) har det simulerats ett tryckfall över inloppet i Excel enligt bilaga 4. Ur datan har det sammanställts ett diagram för varje enskild fläktstorlek. I figur 20 och 21 presenteras flödesdiagrammen för samtliga fläktstorlekar. 025, 030, 040, 045, 050, 063, 071, 080, 090, 100, 112 är de olika fläktstorlekarna.



Figur 20 Tryckflödesdiagram 025-050



Figur 21 Tryckflödesdiagram 063-112

5. PROTOTYP OCH ÄNDRINGAR

När konceptets alla delar fått ritningar återstod endast produktion av en prototyp. Åkerstedts stod för tillverkning av prototypen med hjälp av ritningar av konceptet.

5.1 Ändringar av prototyp

I figur 22 nedan kan prototypen ses i sin helhet.



Figur 22 Fullskalig prototyp

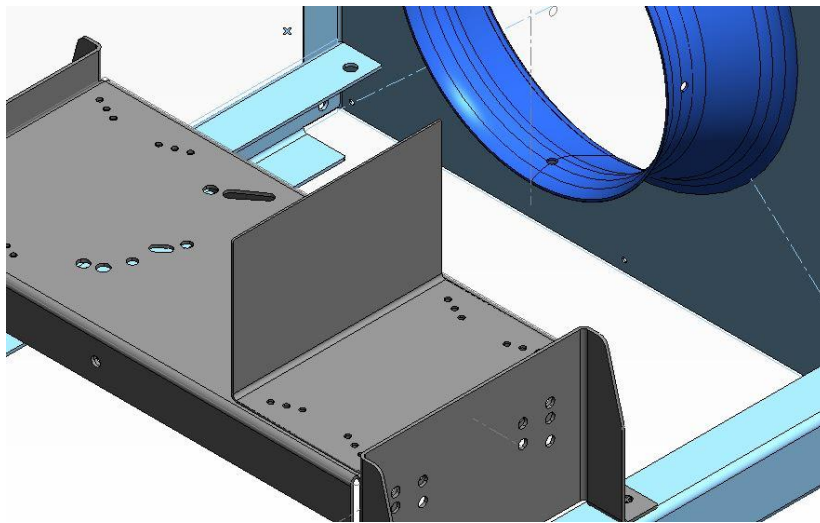
Efter alla delar var laserskurna och bockade återstod montering, där det dokumenterades komplikationer och diskuterades förbättringar kring konceptet:

- Alla kanter ska avrundas för att undvika vassa kanter samt laserskärningen går fortare utan 90 graders kanter
- Förstärkande ribban behöver göras universal, så att inga misstag kan göras vid tillverkning
- Sidan med inloppet ska kapas nertill med ~2 mm och hålen görs avlånga för att eventuell justering under monteringen ska vara möjlig
- Hål för popnitar bör förstöras till 11 mm i diameter. För balken och underbrickan
- Fotens bredd var för lång och bör dimensioneras om så att den passar bättre

- Frekvensomriktarplattan ändrades på grund av annan placering på konstruktionen ansågs mer lämplig
- Balkarna ändrades så att vibrationsdämparen inte påverkar höjden på samma sätt

5.2 Nya frekvensomriktarplattan

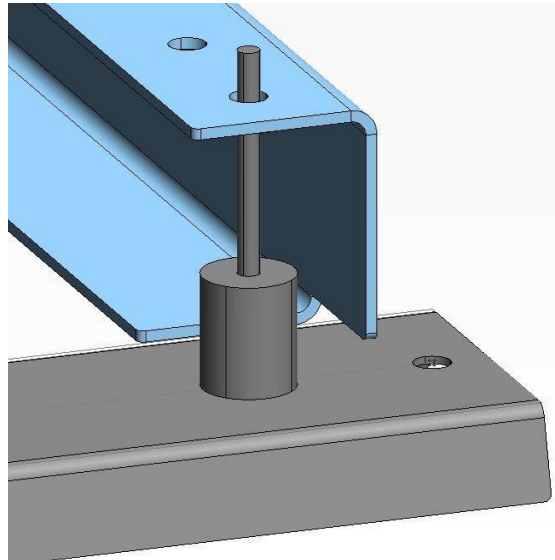
Frekvensplattan ansågs bli för jobbig att montera på stativet och kan försvåra montering inne i aggregatet. Därför utformades en ny frekvensplatta som ska placeras på motorplattan bredvid motorn. Enligt figur 23 har den en skyddande plåt riktad mot motorn för att skydda mot eventuell värme. Tjockleken ansågs även vara för stor och därför dimensioneras till 2 mm då det inte finns något behov av en förstävning för att undvika egensvängning. Att frekvensplattan placeras närmare det roterande fläkthjulet ansågs inte vara ett problem som tidigare varit befarat ur ursprunglig konstruktion.



