

CHALMERS



Dimensionering och konstruktion av en kommunikationsmast

Examensarbete inom Högskoleingenjörsprogrammet Byggingenjör, 11 poäng

Lindwall Anders
Sjögren Peter

Institutionen för bygg- och miljöteknik
CHALMERS TEKNISKA HÖGSKOLA
Göteborg, Sverige 2005
Examensarbete 2005

Examensarbete 2005:60

Dimensionering och konstruktion av en kommunikationsmast

ANDERS LINDWALL
PETER SJÖGREN

Institutionen för bygg- och miljöteknik
CHALMERS TEKNISKA HÖGSKOLA
Göteborg 2005

Dimension and construction of a communication mast

ANDERS LINDWALL, 800725

PETER SJÖGREN, 780417

Department of Civil and Environmental Engineering

Chalmers University of Technology

SE-412 96 Göteborg

Sweden

Telephone +46(0)31-772 1000

Sammanfattning

På grund utav den snabba utvecklingen gällande trådlös kommunikation i utvecklingsländerna så är behovet av kommunikationsmaster stort. I Afrika, som är referens för detta arbete, så räknas det med att det kommer att behövas c:a 6000 kommunikationsmaster om året de närmaste åren. Den lösning som finns idag är dock inte optimal då de instrument som finns i masten drivs med hjälp utav ett dieselaggregat och utöver det så krävs det bevakning dygnet runt pga. de stöldbärliga material och de instrument som masten består utav. Syftet med detta arbete har varit att ta fram en mast som är billig att tillverka, lätt att resa och svår att bryta sig in i, detta har gjorts genom litteraturstudier och hållfasthetsberäkningar, då bl.a. vindlast, vindstöt, buckling, skruvförband och infästningar har beaktats.

Resultatet av arbetet visade att det går att konstruera en mast med de förutsättningarna som fanns förutom att det inte gick att genomföra projektet inom den budget som var satt.

Nyckelord: vindlast, vindstöt, mast

Abstract

Due to the fast development regarding wireless communication in developing countries there is a great need for communication masts. In Africa, which is the reference for this project, it is calculated that there will be a demand of about 6000 communication masts a year in the next few years. However the solution that is used today is not the optimal one for its purpose due to the fact that the mast's instruments are operating by a diesel unit and it is also guarded 24 hours a day because of its valuable components.

The object of this work has been to develop a mast that is cheap to manufacture, easy to erect and hard to break in to, this has been done by literature studies and strength calculations regarding wind load, wind thrust, buckling, screw joints and the masts attachment to the ground.

The result of this work shows that it is possible to construct a mast with the given conditions but unfortunately that it was impossible to carry through the project within the given budget.

Keywords: wind load, wind thrust, mast

Förord

Examensarbetet omfattar 11 poäng och är en obligatorisk del i utbildningen till byggingenjör, 120 poäng. Genom Bert Luvö kom vi i kontakt med tre studerande på Chalmers entreprenadskola som behövde hjälp med att dimensionera och utforma en kommunikationsmast.

Vi vill tacka följande personer som hjälpt oss under arbetets gång:

- Vår examinator Sören Lindgren på Chalmers, Campus Lindholmen
- Våra uppdragsgivare Andreas Holmström, Sara Larsson och Tobias Bladini på Chalmers entreprenörskola
- Göran Gustavsson, Sales Manager på Ericsson AB
- Steve Svensson på Chalmers, Campus Lindholmen

Göteborg 2005-05-23

Anders Lindwall

Peter Sjögren

1	Introduktion	1
1.1	Syfte	1
1.2	Metod	1
1.3	Avgränsning	1
2	Mastens utformning	2
3	Beräkning av vindstöt	4
3.1	Allmänt	4
3.2	Beräkningsgång	5
4	Beräkning av virvelavlösning	9
4.1	Allmänt	9
4.2	Beräkningsgång	10
4.3	Beräkning av utböjning	12
5	Kontroll av buckling	13
5.1	Allmänt	13
5.2	Beräkningsgång för böjande moment	15
6	Beräkning av skruv- och svetsförband	18
6.1	Allmänt	18
6.2	Beräkningsgång	19
7	Slutsatser	21
	Referenser	22
	Appendix 1	23
	Appendix 2	44
	Appendix 3	46
 Figurer		
Figur 1	Responsens energispektrum	4
Figur 2	Kármáns vindenergispektrum	5
Figur 3	Formfaktor för cylindriska element	8
Figur 4	Virvelavlösningar	9
Figur 5	Konsolbalk med varierande tröghetsmoment	12
Figur 6	Cylinderskal med böjande moment	13
Figur 7	Cylinderskal med axiell last	14
Figur 8	β_{cd} vid olika inspänningsfall	16
Figur 9	Reduktionsfaktor för knäckning	16
Figur 10	Kälsvets	20
 Tabell		
Tabell 1	Värden på mekanisk dämpning	6
Tabell 2	Formfaktor för cirkulär cylinder	10

1 Introduktion

1.1 Syfte

Uppgiften bestod i att till utvecklingsländer dimensionera en 20m hög mast för trådlös kommunikation, som skulle vara billig att tillverka, tåla vindbelastningar, vara väderbeständig och inbrottsäker. Masten skall även kunna fraktas i en 20 fots container och vara enkel att med lite verktyg resa. Ytterligare ett syfte med den nya masten är att ta bort den bevakning som nu måste ske dygnet runt. I och med att det bland annat är det instrumentdrivande dieselaggregatet som måste bevakas så kommer instrumenten i den nya masten att drivas med solenergi.

1.2 Metod

De metoder vi har använt oss för att komma fram till ett resultat är framförallt litteraturstudier i vindlast och skalkonstruktion, ritningarna är gjorda i AutoCAD och även MathCAD har används till att redovisa resultatet.

1.3 Avgränsning

Arbetet har fokuserats på konstruktion, en för syftet fungerande utformning och monteringen. Mastens estetiska utformning, energisystem och kommunikationssystem kommer inte att vara en del utav arbetet. För att det ska fungera med att montera fast masten i marken med expanderbultar så måste masten stå på berg, detta faktum är en annan avgränsning vi var tvungna att göra då vi fick restriktioner gällande betonggrundläggning och vajer stagning.

2 Mastens utformning

Syftet med arbetet var som tidigare nämnts, att dimensionera och konstruera en kommunikationsmast enligt givna förutsättningar. Förutsättningarna var att masten skulle vara inbrottssäker, lätt att resa, ska kunna fraktas i en 20 fots container och billig att tillverka. Resultatet blev en täckt mast med en teleskopkonstruktion bestående av tre rör, en hytt och en plattform, masten exklusive plattformen, som monteras på toppen av masten, är 20m hög. Nedan följer en genomgång av mastens olika delar.

Rören

Godstjockleken i de tre rören och hytten varierar mellan fyra millimeter i de två översta rören och sex millimeter i det understa röret och hytten. Även rörens diametrar varierar från 808 millimeters ytterdiameter på det översta röret till 852 millimeter i det understa röret.

Plattformen

Plattformen är av cirkulär form och monteras i toppen av masten på ett sådant sätt att det går att ta sig upp på plattformen genom toppen av masten. Plattformen specialbeställs från en gallerdurkstillverkare enligt måtten på ritning K003 i appendix 2. Uppe på plattformen monteras en solpanel på c:a fyra kvadratmeter, radiosändare och mottagare och en radiobas station. En schematisk lösning på montering av solpanel har tagits fram enligt ritning K003 i appendix 2, annars så monteras instrumenten enligt den monteringsbeskrivning som kommer med utrustningen.

Hytten

Hytten är icke cirkulär men bygger på ett rör med diametern 1515 millimeter. Att hytten inte är cirkulär beror på att det ska få plats med ett isolerat och ventilerat instrumentskåp. Hytten och därmed hela masten är förankrad i marken med åtta expanderbultar. Golvet i hytten är en åtta millimeter tjock stålskiva som svetsas fast med en tre millimeter kärlsvets. Dörren in i masten specialbeställs enligt mått på ritning K006 i appendix 2 av tillverkare för säkerhetsdörrar.

Instrumentskåpet

Anledningen till att instrumentskåpet är isolerat och ventilerat beror på att instrumenten ska hållas kylda. I instrumentskåpen ska det få plats med tio stycken batterier, en mikro vågsradio och en kontrollenhet. Instrumenten placeras på utdragbara hyllor för att det ska vara lättare att komma åt att serva dem. Dörren till instrumentskåpet beställs av tillverkare av säkerhetsdörrar enligt mått på ritning K009 i appendix 2.

Skarvarna

Rören och hytten monteras med skruvförband. Varje skruvförband består av sex par M24 bultar och två brickor/plåtar till varje bultpar enligt ritning K004, K005, K007, K010 och K011 i appendix 2. För att skarvarna ska hålla tätt mot regn och sand så behöver de tätas. Skarven som behöver tätas har en c:a fem millimeter stor glipa och ska tätas innan det att masten är rest.

Frakten

Ett av kraven var att masten skulle kunna fraktas i en 20 fots container, därför valdes en teleskopfunktion vilket medför att masten omonterad är ca 5,85m hög vilket ger c:a 20 centimeters spelrum i containern. För att det ska gå enkelt att lasta in och ur masten i containern så bör denna utrustas med rullband, alternativt kan en toppmatad container användas.