Figur 23 Ny placering av frekvensomriktarplattan

5.3 Ny placering av vibrationsdämpare

För att inte bygga på totalhöjden alltför mycket kommer vibrationsdämparna att behöva integreras i balkarna. Därför har det tagits fram en ny form utav balk där det är möjligt att rymma en vibrationsdämpare. I figur 24 nedan presenteras den nya balken med dämpare och fot.



Figur 24 Ny placering av vibrationsdämparen

Nu justeras höjden på oändelen av balken istället för den undre som tidigare. Dämparen monteras först i foten med hjälp av ett skruvförband. Därefter justeras höjden genom att man flyttar en mutter längs den övre skruven. När höjden är inställd förankras dämparen till balken med ett skruvförband.

6. SLUTSATS OCH REKOMMENDATIONER

Enligt syftet i detta arbete ska en konstruktion utformas för en kammarfläkt. En konstruktion som kan sättas i produktion hos företaget Åkerstedts. I slutsats återblickas det till precisering av frågeställningen i kapitel 1 för att se vad som är uppfyllt.

Enligt frågeställningen skulle en alternativ motor med EC utförande väljas och dimensioneras för. Eftersom avgränsningar av motorleverantörer fanns upptäcktes det att dessa leverantörer ej hade några motorer i EC utförande. Därför har det inte tagits fram någon alternativ motor och inte heller dimensionerats för någon annan typ av motor än IEC. Konceptet har dock anpassats till olika storlekar av IEC motorer enligt frågeställningen.

I frågeställningen kring konceptgenerering skulle det tas fram två till tre olika koncept. Enligt kapitel 4.2 togs det fram tre olika koncept som verifierades i en Kesselringmatris och det vinnande konceptet väggen valdes. Konceptet som valdes skulle vara applicerbart i minst ett aggregat, detta löstes genom att skapa en konstruktion som fungerar i alla aggregat med ett fast golv.

En CAD-modell har tagits fram både i Catia, för att göra beräkningar, och i Thinkdesign. Efter ritningar gjordes i Thinkdesign togs det fram en prototyp med hjälp av Åkerstedts. Prototypen verifierades med en 90 motor och i 1500 rpm, den fungerade väl och den var väldigt robust. På konceptet har det gjorts plats för att montera en frekvensomriktare. Först var den placerad på sidan av väggen. Men vid framtagning av prototyp omplacerades frekvensomriktaren till bryggan. Detta gjordes för att helt säkerställa att frekvensomriktaren inte skulle vara i vägen vid montering av kammarfläkten i aggregatet.

I bilaga 4 finns en tabell av k-värden för 11 olika fläktstorlekar. Detta beskriver sambandet mellan luftflöde och tryck för respektive fläktstorlek. Vid framtagning av detta samband har det antagits att systemet är förlustfritt. I verkligheten är sällan ett system helt förlustfritt utan det finns oftast förluster. Förlusterna kan bero på att systemet ej är helt tätt och att det finns skarpa kanter som kan störa strömningen.

Den frågeställning som inte hunnits med är att anpassa det färdiga konceptet för olika fläktstorlekar. Det fanns ingen tid då arbetet främst gick ut på att utforma konceptet efter en fläktstorlek.

I fortsatt arbete ska konceptet anpassas för samtliga fläktstorlekar. Då upprepas arbetet fast för en annan storlek på fläkhjulet som leder till att hela konstruktionen blir större eller mindre. Även motorstorlekarna kommer att ändras. Detta kan då leda till att hållfastheten i konstruktionen ej upplevs som lika stabil och robust. För större storlekar kan en viss förstärkning behövas för att behålla dess hållfasthet och stabilitet. För de mindre storlekarna av fläktar kan konstruktionen upplevas som överdimensionerad. Därför anses att tjockleken kan reduceras för att spara material för att ej vara så överdimensionerad.

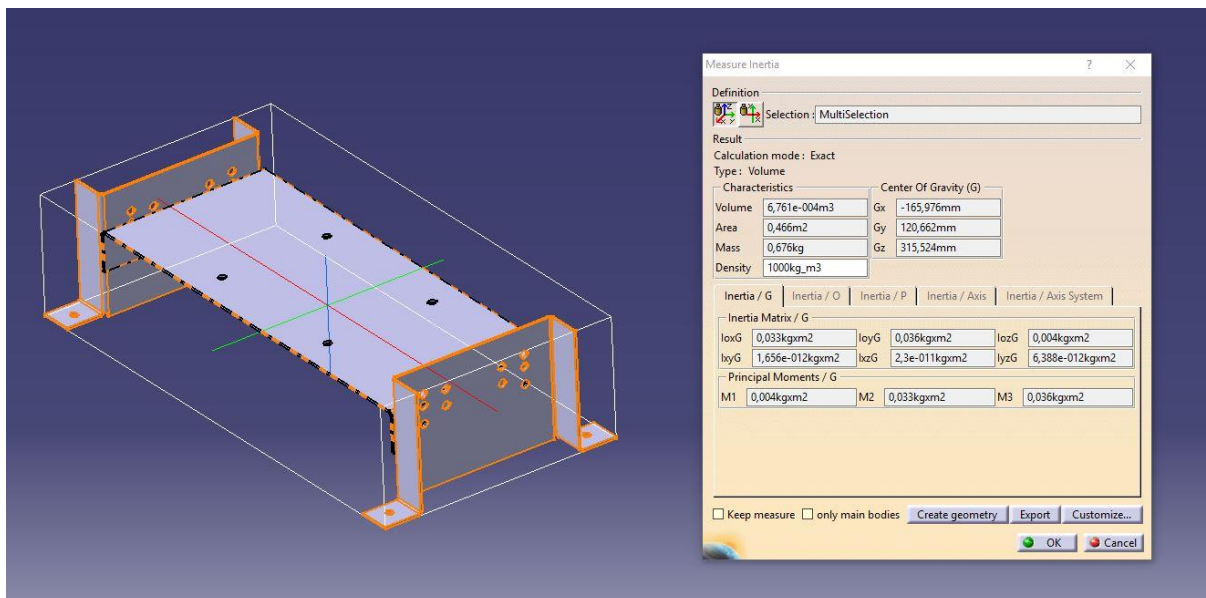
7. REFERENSER

- [1] Inget annat än fläktar. Åkerstedts Verkstad AB, Kvänum 1977
- [2] International Electrotechnical Commission. (1991). IEC 60072-1 Dimensions and output series for rotating electrical machines. Genève, Schweiz: International Electrotechnical Commission
- [3] Johannesson H, Persson J. och Pettersson D: Produktutveckling, ISBN: 978-91-47-10582-3 , Stockholm 2012
- [4] Cengel Y. A, Cimbala J. M. och Turner R. H: Fundamentals of Thermal-Fluid Sciences 4th edition, ISBN: 978-007-132511-0, New York 2012
- [5] IEC General Purpose, WEG Scandinavia AB, Mölnlycke 1961,
<http://www.weg.net/se/Products-Services/Electric-Motors/IEC-General-Purpose> (Acc 2016-05-17)
- [6] IEC 60034-30-1 standard on efficiency classes for low voltage AC motors, ABB AB, 2014
- [7] International Organization for Standardization. (2003). ISO1940 Mechanical vibration - Balance quality requirements for rotors in a constant (rigid) state. Schweiz: International Organization for Standardization
- [8] Mägi M. och Melkersson K: Lärobok I Maskinelement, Göteborg 2014
- [9] Dahlberg T. Teknisk hållfasthetslära upplaga 3:14, ISBN: 978-91-44-01920-8, Lund 2001
- [10] Handbok om skruvförband. Colly Components AB, Kista 1957
- [11] CFW500 Machinery Drive. WEG Scandinavia AB, Mölnlycke 1961,
<http://www.weg.net/se/Products-Services/Drives/Variable-Speed-Drives/CFW500-Machinery-Drive> (Acc 2016-03-17)
- [12] Riktlinjer för val av vibrationsdämpande detaljer. Elesa Scandinavia AB, Sollentuna 1941, <http://www.elesa.se/se/riktlinjer-foer-val-av-vibrationsdaempande-detaljer> (Acc 2016-03-02)