Montage av masten

När masten är på den plats där den ska uppföras så börjar montaget med att de tre översta rören dras ut och bultas ihop liggandes på marken, även det korta rör som sitter i toppen på hytten monteras ihop med dem på marken. Efter det att rören har monterats ihop så skruvas de 38 fotstegen fast på insidan av rören och skarvarna tätas. Nästa steg är att med de åtta expanderbultarna bulta fast hytten i marken och justera hytten så att den står rakt. När hytten är fastsatt så lyfts de hopmonterade rören upp och hakas i det gångjärn som sitter placerat ovanför

dörren på hytten. Nu kan rören dras/vikas upp med hjälp av lyftkran och vinsch. Det som återstår är att montera fast plattformen i toppen av masten och att installera alla instrument.

Laster och material

För att kunna göra de olika hållfasthetsberäkningarna så krävs det att vissa förutsättningar för material och laster finns. De laster som använts i beräkningarna är: egentygnd, g som är 39,53 kN och vindlasten är beräknad på en referensvindhastighet på 35 m/s. Det stål som används i rören, hytten och skarvbrickorna är S355 och alla skruvar har hållfasthetsklassen 8.8. övriga förutsättningar som använts är: säkerhetsklass 1, terräng typ 1, luftens densitet $\rho(\text{rho})=1,25 \text{ kg/m}^3$, övriga formfaktorer och konstanter är hämtade ur Boverkets handbok snö- och vindlast.

3 Beräkning av vindstöt

3.1 Allmänt

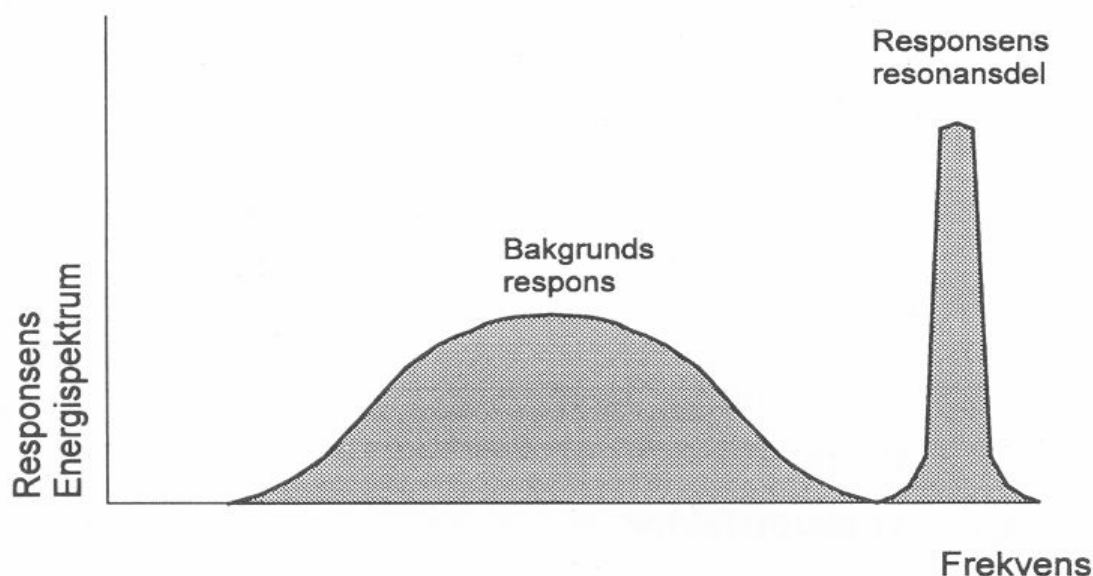
Vindlast kan ge upphov till att konstruktioner börjar svänga dels i vindens riktning och dels vinkelrät mot denna. Svängningar som uppkommer i vindens riktning orsakas av vindstötar. Svängningar som uppkommer vinkelrät mot vindriktningen orsakas av virvelavlösningar. I detta kapitel kommer vindstöt att behandlas.

Beroende på om en konstruktion är styv eller eftergivlig påverkas denna olika av vindstöten, vindstöten effekt beror av konstruktionens egensvängning.

Formeln för egenfrekvens som är angiven nedan gäller för balkar med konstant böjstyvhet, där k är den så kallade första moden som beror på hur konstruktionen är upplagd. I detta fall är egenfrekvensen beräknad på första moden. Varierar böjstyvheten eller massintensiteten krävs det att mer avancerade beräkningar tillämpas.

Den respons i en konstruktion som orsakas av en vindstöt brukar delas upp i två delar: bakgrundsrespons och resonansrespons. Bakgrundsresponsen beror av att vinden verkar som en statisk last och är den del av kinetiska energin som inte är i resonans med konstruktionen.

Resonansresponsen visar den växelverkande mellan konstruktionens och vindens dynamiska inverkan.



Figur 1 Responsens energispektrum

3.2 Beräkningsgång

Dimensionering av mast med hänsyn till vindstöt.

1. Bestäm egenfrekvensen genom att betrakta konstruktionen som en böjvägande balk.

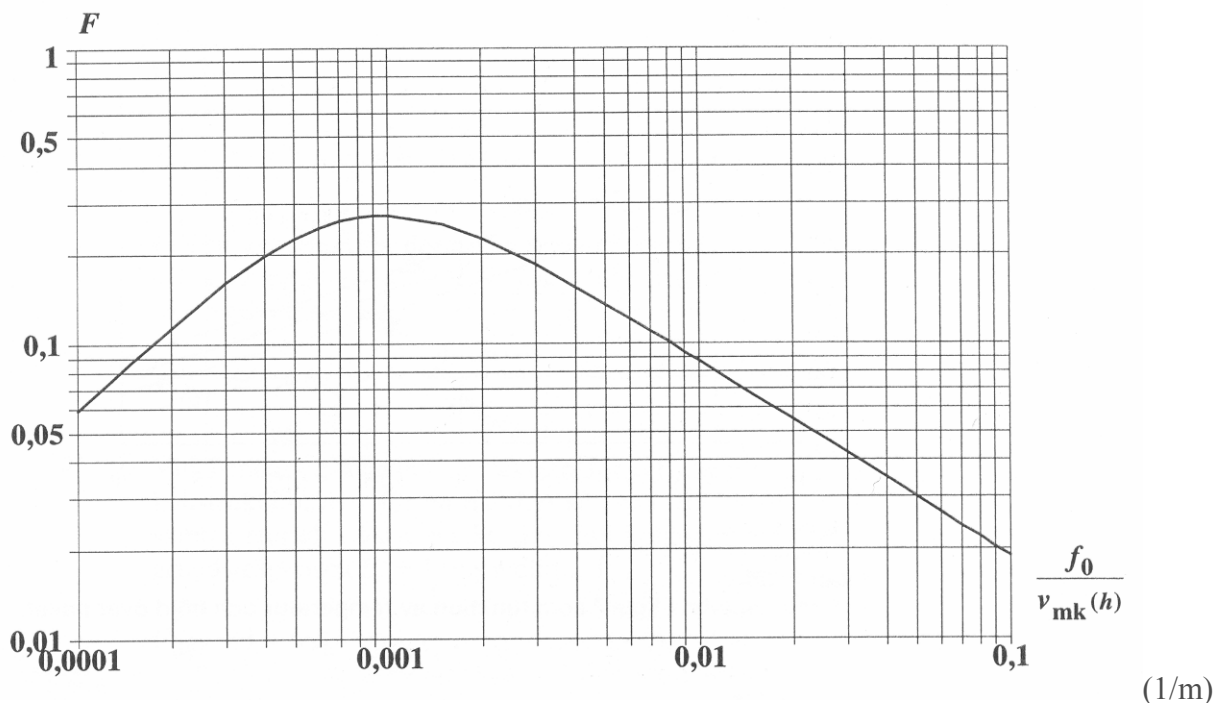
$$f_0 := k \cdot \frac{E \cdot I}{\sqrt{(m \cdot L^4)}} \quad (\text{Hz}) \quad (1)$$

Där m är konstruktionens massaintensitet, L är konstruktionens längd och k är en konstant för första moden, som beror av upplagsförhållanden

2. Bestäm Kármáns vindenergispektrum genom formel eller genom utläsning i diagram.

$$F := \frac{4 \cdot f_0 \cdot \frac{Lc}{V_{mk}}}{\left[1 + 70.8 \cdot \left(\frac{f_0 \cdot Lc}{V_{mk}} \right)^2 \right]^{\frac{5}{6}}} \quad (2)$$

Där Lc är den karakteristiska turbulenslängden (150m) och V_{mk} är den karakteristiska medelvindhastigheten.



Figur 2 Kármáns vindenergispektrum

3. Bestäm bakgrundsresponsen B^2 .

$$B := e^{-\left[\left(1 - \frac{b}{h}\right) \cdot \left(0.04 + 0.01 \cdot \frac{h}{h_{\text{ref}}}\right) - \left(0.05 \cdot \frac{h}{h_{\text{ref}}}\right) \right]} \quad (3)$$

Där h är konstruktionens höjd, b är konstruktionens medelbredd och h_{ref} är referenshöjden (10m)

4. Bestäm storleksfaktorer med hänsyn till konstruktionens höjd och bredd, Φ_b och Φ_h .

$$\Phi_b := \frac{1}{1 + \frac{3.2 \cdot f_0 \cdot b}{V_{\text{mk}}}} \quad \Phi_h := \frac{1}{1 + \frac{2 \cdot f_0 \cdot h}{V_{\text{mk}}}} \quad (4) (5)$$

5. Bestäm faktorerna för mekanisk och aerodynamisk dämpning δ_m respektive δ_a .
 δ_m bestäms lämpligen genom utläsning ur tabell.

$$\delta_a := \frac{0.5 \cdot \rho \cdot \mu_{\text{topp}} \cdot b_{\text{topp}} \cdot V_{\text{mk}}}{m_{\text{topp}} \cdot f_0} \quad (6)$$

Där b_{topp} , m_{topp} , μ_{topp} är bredd, massa per längdenhet och formfaktor för konstruktionens övre tredjedel.