8. BILAGOR

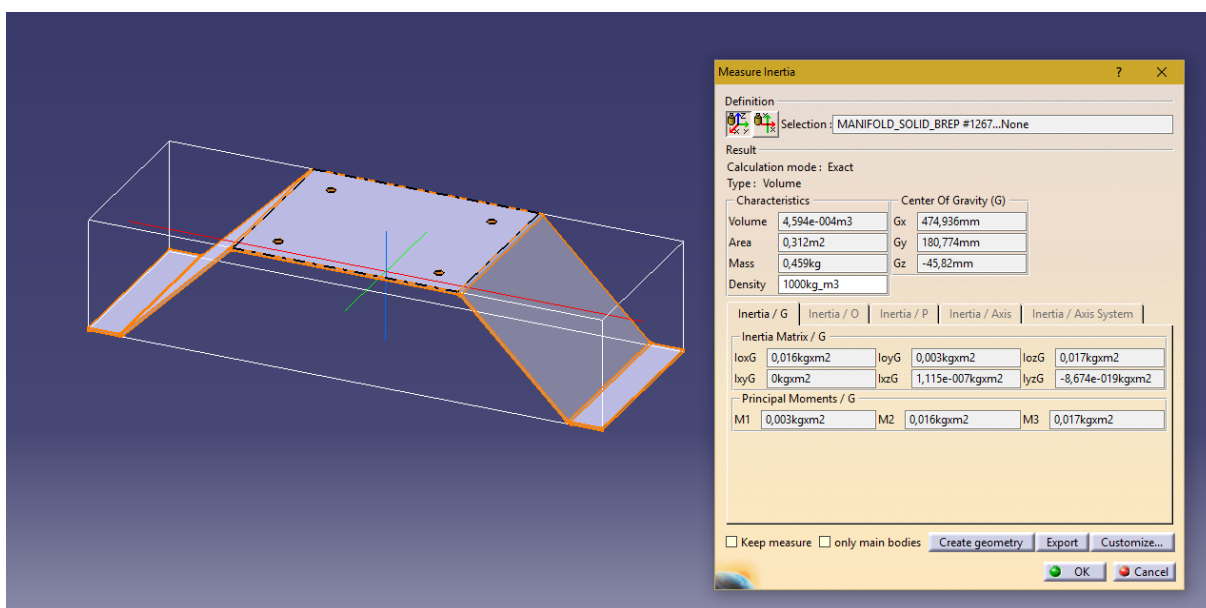
Bilaga 1 – Beräkning av materialanvändning med hjälp av Catia

Nedan presenteras den approximativa materialanvändningen av varje koncept. Det är ett ungefärligt värde eftersom det endast är koncept och inga slutgiltiga lösningar.