Typ av konstruktion	δ_m
Metallkonstruktioner, t. ex. stålskorstenar, utan installationer och sekundära delar utöver manteln	$0,015 \leq \delta_m \leq 0,02$
Metallkonstruktioner, t. ex. stålskorstenar, med installationer och sekundära delar utöver manteln	$0,02 \leq \delta_m \leq 0,03$
Fackverksmaster ¹ med - svetsade förband eller friktionsförband - skruvförband	0,015 $0,02 \leq \delta_m \leq 0,06$
Betongkonstruktioner, t. ex. betongskorstenar	$0,03 \leq \delta_m \leq 0,05$
Höga husbyggnader med stålstomme	$\delta_m \leq 0,06$
Höga husbyggnader med betongstomme	$\delta_m \leq 0,09$
Murverkskonstruktioner	$\delta_m \leq 0,20$
Träkonstruktioner utan mekaniska förband	$\delta_m \leq 0,06^2$
Träkonstruktioner med mekaniska förband	$\delta_m \leq 0,09^2$

Tabell 1 Värden på mekanisk dämpning

6. Bestäm responsens resonansdel R^2 :

$$R := \frac{2 \cdot \pi \cdot F \cdot \phi b \cdot \phi h}{\delta_m + \delta_a} \quad (7)$$

7. Bestäm den ekvivalenta frekvensen f_e .

$$f_e := f_0 \cdot \sqrt{\left(\frac{R}{R + B}\right)} \quad (\text{Hz}) \quad (8)$$

8. Bestäm Spetsfaktorn för konstruktionen g_w .

$$g_w := \sqrt{(2 \cdot \ln(600 \cdot f_e))} + \frac{0.58}{\sqrt{(2 \cdot \ln(600 \cdot f_e))}} \quad (9)$$

9. Därefter kan det karakteristiska hastighetstrycket, q_k bestäms enligt följande uttryck:

$$q_k := C_{\text{dyn}} \cdot C_{\text{exp}} \cdot q_{\text{ref}} \quad (\text{kN/m}^2) \quad (10)$$

Där C_{dyn} är en vindstötsfaktor som beräknas under förutsättning att konstruktionen är en fast inspänd konsol och beräknas enligt:

$$C_{\text{dyn}} := 1 + g_w \cdot 2 \cdot \frac{1 \cdot \sqrt{(B + R)}}{\ln\left(\frac{h}{Z_0}\right)} \quad (11)$$

Där h är konstruktionens höjd och z_0 är en råhetsparameter som beror av terrängtyp.

Exponeringsfaktorn C_{exp} definieras ur:

$$C_{\text{exp}} := \left(\beta \cdot \ln\left(\frac{Z}{Z_0}\right) \right) \quad (12)$$

Referenshastighetstrycket fås ur:

$$q_{\text{ref}} := 0,5 \rho v_{\text{ref}}^2 \quad (\text{N/m}^2) \quad (13)$$

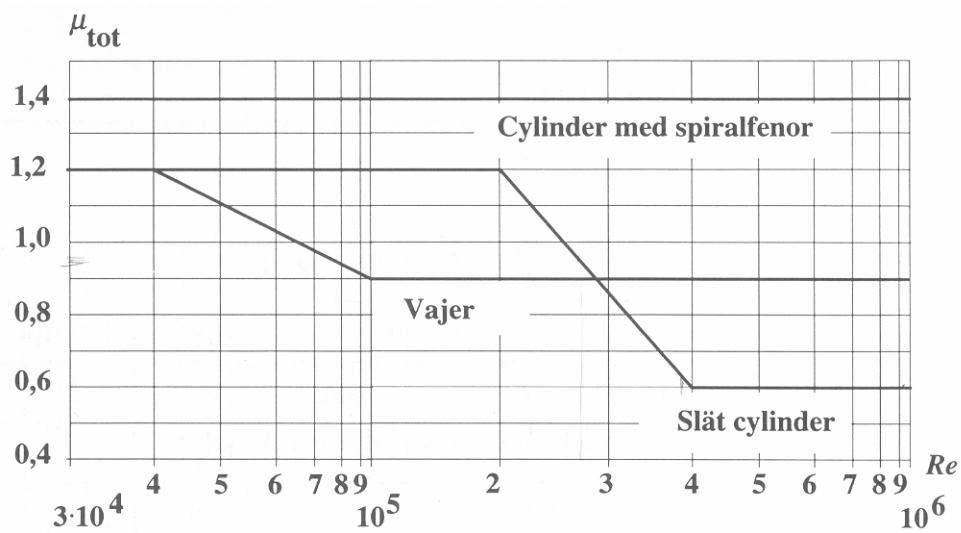
När resonansdelen R^2 är stor jämfört med bakgrundsresponsen B^2 närmar sig f_e egenfrekvensen f_0 . För konstruktioner där ingen hänsyn behöver tas till svängningsegenskaper reduceras f_e och spetsfaktorn g_w sätts till 3,0. Spetsfaktorn g_w anger den multipel av variationskoefficienten för w som w_k antas överstiga w_{mk} .

10. Bestäm den karakteristiska vindlasten per ytenhet.

$$w_k := \mu_k \cdot q_k \quad (\text{N/m})$$

(14)

μ_{tot} är en formfaktor beroende på konstruktionens form

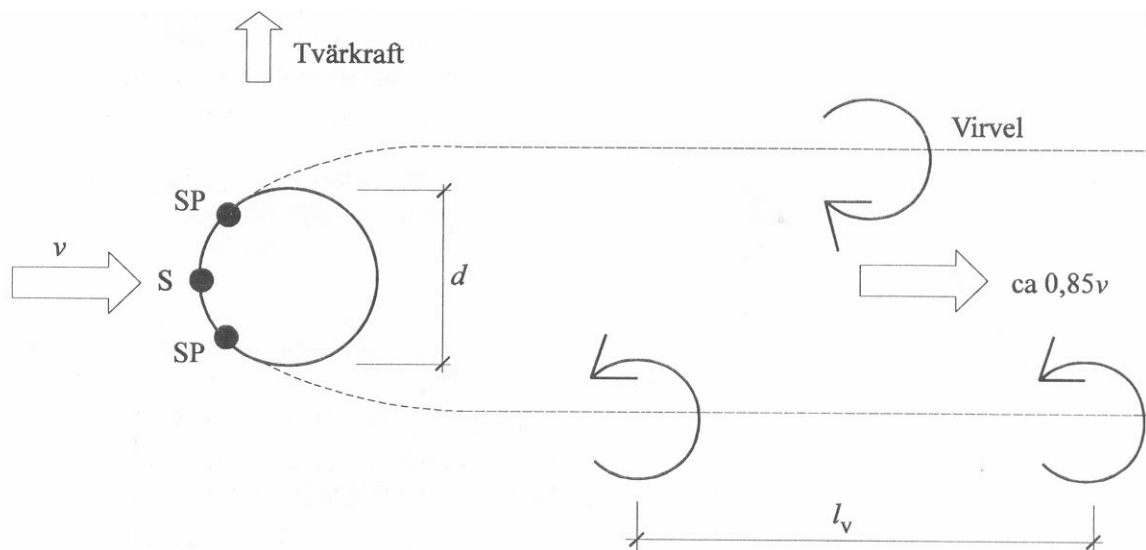


Figur 3 Formfaktor för cylindriska element

4 Beräkning av virvelavlösning

4.1 Allmänt

Speciellt utsatta för virvelavlösningar är slanka konstruktioner som master torn skorstenar etc. Med slanka konstruktioner menas att höjd/diameter >5 . Svängningar av virvelavlösning uppstår när virvlar avlöser varandra på ömse sidor på en konstruktion. När en virvel genereras på ena sidan ökas vindhastigheten på den andra sidan och därmed minskas trycket. Konstruktionen belastas därmed på virvelsidan med en tryckkraft och eftersom virvlarna avlöser varandra från sida till sida utsätts konstruktionen för en varierande kraft vinkelrät vindriktningen.



Figur 4 Virvelavlösningar

En viktig parameter vid beräkning av svängningar till följd av virvelavlösning är Reynolds tal. Virvelavlösningar brukar grupperas i tre olika områden, underkritiskt-, överkritiskt- och transkritiskt område, beroende på storleken på Reynolds tal. Då virvelavlösningens frekvens är lika med konstruktionens egenfrekvens uppstår resonans, denna vindhastighet kallas den kritiska vindhastigheten om denna hastighet av virvelavlösning är större än den karakteristiska vindhastigheten kan inverkan av virvelavlösning försummas. Då konstruktionen inte har för stor slankhet dvs. $h/d < 5$ för en konsolinspannd konstruktion maximal utböjning $y_{max} < c: a 0,06d$ för lasten w_d kan inverkan av virvelavlösning beräknas för en ekvivalent karakteristisk vindlast per längdenhet, w_{ek} .

4.2 Beräkningsgång

Dimensionering av mast med hänsyn till virvelavlösning.

1. Bestäm den kritiska vindlasten för virvelavlösning.

$$V_{cr} := \frac{f_0 \cdot d}{St} \quad (\text{m/s}) \quad (15)$$

Där f_0 är egenfrekvens, d konstruktionens tvärmått och St är Strouhals tal enligt nedan.

$$St = 0,10 + 0,085^{10} \times \log\left(\frac{a}{d}\right) \quad \text{Där } a \text{ är konstruktionens inbördes centrumavstånd.}$$

2. Bestäm vindens variation med höjden uttryckt som karakteristisk medelvind.

$$V_{mk} := V_{ref} \cdot \beta \cdot \ln\left(\frac{Z}{Z_0}\right) \quad (\text{m/s}) \quad (16)$$

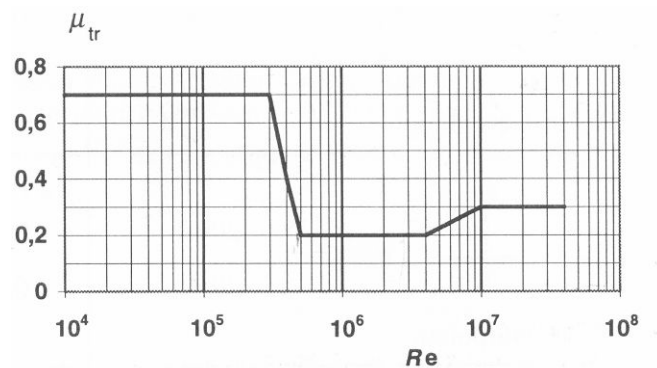
Om $V_{cr} < V_{mk}$ kan risk för virvelavlösning finnas.

3. Bestäm Reynolds tal.

$$Re := \frac{V_{cr} \cdot d}{\zeta} \quad (17)$$

Där d är konstruktionens tvärmått och ζ är luftens kinematiska viskositet.

Efter det att Reynolds tal beräknats fås formfaktorn μ_{tr} ur tabell



Tabell 2 Formfaktor för cirkulär cylinder

4. Bestäm det gällande hastighetstrycket.

$$q_{cr} := \rho \cdot V_{cr}^2 \cdot 0.5 \quad (\text{N/m}^2) \quad (18)$$

5. Bestäm den karakteristiska vindlasten per längdenhet.

$$W_{ek} := \mu_{tr} \cdot q_{cr} \cdot d \cdot \left(\frac{\pi}{\delta m} \right) \quad (\text{N/m}) \quad (19)$$

6. Därefter kan den dimensionerande linjelasten bestämmas samt maximalt moment och maximal spänning i snittet.

$$W_d := W_{ek} \cdot \gamma_f \quad (\text{N/m}) \quad (20)$$

Maximalt moment vid längden l:

$$M_{max} := \frac{W_d \cdot l^2}{2} \quad (\text{Nm}) \quad (21)$$

Maximal spänning vid änden l:

$$\sigma := \frac{M_{max} \cdot r}{I} \quad (\text{Pa}) \quad (22)$$

4.3 Beräkning av utböjning

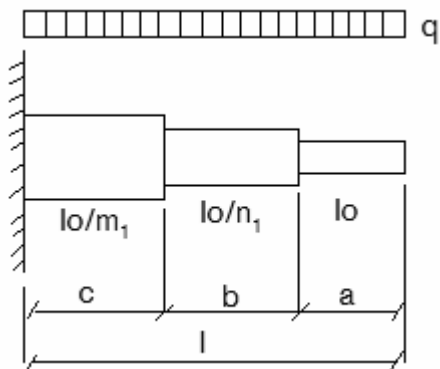
Maximal utböjning är beräknad enligt Bygg 1B.
Inspänd konsolbalk med varierande tröghetsmoment.

1. Beräkna maximal utböjning,

$$Y_{\max} := \left[(A_1 + B_1 \cdot n_1 + C_1 \cdot m_1) \cdot \left(\frac{W_{ek} \cdot l^4}{8 \cdot E \cdot I_0} \right) \right]$$

Där A_1 , B_1 och C_1 beräknas enligt

$$A_1 := \frac{a^4}{l^4}, \quad B_1 := \left[\frac{(a+b)^4}{l^4} - \frac{a^4}{l^4} \right], \quad C_1 := \left[1 - \frac{(a+b)^4}{l^4} \right]$$



Figur 5 Konsolbalk med varierande tröghetsmoment

5 Kontroll av buckling

5.1 Allmänt

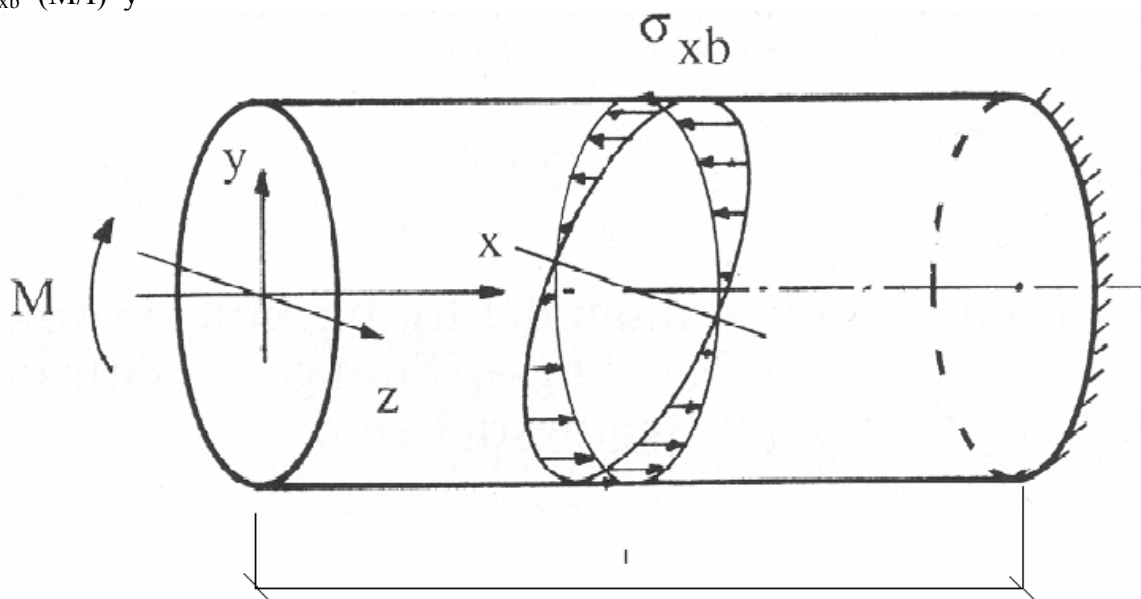
När det gäller konstruktioner med tunna väggar, så som skorstenar, tunnväggiga cylindriska skal, kyltorn och behållare är vinden den dimensionerande belastningen och brott sker vanligen genom lokal buckling eller genom utmattning.

När bärförmågan vid buckling beräknas förutsätt det att skalets ändrar bibehåller sin cirkulära form.

I ett fall där plåttjockleken varierar så bör den axiella tryckspänningen av böjmomentet kontrolleras i alla kritiska snitt.

För skal som belastas av böjande moment M är spänningen enligt teknisk balkteori given av

$$\sigma_{xb} = (M/I) * y$$



Figur 6 Cylinderskal med böjande moment

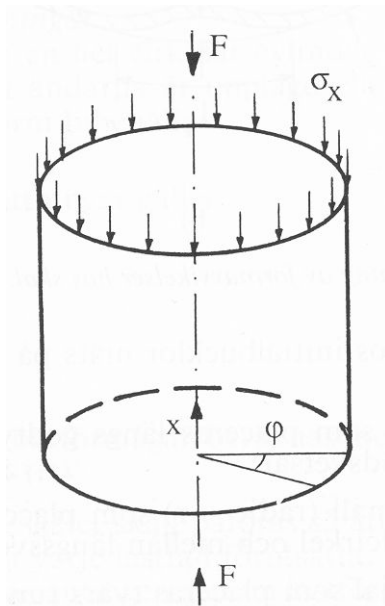
I de vanligaste fallen då godstjockleken t är liten i förhållande till medelradien r blir den maximala böjtryckspänningen

$$\sigma_{xb} = M / (\pi * r^2 * t)$$

Förutsättningarna för att den tekniska balkteorin skall gälla är att tvärsnittet inte deformeras i för stor utsträckning.

Skalet skall vara en hel cirkulär cylinder med radien r och godstjockleken t , som är avstytad så att dess cirkulära form bibehålls. Följande förutsättningar ska gälla:

$$r/t < 2000 \text{ och } l/r < (r/t)^{1/2}$$



Figur 7 Cylinderskal med axiell last

Avvikelser från den klassiska teorin ökar med ökande slankhet och spridningen mellan olika försök har visat sig vara mycket stor. Anledningen till detta är att axiellt tryckta skal är mycket känsliga för formavvikelser (imperfections känslighet). Formavvikelserna kan bero på avvikelser i tillverkningen alternativt elastiska deformationer före buckling.

För mycket långa skal blir även böjknäckning avgörande för bärförmågan om skalet samtidigt har ett stort förhållande mellan radien och godstjockleken och då bör även interaktion mellan böjknäckning och buckling beaktas.