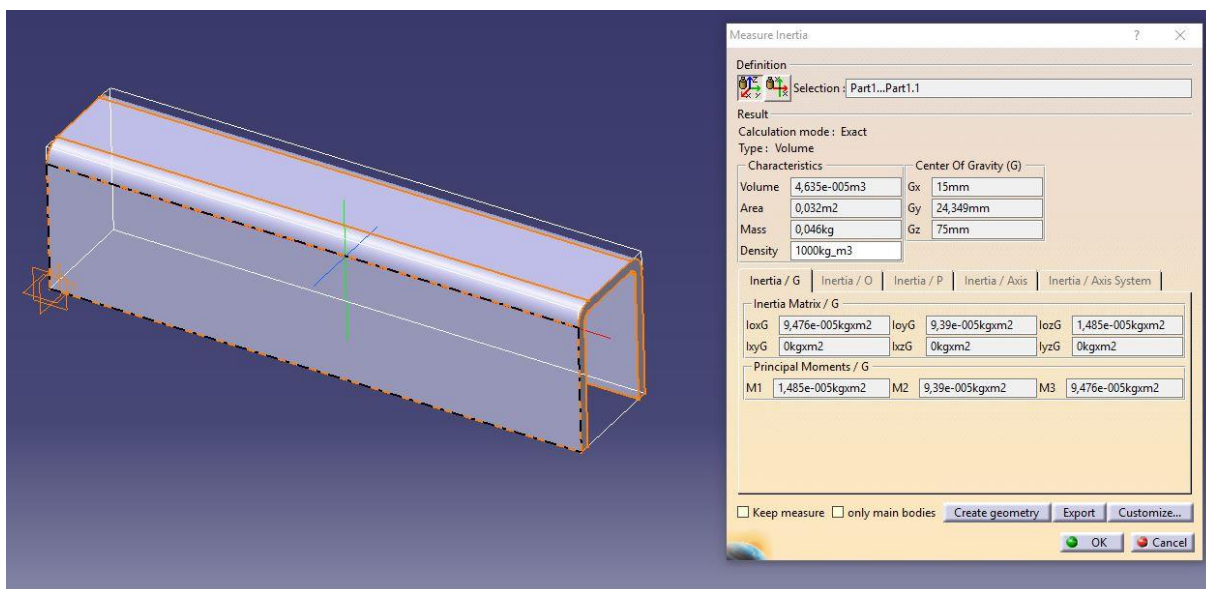
Volym koncept 1

I figuren ovan beräknas ett approximativt värde av det material som åtgår till konstruktionen av koncept 1. Det material som åtgår är ca 0,466 m².