Bucklingsspänningen kan under elastiska förhållanden beräknas ur:

$$\sigma_{xelr} = \alpha \cdot \eta \cdot 0,6 \cdot E \cdot t / r$$

Där α är en reduktionsfaktor som tar hänsyn till tillverkningsmetod och toleranser och η är en experimentellt bestämd reduktionsfaktor enligt följande:

$$\begin{aligned} \eta &= 0,83 / (1 + 0,01 \cdot r/t)^{1/2} && \text{För axiell tryckkraft} \\ \eta &= 0,19 / (1 + (d/200t))^{1/2} && \text{För böjande moment} \end{aligned}$$

Bärförmågan vid buckling kan under elastiska förhållanden kan beräknas enligt:

$$\sigma_{xu} = 0,75 \cdot \sigma_{xelr}, \text{ då } \sigma_{xelr} < \sigma_y / 3$$

Då bucklingsförloppet påverkas av plasticering beräknas bärförmågan enligt:

$$\sigma_{xu} = \omega_{s2} \cdot \sigma_y \text{ om } \sigma_{xelr} \text{ är större än } \sigma_y / 3$$

5.2 Beräkningsgång för böjande moment

Dimensionering av mast med hänsyn till skalbuckling.

1. Bestäm den experimentella reduktionsfaktorn.

$$\eta := 0.19 + \frac{0.67}{\sqrt{\left(1 + \frac{d}{200 \cdot t}\right)}} \quad (23)$$

Där d är konstruktionens diameter och t är konstruktionens godstjocklek.

2. Bestäm bucklingsspänningen.

$$\sigma_{xelr} = \alpha \eta Et/r \quad (24)$$

Där α är en reduktionsfaktor som beaktar tillverknings toleranser och r är konstruktionens radie.

3. Bestäm slankhetsparametern.

$$\lambda_s := \sqrt{\frac{f_{yk}}{\sigma_{xelr}}} \quad (25)$$

4. Bestäm reduktionsfaktor för skalbuckling.

$$\omega_{s2} := \frac{0.96}{\left(0.8 + \lambda_s^2\right)} \quad (26)$$

5. Bestäm bärförmåga vid buckling.

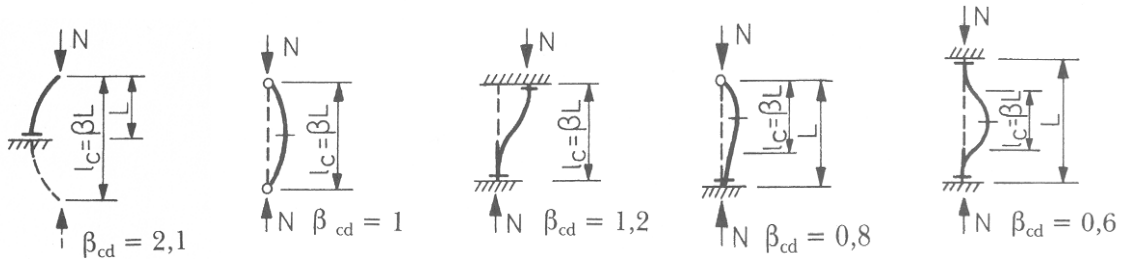
$$\sigma_{xu} := \omega_{s2} \cdot f_{yk} \quad (27)$$

Villkoret $\sigma_{xu} > \sigma_{max}$ måste vara uppfyllt.

Kontroll av tryckkraftskapacitet.

6. Bestäm knäcklängden.

Beräknad som $l_c = \beta_{cd} \times L$ (28)



Figur 8 β_{cd} vid olika inspänningsfall

7. Bestäm den kritiska knäcklasten.

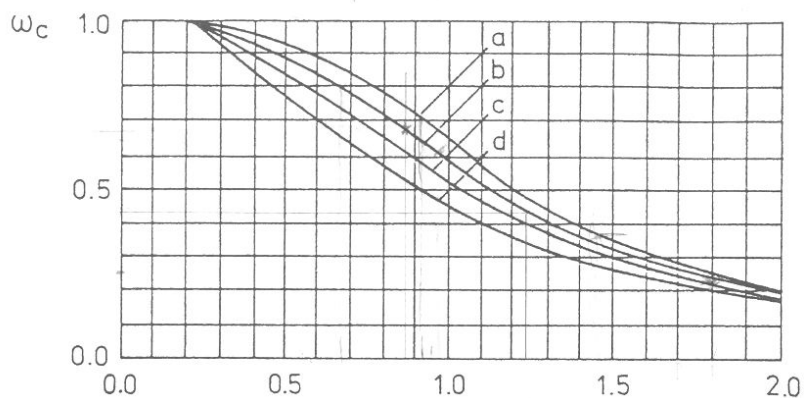
$$N_{cr} := \frac{\pi^2 \cdot E_k \cdot I}{l_c^2} \quad (29)$$

8. Bestäm slankhetsparametern för böjknäckning.

$$\lambda_c := \sqrt{\left(\frac{A \cdot f_{yk}}{N_{cr}} \right)} \quad (30)$$

Där A är konstruktionens tvärsnittsarea.

Slankhetsparametern ger reduktionsfaktorn ω_c enligt diagram.



Figur 9 Reduktionsfaktor för knäckning

9. Bestäm tryckkraftskapaciteten.

(31)

$$N_{rd} := \omega_c \cdot A \cdot f_{yd}$$

Villkoret $N_{rd} > N_{sd}$ måste vara uppfyllt.

(32)

6 Beräkning av skruv- och svetsförband

6.1 Allmänt

Skruvförband består av skruv, mutter och bricka samt de konstruktionsdelar som är i direkt anslutning därtill. Skruvförband delas upp i olika skruvförbandsklasser med hänsyn till utformning och verkningssätt. Hålstorlek och åtdragning är det som skiljer sig åt med hänsyn till utformning.

Till skjuvförband i stålkonstruktioner används med fördel stålbyggnadsskruv. Den skiljer sig mot standardiserad skruv, ss-iso 4014 genom att gängan är kortare och i kombination med en tjock bricka kan man få den gängade delen att sluta utanför godset. Det är acceptabelt att gängan går in i godset men inte genom skjuvplanet då bärförmågan reduceras för skjuvning i skruven.

Spelet mellan hålets och skruvens diameter påverkar i hög grad monteringen. De vanligaste toleranserna är hål serie medel, ca 2mm spel och hål serie fin, ca 1mm spel.

Med hålplanstryck menas det tryck som uppkommer i anläggningsytan mellan gods och skruvförband. Hålplanstrycket bör enligt BSK inte överstiga godsets brottgräns. Brickor kan användas för att reducera hålplanstryck.

6.2 Beräkningsgång

Dimensionering av mast med hänsyn till skruvförband.

1. Bestäm den dimensionerande bärförmågan med hänseende till skjuvbrott i skruv.

$$F_{rvd} := 0.6 \cdot A_1 \cdot f_{bud} \quad (\text{N}) \quad (33)$$

Där A_1 är skruvens area enligt:

$$A_1 := \frac{\pi \cdot d^2}{4} \quad (\text{m}^2) \quad (34)$$

2. Bestäm dimensioneringsvärde för skruvens brotthållfasthet.

$$f_{bud} := \frac{f_{buk}}{1.2 \cdot \gamma_n} \quad (\text{Pa}) \quad (35)$$

Där γ_n är en partialkoefficient med hänsyn på säkerhetsklass. (35)

3. Bestäm dimensioneringsvärde för brott i plåt:

$$f_{ud} := \frac{f_{uk}}{1.2 \cdot \gamma_m \cdot \gamma_n} \quad (\text{Pa}) \quad (36)$$

Där γ_m är en partialkoefficient med hänsyn på materialegenskaper (36)

4. Bestäm bärförmåga med hänseende till hålkantstryck.

$$F_{Rbd} := 1.2 \cdot \left[\left(\frac{e_1}{d} \right) - 0.5 \right] \cdot d \cdot t \cdot f_{ud} \quad (\text{N}) \quad (37)$$

Dimensioneringsvärdet för skruvförbandet är det lägsta värdet av hålkantstryck och skjuvbrott.

5. Bestäm den dimensionerande momentkapaciteten för skruvförbandet:

$$M_{rd} = F_{Rbd} \times h \quad (38)$$

Svetsförband

6. Bestäm svetsgodsets karakteristiska hållfasthet.

$$f_{wuk} = \sqrt{f_{uk} \times f_{euk}} \quad (\text{Pa}) \quad (39)$$

7. Bestäm dimensioneringsvärde för svetsgodsets hållfasthet:

$$f_{wd} := \frac{\zeta \cdot f_{wuk}}{1.2 \cdot \gamma_n} \quad (\text{Pa}) \quad (40)$$

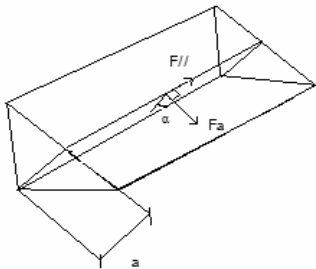
8. Dimensionerande svetsspänning.

$$f_{R\alpha d} := \frac{f_{wd}}{\sqrt{2 + \cos \left[2 \cdot \left(\frac{\pi \cdot \alpha}{180} \right) \right]}} \quad (41)$$

9. Dimensioneringsvillkor.

$$\frac{M_d}{W_1} < \frac{f_{wd}}{\sqrt{2 + \cos(2 \cdot \alpha)}} \quad (42)$$

Där α är vinkeln enligt figur:



Figur 10 Kälsvets

Böjmotstånd:

$$W_1 := \left(\frac{\pi}{32} \right) \cdot \left(\frac{d_1^4 - d_2^4}{d_1} \right) \quad (43)$$

Där d_2 är konstruktionens tvärmått $+2a$ och d_1 är konstruktionens tvärmått. Där a är måttet på kälsvetsen enligt figur ovan.