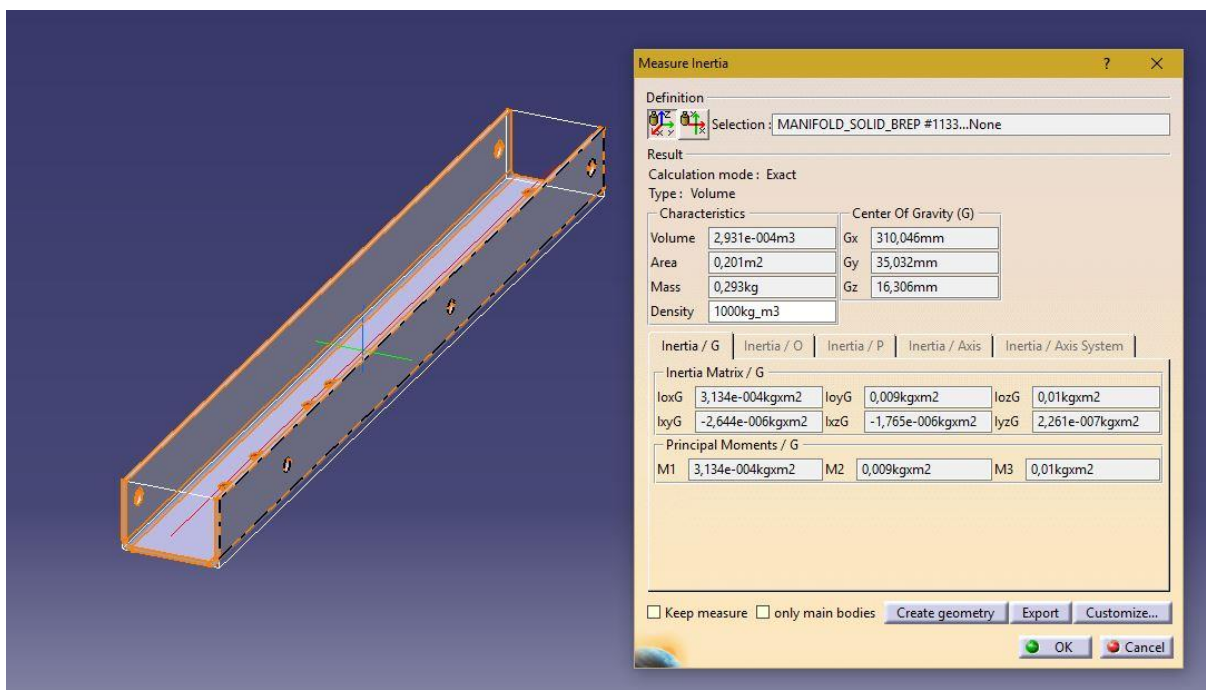
Volym koncept 2 och 3

Koncept 2 och 3 består av samma basdetalj och därför har de liknande materialåtgång. Det material som används till bryggan är $0,312 \text{ m}^2$. För koncept 2 tillkommer det en balk direkt under motorn enligt figuren nedan. Den maximala ändringen av materialet fås då den minsta motorn används. Det som adderas utöver bryggans material är $0,032 \text{ m}^2$.

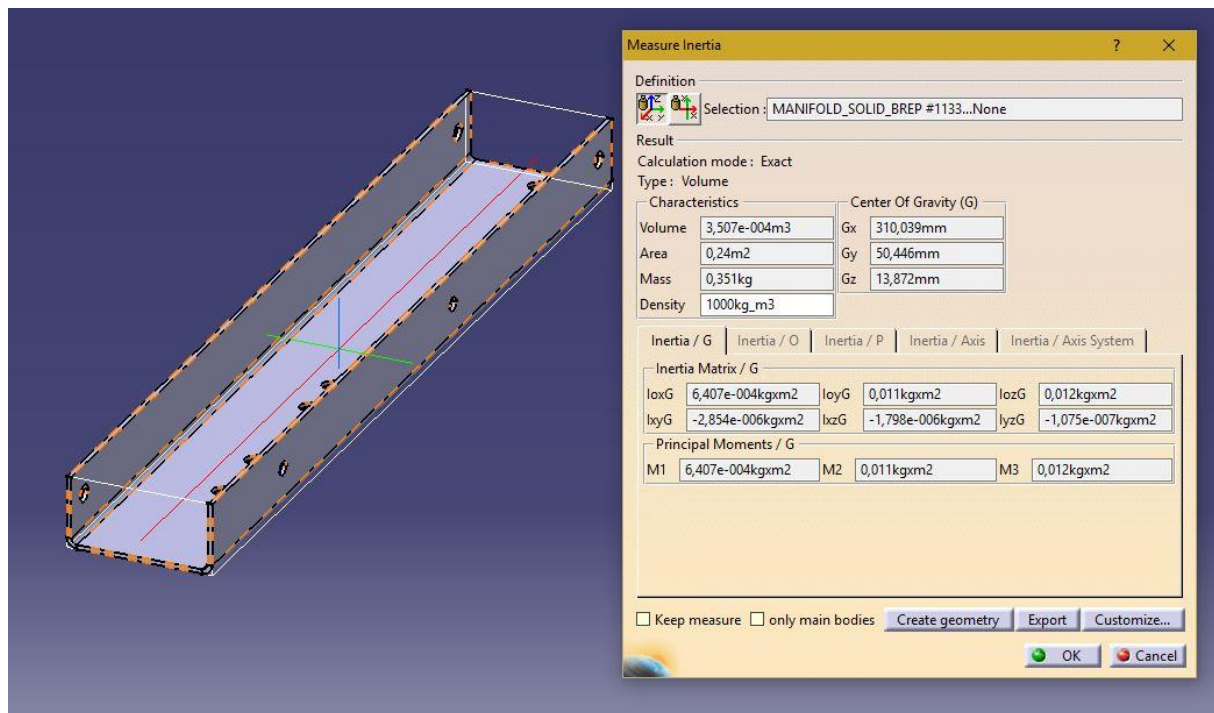


Extra volym koncept 2

För koncept 2 krävs då en maximal materialåtgång $0,376 \text{ m}^2$



Standardbalk



Extra volym koncept 3 största balk

För koncept 3 bestäms den maximala material åtgången enligt följande:

$$0,312 + 2(0,24 - 0,201) = 0,390 \text{ m}^2$$

Bilaga 2 – Tabeller för dimensionering av skruvförband

Data för dimensionering av skruvförband. d_1

	P	d_1	d_2	D	S	d_h grov	d_i	d_y	r_m (mutter)	r_m (bricka)	r_m (bricka och mutter)
M4	0,0007	0,003242	0,003545	0,004	0,007	0,0048	0,0043	0,009	0,00275	0,00345	0,002825
M5	0,0008	0,004134	0,00448	0,005	0,008	0,0058	0,0053	0,01	0,00325	0,00395	0,003325
M6	0,001	0,004917	0,00535	0,006	0,01	0,007	0,0064	0,012	0,004	0,00475	0,0041
M7	0,001	0,005917	0,00635	0,007	0,01	0,008	0,0064	0,012	0,00425	0,005	0,0041
M8	0,00125	0,006647	0,007188	0,008	0,013	0,01	0,0084	0,016	0,00525	0,0065	0,00535
M9	0,00125	0,007647	0,008188	0,009	0,013	0,01	0,0084	0,016	0,0055	0,0065	0,00535
M10	0,0015	0,008376	0,009026	0,01	0,016	0,012	0,0105	0,02	0,0065	0,008	0,006625
M11	0,0015	0,009376	0,010026	0,011	0,016	0,012	0,0105	0,02	0,00675	0,008	0,006625
M12	0,00175	0,010106	0,010863	0,012	0,018	0,0145	0,013	0,024	0,0075	0,009625	0,00775
M14	0,002	0,011835	0,012701	0,014	0,018	0,0165	0,015	0,028	0,008	0,011125	0,00825
M16	0,002	0,013835	0,014701	0,016	0,024	0,0185	0,017	0,03	0,01	0,012125	0,01025
M18	0,0025	0,015294	0,016376	0,018	0,024	0,021	0,019	0,034	0,0105	0,01375	0,01075
M20	0,0025	0,017294	0,018376	0,02	0,03	0,024	0,021	0,037	0,0125	0,01525	0,01275
M22	0,0025	0,019294	0,020376	0,022	0,03	0,026	0,023	0,039	0,013	0,01625	0,01325

F_{sk} konstant.

	F_{sk} (konstant) [N]	M_{tot} (mutter) [Nm]	M_{tot} (bricka) [Nm]	A [m^2]	Skruvspänning, [MPa]
M4	1090	0,91	1,98	9,04452E-06	120,51
M5		1,13	2,40	1,45693E-05	74,81
M6		1,36	2,92	2,06975E-05	52,66
M7		1,58	3,14	2,95465E-05	36,89
M8		1,81	3,85	3,75827E-05	29,00
M9		2,03	4,07	4,92341E-05	22,14
M10		2,26	4,79	5,94605E-05	18,33
M11		2,48	5,01	7,39134E-05	14,75
M12		2,71	5,67	8,63347E-05	12,63
M14		3,16	6,31	0,000118205	9,22
M16		3,60	7,51	0,000159888	6,82
M18		4,06	8,16	0,000196936	5,53
M20		4,50	9,37	0,000249825	4,36
M22		4,94	10,00	0,000308997	3,53

M_{tot} konstant.