7 Slutsatser

Master för radiokommunikation behöver i det flesta fall vara relativt höga. Detta ställer krav på konstruktion och geotekniska undersökningar. En mast utformad med hjälp av ett heltäckande skal ger ett bra skydd för eventuell utrustning som förvaras inuti masten men ställer också högre krav på infästning och medför oftast högre kostnader.

Avgörande för mastens dimensionering har varit att begränsa utböjningen pga. att den tekniska utrustningen inte ska vinklas ur position. Ytterligare faktorer har varit att begränsa bucklingsspänningar. Eftersom konstruktionen har relativt liten godstjocklek gentemot tvärmått och höjd.

Masten är dimensionerad både för att kunna förvara en stor mängd utrustning samt att service ska kunna ske genom passage inne från masten. Detta medförde ett stort tvärmått och därigenom att masten kan utsättas för höga vindlaster.

Boverkets handbok om snö och vindlast är ett bra hjälpmedel för enklare handberäkningar av vindlaster.

Enligt våra beräkningar kommer masten att klara de laster vinden anbringar och bucklingsspänningar hamnar inom materialets bärförmåga. Den maximala utböjningen blir något större än de rekommenderade toleranserna men det är beräknat på en mast utan stagnation. Med hänsyn till det stora inspänningsmomentet är detta ett måste för att undvika alltför komplicerad grundläggning.

Referenser

Andersson, Johan, m fl. Stålbyggnad. Publikation 130. Stålbyggnadsinstitutet 1991

Boverket. Boverkets handbok om stålkonstruktioner. Upplaga 2:1. Boverket 1997

Boverket. Snö och vindlast, utgåva 2. Boverket 1997

Johannesson, Paul, Vretblad, Bengt. Byggformler och tabeller. Nionde upplagan. Liber förlag

Rehnström, Börje. Formler och tabeller för byggkonstruktioner. Femte upplagan. Rehnströms bokförlag 2001

Samuelson, Åke, m fl. Skalhandboken, dimensionering mot buckling. Första upplagan. Mekanförbundets förlag 1990

Wahlström, Bengt. Bygg 1B, handbok för hus, väg- och vattenbyggnad. AB Byggmästarens förlag 1972

Åkesson, Bengt. Hållfasthetslära skrift U43,
Byggnadsmekanikens beräkningar och handböcker. 1982

Appendix 1

Beräkningar

Teckenförklaring virvelavlösning

d	=	Diameter, tvärmått	(m)
f_0	=	Egenfrekvens	(Hz)
I	=	Tröghetsmoment	(m ⁴)
l	=	Längd	(m)
M	=	Moment	(Nm)
q	=	Hastighetstryck	(N/m ²)
Re	=	Reynolds tal	
r	=	Radie	(m)
St	=	Strouhals tal	
V	=	Vindhastighet	(m/s)
Z	=	Höjd över mark	(m)
Z_0	=	Råhetsparameter	(m)
β	=	Terrängparameter	
γ_f	=	Partialkoefficient för last	
δ	=	Dämpningsparameter	
η	=	Formfaktor	
ξ	=	Luftens kinematisk viskositet	(m ² /s)
ρ	=	Luftens densitet	(kg/m ³)
σ	=	Normalspänning	(Pa)

Index

cr	=	Kritisk
d	=	Dimensionerande
e	=	Ekvivalent
k	=	Karakteristisk
m	=	Mekanisk, medelvärde
max	=	Maximal
ref	=	Referens
tr	=	Transversal

Virvelavlösning

$$\begin{aligned}
 V_{\text{ref}} &:= 35 \text{ m/s} & Z &:= 20 \text{ m} & \zeta &:= 15 \cdot 10^{-6} \text{ m}^2/\text{s} \\
 d &:= 1.152 \text{ m} & Z_0 &:= 0.01 & \delta m &:= 0.02 \\
 St &:= 0.2 & \beta &:= 0.17 & \rho &:= 1.25 \text{ kg/m}^3 \\
 f_0 &:= 2.07 \text{ Hz}
 \end{aligned}$$

Kritisk vindhastighet för virvelavlösning

$$V_{\text{cr}} := \frac{f_0 \cdot d}{St} \quad V_{\text{cr}} = 11.923 \text{ m/s}$$

$$V_{\text{mk}} := V_{\text{ref}} \cdot \beta \cdot \ln\left(\frac{Z}{Z_0}\right) \quad V_{\text{mk}} = 45.225 \text{ m/s}$$

$V_{\text{cr}} < V_{\text{mk}}$ ger att risk för virvelavlösning finns

$$\text{Reynolds tal} \quad Re := \frac{V_{\text{cr}} \cdot d}{\zeta} \quad Re = 9.157 \times 10^5$$

Tabell ger med hjälp av Reynolds tal $\mu_{\text{tr}} := 0.2$

Karakteristisk vindlast per längdenhet W_{ek}

$$q_{\text{cr}} := \rho \cdot V_{\text{cr}}^2 \cdot 0.5 \quad q_{\text{cr}} = 88.852$$

$$W_{\text{ek}} := \mu_{\text{tr}} \cdot q_{\text{cr}} \cdot d \cdot \left(\frac{\pi}{\delta m}\right) \quad W_{\text{ek}} = 3.216 \times 10^3 \text{ N/m}$$

Maxmoment o spänning av virvelavlösning

$$\gamma_f := 1.3 \quad W_d := W_{\text{ek}} \cdot \gamma_f \quad W_d = 4.18 \times 10^3 \text{ N/m}$$

$$M_{\text{max}} := \frac{W_d \cdot l^2}{2} \quad \sigma := \frac{M_{\text{max}} \cdot r}{I}$$

Z=l (m)	r (m)	I (m ⁴)	Wd (kN/m)	Mmax (kNm)	σ (Mpa)
0	0,75	0,007857	4,18	836	79,8
3,67	0,426	0,001426	4,18	557,33	166,49
9,12	0,414	0,000878	4,18	247,4	116,65
14,57	0,404	0,000815	4,18	61,62	30,54

Teckenförklaring maximal utböjning

a	=	Avstånd	(m)
b	=	Avstånd	(m)
c	=	Avstånd	(m)
E	=	Elasticitetsmodul	
I	=	Tröghetsmoment	(m ⁴)
l	=	Längd	(m)
m	=	Förhållande mellan tröghetsmomenten	
n	=	Förhållande mellan tröghetsmomenten	
P	=	Punktlast	(N)
t	=	Godstjocklek	(mm)
W	=	Vindlast	(N/m)
y _{max}	=	Max utböjning	(m)
Z	=	Höjd över mark	(m)

Index

e	=	Ekvivalent
k	=	Karakteristisk
max	=	Maximal
tot	=	Total

Maximal utböjning

Beräknad enl. BYGG IB

Av virvelavlösning:

$$a := 5.4 \text{ m} \quad b := 5.4 \text{ m} \quad c := 9.12 \text{ m} \quad l := 20 \text{ m} \quad E := 210 \cdot 10^9 \quad W_{ek} := 3.216 \cdot 10^3 \text{ N/m}$$

$$I_0 := 0.000847 \text{ m}^4 \quad I_1 := 0.001426 \text{ m}^4 \quad I_2 := 0.004275 \text{ m}^4$$

$$n_1 := \frac{I_0}{I_1} \quad n_1 = 0.594 \quad m_1 := \frac{I_0}{I_2} \quad m_1 = 0.198$$

$$A_1 := \frac{a^4}{l^4} \quad A_1 = 5.433 \times 10^{-3}$$

$$B_1 := \left[\frac{(a+b)^4}{l^4} - \frac{a^4}{l^4} \right] \quad B_1 = 0.082$$

$$C_1 := \left[1 - \frac{(a+b)^4}{l^4} \right] \quad C_1 = 0.912$$

Z (m)	t (mm)	I (m ⁴)	m och n	a,b,c (m)	A, B, C
0					
	6	0,004276	lo/m=0,198	c=9,12	C=0,912
3,67					
	6	0,001426	lo/n=0,594	b=5,45	B=0,0821
9,12					
	4	0,000847	lo	a=5,43	A=0,00543
20					

$$Y_{\max} := \left[(A_1 + B_1 \cdot n_1 + C_1 \cdot m_1) \cdot \left(\frac{W_{ek} l^4}{8 \cdot E \cdot I_0} \right) \right] \quad Y_{\max} = 0.085 \text{ m (av virvelavlösning)}$$

Av vindlast på antenn:

$$l_2 := 20.3 \text{ m} \quad I_3 := 0.001848 \text{ m}^4 \quad P := 2.552 \cdot 10^2 \text{ N}$$

$$Y_{\max 2} := \frac{P \cdot l_2^3}{3 \cdot E \cdot I_3} \quad Y_{\max 2} = 0.019 \text{ m}$$

Total utböjning:

$$Y_{\text{tot}} := Y_{\max} + Y_{\max 2} \quad Y_{\text{tot}} = 0.103 \text{ m}$$

Teckenförklaring vindstöt

B^2	=	Bakgrundsrespons	
b	=	Bredd	(m)
b_{topp}	=	Byggnadens bredd på övre tredjedelen	(m)
C_{dyn}	=	Vindstötsfaktor	
C_{exp}	=	Exponeringsfaktor	
F	=	Kármáns vindenergispektrum	
f	=	Frekvens	(Hz)
f_0	=	Egenfrekvens	(Hz)
g	=	Spetsfaktor	
h	=	Konstruktionens höjd	(m)
h_{ref}	=	Referens höjd	(10m)
I	=	Tröghetsmoment	(m ⁴)
L_c	=	Karakteristisk Turbulens längd	(150m)
M	=	Moment	(Nm)
m_{topp}	=	Massa per längdenhet på övre tredjedelen	(kg/m)
q	=	Vindtryck	(N/m ²)
R^2	=	Responsens resonansdel	
r	=	Radie	(m)
V	=	Vindhastighet	(m/s)
W	=	Vindlast per längdenhet	(N/m)
Z	=	Höjd över mark	(m)
Z_0	=	Råhetsparameter	(m)
β	=	Terrängparameter	
δ	=	Dämpningsparameter	
\emptyset	=	Storleksfaktor	
μ	=	Formfaktor	
ρ	=	Luftens densitet	(kg/m ²)
σ	=	Normalspänning	(Pa)

Index

a	=	Aerodynamisk
b	=	Konstruktionens bredd
e	=	Ekvivalent
h	=	Konstruktionens höjd
k	=	Karakteristisk
m	=	Medelvärde, mekanisk
w	=	Liv

Vindstöt

$$\begin{aligned}
 V_{\text{mk}} &:= 42.225 \text{ m/s} & b &:= 0.828 \text{ m} & \mu_{\text{topp}} &:= 0.6 & \delta_m &:= 0.02 \\
 L_c &:= 150 \text{ m} & h &:= 20 \text{ m} & b_{\text{topp}} &:= 0.808 \text{ m} & Z_0 &:= 0.01 \\
 f_0 &:= 2.07 \text{ Hz} & h_{\text{ref}} &:= 10 \text{ m} & \rho &:= 1.25 \text{ kg/m}^3 & \beta &:= 0.17 \\
 Z &:= 0 - 20 \text{ m} & m_{\text{topp}} &:= 128.5 \text{ kg/m} & r &:= 0.75 - 0.404 \text{ m}
 \end{aligned}$$

$$F := \frac{4 \cdot f_0 \cdot \frac{L_c}{V_{\text{mk}}}}{\left[1 + 70.8 \cdot \left(\frac{f_0 \cdot L_c}{V_{\text{mk}}} \right)^2 \right]^{\frac{5}{6}}} \quad F = 0.03$$

$$B := e^{\left[\left(1 - \frac{b}{h} \right) \cdot \left(0.04 + 0.01 \cdot \frac{h}{h_{\text{ref}}} \right) - \left(0.05 \cdot \frac{h}{h_{\text{ref}}} \right) \right]} \quad B = 0.958 \quad B^2 := B$$

$$\phi_b := \frac{1}{1 + \frac{3.2 \cdot f_0 \cdot b}{V_{\text{mk}}}} \quad \phi_b = 0.885$$

$$\phi_h := \frac{1}{1 + \frac{2 \cdot f_0 \cdot h}{V_{\text{mk}}}} \quad \phi_h = 0.338$$

$$\delta_a := \frac{0.5 \cdot \rho \cdot \mu_{\text{topp}} \cdot b_{\text{topp}} \cdot V_{\text{mk}}}{m_{\text{topp}} \cdot f_0} \quad \delta_a = 0.048$$

$$R := \frac{2 \cdot \pi \cdot F \cdot \phi b \cdot \phi h}{\delta_m + \delta a} \quad R = 0.838 \quad R := R^2$$

Ekvivalent frekvens $f_e := f_0 \cdot \sqrt{\left(\frac{R}{R+B}\right)}$ $f_e = 1.346 \text{ Hz}$

Karakteristiskt vindtryck $q_k := C_{dyn} \cdot C_{exp} \cdot q_{ref}$

$$g_w := \sqrt{(2 \cdot \ln(600 \cdot f_e))} + \frac{0.58}{\sqrt{(2 \cdot \ln(600 \cdot f_e))}} \quad g_w = 3.817$$

$$C_{dyn} := 1 + g_w \cdot 2 \cdot \frac{1 \cdot \sqrt{(B+R)}}{\ln\left(\frac{h}{Z_0}\right)} \quad C_{dyn} = 2.294$$

$$C_{exp} := \left(\beta \cdot \ln\left(\frac{Z}{Z_0}\right) \right)$$

$$W_d := 1.3 \cdot \mu \cdot q_k \cdot r \cdot 2$$

Z (m)	C _{exp}	q _k (kN/m ²)	μ	w _d (kN7M)	M _d (kNm)	l (m ⁴)	r (m)	σ (Mpa)
0	0,80	1,41	0,6	1,64	339,39	0,008672	0,75	29,35
3,67	1,01	1,77	0,6	1,20	200,13	0,001426	0,436	61,18
9,12	1,34	2,36	0,6	1,57	103,98	0,000878	0,426	50,45
14,57	1,53	2,69	0,6	1,74	26,41	0,00815	0,414	13,41
20	1,67	2,93	0,6	1,85	0,00	0,000815	0,404	0

Teckenförklaring vindlast av antenn

A	=	Area	(m ²)
C _{dyn}	=	Vindstötsfaktor	
C _{exp}	=	Exponeringsfaktor	
d	=	Diameter	(m)
M	=	Moment	(Nm)
q	=	Hastighetstryck	(N/m ²)
V	=	Vindhastighet	(m/s)
W	=	Vindlast	
Z	=	Höjd över mark	(m)
Z ₀	=	Råhetsparameter	
β	=	Terrängparameter	
γ _f	=	Partialkoefficient för last	
μ	=	Formfaktor	
ρ	=	Luftens densitet	(kg/m ³)

Index

a	=	Antenn
k	=	Karakteristisk
ref	=	Referens

Vindlast av antenn (beräknad som en statisk konstruktion)

$$Z := 20.97\text{m} \quad Z_0 := 0.01 \quad \beta := 0.17 \quad \mu := 0.85 \quad \gamma_f := 1.3$$

$$V_{\text{ref}} := 35 \text{ m/s} \quad \rho := 1.25 \text{ kg/m}^3$$

$$q_{\text{ref}} := 0.5 \cdot \rho \cdot V_{\text{ref}}^2 \quad q_{\text{ref}} = 765.625$$

$$C_{\text{exp}} := \left(\beta \cdot \ln\left(\frac{Z}{Z_0}\right) \right)^2 \quad C_{\text{exp}} = 1.691$$

$$C_{\text{dyn}} := 1 + \frac{6}{\ln\left(\frac{Z}{Z_0}\right)} \quad C_{\text{dyn}} = 1.784$$

$$q_k := C_{\text{dyn}} \cdot C_{\text{exp}} \cdot q_{\text{ref}} \quad q_k = 2.31 \times 10^3 \text{ kN/m}^2$$

$$W_k := \mu \cdot q_k \cdot \gamma_f \quad W_k = 2.552 \times 10^3 \text{ kN/m}^2$$

Moment av vindlast på antenn

$$d := 1.2 \text{ m}$$

$$A_a := \pi \cdot \frac{d^2}{4} \quad A_a = 1.131 \text{ m}^2$$

$$M_{\text{antenn}} := W_k \cdot Z \cdot A_a \quad M_{\text{antenn}} = 6.053 \times 10^4 \text{ Nm}$$

Teckenförklaring bucklingskontroll

A	=	Area	(m ²)
d	=	Diameter	(m)
E	=	Elasticitetsmodul	
f _{yd}	=	Dimensioneringsvärde: sträckgränsvärde	(Pa)
f _{yk}	=	Karakteristiskt värde: sträckgräns	(Pa)
I	=	Tröghetsmoment	(m ⁴)
l _c	=	Knäcklängd	(m)
M	=	Moment	(Nm)
N	=	Normalkraft	(N)
t	=	Godstjocklek	(m)
Z	=	Höjd över mark	(m)
α	=	Reduktionsfaktor	
γ _m	=	Partialkoefficient för värde på materialegenskap	
γ _n	=	Partialkoefficient för säkerhetsklass	
η	=	Formfaktor	
λ	=	Slankhetstal	
σ	=	Normalspänning	(Pa)
ω	=	Reduktionsfaktor	
ω _c	=	Reduktionsfaktor vid knäckning	

Index

cr	=	Kritisk
d	=	Dimensionerande
el	=	Elastisk
k	=	Karakteristisk
max	=	Maximal
u	=	Brott
x	=	Koordinatriktning