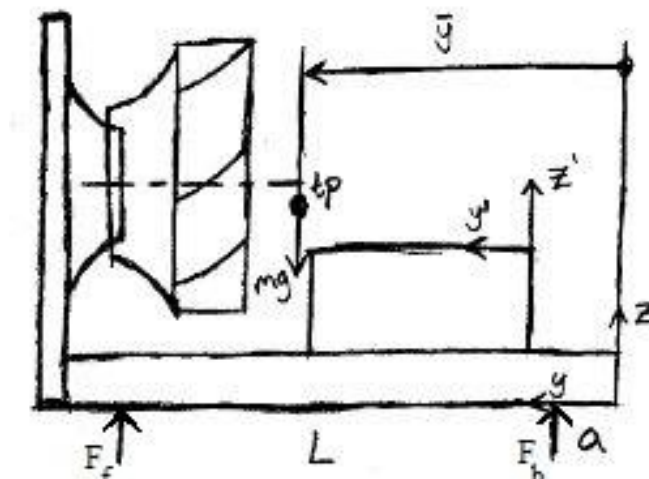
	M_{tot} (konstant) [Nm]	F_{ax} (mutter) [N]	F_{ax} (bricka) [N]	A [m^2]	Skruvspänning [MPa], mutter	Skruvspänning [MPa], bricka
M4	25	30061	11744	9,04452E-06	3323,70	1298,43
M5		24098	9649	1,45693E-05	1654,01	662,28
M6		20063	7945	2,06975E-05	969,37	383,88
M7		17253	7275	2,95465E-05	583,92	246,22
M8		15068	6014	3,75827E-05	400,92	160,02
M9		13425	5622	4,92341E-05	272,68	114,18
M10		12064	4830	5,94605E-05	202,89	81,23
M11		10988	4573	7,39134E-05	148,66	61,88
M12		10060	4070	8,63347E-05	116,52	47,14
M14		8626	3628	0,000118205	72,97	30,69
M16		7566	3060	0,000159888	47,32	19,14
M18		6713	2805	0,000196936	34,09	14,24
M20		6053	2453	0,000249825	24,23	9,82
M22		5511	2284	0,000308997	17,84	7,39

Ren skjuvning.

	Tvärkraft [N]	Area [m^2]	Skjuvspänning [MPa]
M4	109,1	9,04452E-06	12,1
M5		1,45693E-05	7,5
M6		2,06975E-05	5,3
M7		2,95465E-05	3,7
M8		3,75827E-05	2,9
M9		4,92341E-05	2,2
M10		5,94605E-05	1,8
M11		7,39134E-05	1,5
M12		8,63347E-05	1,3
M14		0,000118205	0,9
M16		0,000159888	0,7
M18		0,000196936	0,6
M20		0,000249825	0,4
M22		0,000308997	0,4

Bilaga 3 – Vibrationsdämparparametrar

I bilaga 3 visas en friläggning av hela systemet, kammарfläkten, och ett antal tabeller med information.



Friläggning av systemet med två koordinatsystem utsatta.

Motor	m, [kg]	y' , [mm]	y_{tp} , [mm]		m, [kg]	y_{tp} , [mm]	Motor	Total y_{tp} , [mm]
71	12	178	267,5	Koncept	27,9	400,04	71	360,2
80	14,5	168	257,5				80	351,3
90s	19,5	162	251,5				90s	338,9
90l	23	149,5	239				90l	327,3
100	30,5	131,5	221				100	306,5
112	42	128	217,5				112	290,4

I tabellen ovan visas vägen till den slutgiltiga tyngdpunkten från yz-systemet. Det är y koordinaten som är av intresse för senare jämvikt.

Kraft- och momentjämvikt		Motor	F_{fr} , [N]	F_{bak} , [N]
a, [mm]	20	71	220,1	171,3
l, [mm]	605	80	227,8	188,2
g, [m/s ²]	9,81	90s	245,1	219,9
		90l	253,6	245,7
		100	271,3	301,6
		112	306,4	379,3

Bilaga 4 – Trycksimulering

Simuleringen gjordes genom att trycket angavs i intervallet 1-2000 Pa. Därefter simulerades det ideella flödet med hjälp av ekvation (9). Nedan visas en del av tabellen, hela tabellen är för stor att visas. Därför visas endast flödet för den minsta fläktstorleken.

Storlek					025
	K-värde	D - Inloppsdiаметer [m]		P - trycket [Pa]	q - flödet [m^3/h]
25	90	0,157		0	0
31	142	0,197		1	90
40	228	0,250		2	127
45	294	0,284		3	156
50	364	0,316		4	180
63	578	0,398		5	201
71	736	0,449		10	285
80	927	0,504		15	348
90	1161	0,564		20	402
100	1412	0,622		25	450
112	1789	0,700		30	493
				40	569
				50	636
				60	697