Bucklingskontroll

Kontroller sker i de olika snitten: Z=3.67, 9,12, 14.57

$$\text{Stål S355} \quad f_{yk} := 355 \cdot 10^6 \text{ Pa} \quad \alpha := 0.9 \text{ för svetsad plåt} \quad E := 210 \cdot 10^9$$

$$Z_1 := 3.67 \text{ m} \quad d := 0.852 \text{ m} \quad t := 0.006 \text{ m}$$

$$\eta := 0.19 + \frac{0.67}{\sqrt{\left(1 + \frac{d}{200 \cdot t}\right)}} \quad \eta = 0.702$$

$$\sigma_{xel} := 0.6 \cdot E \cdot \frac{2t}{d} \quad \sigma_{xel} = 1.775 \times 10^9 \text{ Pa}$$

$$\sigma_{xelr} := \alpha \cdot \eta \cdot \sigma_{xel} \quad \sigma_{xelr} = 1.122 \times 10^9 \text{ Pa}$$

$$\sigma_{xelr} > \frac{f_{yk}}{3} \quad 1.122 \cdot 10^9 > \frac{355}{3} \text{ OK!} \quad \text{Plastiskt tillstånd}$$

$$\lambda_s := \sqrt{\left(\frac{f_{yk}}{\sigma_{xelr}}\right)} \quad \lambda_s = 0.563$$

$$\omega_{s2} := \frac{0.96}{(0.8 + \lambda_s^2)} \quad \omega_{s2} = 0.86$$

$$\sigma_{xu} := \omega_{s2} \cdot f_{yk} \quad \sigma_{xu} = 3.053 \times 10^8 \text{ Pa}$$

Max moment i snittet, M_{\max} uppkommer vid virvelavlösning.

$$M_{\max} := 560 \text{ kNm} \quad I := 0.001426 \text{ m}^4 \quad \gamma_m := 1.0 \quad \gamma_n := 1.0$$

$$\text{Villkor } \sigma < \frac{\sigma_{xu}}{\gamma_m \cdot \gamma_n} \quad \sigma := \frac{M_{\max} \cdot \left(\frac{d}{2}\right)}{I}$$

$$\sigma = 1.673 \times 10^5 \text{ Pa} \quad \frac{\sigma_{xu}}{\gamma_m \cdot \gamma_n} = 3.053 \times 10^8 \text{ Pa} \quad \text{Villkoret uppfyllt}$$

Tryckkraftskapacitet N_{rd}

$$f_{yd} := 355 \cdot 10^6 \text{ Pa} \quad A := 0.01591^2 \quad E_k := 210 \cdot 10^9$$

$$\text{Dimensionerande normalkraft} \quad N_{sd} := 34.62 \cdot 10^3 \text{ N}$$

$$l_c := 2.1 \cdot 20 l_c = 42 \quad N_{cr} := \frac{\pi^2 \cdot E_k \cdot I}{l_c^2} \quad N_{cr} = 1.675 \times 10^6 \text{ N}$$

$$\lambda_c := \sqrt{\left(\frac{A \cdot f_{yk}}{N_{cr}}\right)} \quad \lambda_c = 1.835 \quad \text{Figur ger } \omega_c := 0.22$$

$$\text{Tryckkraftskapacitet} \quad N_{rd} := \omega_c \cdot A \cdot f_{yd} \quad N_{rd} = 1.242 \times 10^6$$

$$N_{rd} > N_{sd} \text{ OK!}$$

Bucklingskontroll

Kontroller sker i de olika snitten: Z=3.67, 9,12, 14.57

$$\text{Stål S355} \quad f_{yk} := 355 \cdot 10^6 \text{ Pa} \quad \alpha := 0.9 \text{ för svetsad plåt} \quad E := 210 \cdot 10^9$$

$$Z_2 := 9.12 \text{ m} \quad d := 0.828 \text{ m} \quad t := 0.004 \text{ m}$$

$$\eta := 0.19 + \frac{0.67}{\sqrt{\left(1 + \frac{d}{200 \cdot t}\right)}} \quad \eta = 0.66$$

$$\sigma_{xel} := 0.6 \cdot E \cdot \frac{2t}{d} \quad \sigma_{xel} = 1.217 \times 10^9 \text{ Pa}$$

$$\sigma_{xelr} := \alpha \cdot \eta \cdot \sigma_{xel} \quad \sigma_{xelr} = 7.228 \times 10^8 \text{ Pa}$$

$$\sigma_{xelr} > \frac{f_{yk}}{3} \quad 7.228 \cdot 10^8 > \frac{355 \cdot 10^6}{3} \quad \text{OK! Plastiskt tillstånd}$$

$$\lambda_s := \sqrt{\left(\frac{f_{yk}}{\sigma_{xelr}}\right)} \quad \lambda_s = 0.701$$

$$\omega_{s2} := \frac{0.96}{\left(0.8 + \lambda_s^2\right)} \quad \omega_{s2} = 0.744$$

$$\sigma_{xu} := \omega_{s2} \cdot f_{yk} \quad \sigma_{xu} = 2.639 \times 10^8 \text{ Pa}$$

Max moment i snittet, M_{\max} uppkommer vid virvelavlösning.

$$M_{\max} := 248 \text{ kNm} \quad I := 0.000878 \text{ m}^4 \quad \gamma_m := 1.0 \quad \gamma_n := 1.0$$

$$\text{Villkor } \sigma < \frac{\sigma_{xu}}{\gamma_m \cdot \gamma_n} \quad \sigma := \frac{M_{\max} \cdot \left(\frac{d}{2}\right)}{I}$$

$$\sigma = 1.169 \times 10^5 \text{ Pa} \quad \frac{\sigma_{xu}}{\gamma_m \cdot \gamma_n} = 2.639 \times 10^8 \text{ Pa} \quad \text{Villkoret uppfyllt}$$

Tryckkraftskapacitet N_{rd}

$$f_{yd} := 355 \cdot 10^6 \text{ Pa} \quad A := 0.01035 \text{ m}^2 \quad E_k := 210 \cdot 10^9$$

$$\text{Dimensionerande normalkraft } N_{sd} := 34.62 \cdot 10^3 \text{ N}$$

$$l_c := 2.1 \cdot 20 \quad l_c = 42 \quad N_{cr} := \frac{\pi^2 \cdot E_k \cdot I}{l_c^2} \quad N_{cr} = 1.032 \times 10^6 \text{ N}$$

$$\lambda_c := \sqrt{\left(\frac{A \cdot f_{yk}}{N_{cr}}\right)} \quad \lambda_c = 1.887 \quad \text{Figur ger } \omega_c := 0.22$$

$$\text{Tryckkraftskapacitet } N_{rd} := \omega_c \cdot A \cdot f_{yd} \quad N_{rd} = 8.083 \times 10^5 \text{ N}$$

$$N_{rd} > N_{sd} \quad \text{OK!}$$

Bucklingskontroll

Kontroller sker i de olika snitten: Z=3.67, 9,12, 14.57

$$\text{Stål S355} \quad f_{yk} := 355 \cdot 10^6 \text{ Pa} \quad \alpha := 0.9 \text{ för svetsad plåt} \quad E := 210 \cdot 10^9$$

$$Z_2 := 14.57 \text{ m} \quad d := 0.808 \text{ m} \quad t := 0.004 \text{ m}$$

$$\eta := 0.19 + \frac{0.67}{\sqrt{\left(1 + \frac{d}{200 \cdot t}\right)}} \quad \eta = 0.663$$

$$\sigma_{xel} := 0.6 \cdot E \cdot \frac{2t}{d} \quad \sigma_{xel} = 1.248 \times 10^9 \text{ Pa}$$

$$\sigma_{xelr} := \alpha \cdot \eta \cdot \sigma_{xel} \quad \sigma_{xelr} = 7.439 \times 10^8 \text{ Pa}$$

$$\sigma_{xelr} > \frac{f_{yk}}{3} \quad 7.228 \cdot 10^8 > \frac{355 \cdot 10^6}{3} \text{ OK! Plastiskt tillstånd}$$

$$\lambda_s := \sqrt{\left(\frac{f_{yk}}{\sigma_{xelr}}\right)} \quad \lambda_s = 0.691$$

$$\omega_{s2} := \frac{0.96}{\left(0.8 + \lambda_s^2\right)} \quad \omega_{s2} = 0.752$$

$$\sigma_{xu} := \omega_{s2} \cdot f_{yk} \quad \sigma_{xu} = 2.668 \times 10^8 \text{ Pa}$$

Max moment i snittet, M_{\max} uppkommer vid virvelavlösning.

$$M_{\max} := 62 \text{ kNm} \quad I := 0.000815 \text{ m}^4 \quad \gamma_m := 1.0 \quad \gamma_n := 1.0$$

$$\text{Villkor } \sigma < \frac{\sigma_{xu}}{\gamma_m \cdot \gamma_n} \quad \sigma := \frac{M_{\max} \left(\frac{d}{2}\right)}{I}$$

$$\sigma = 3.073 \times 10^4 \text{ Pa} \quad \frac{\sigma_{xu}}{\gamma_m \cdot \gamma_n} = 2.668 \times 10^8 \text{ Pa} \quad \text{Villkoret uppfyllt}$$

Tryckkraftskapacitet N_{rd}

$$f_{yd} := 355 \cdot 10^6 \text{ Pa} \quad A := 0.0101 \text{ m}^2 \quad E_k := 210 \cdot 10^9$$

$$\text{Dimensionerande normalkraft } N_{sd} := 34.62 \cdot 10^3 \text{ N}$$

$$l_c := 2.1 \cdot 20 \quad l_c = 42 \quad N_{cr} := \frac{\pi^2 \cdot E_k \cdot I}{l_c^2} \quad N_{cr} = 9.576 \times 10^5 \text{ N}$$

$$\lambda_c := \sqrt{\left(\frac{A \cdot f_{yk}}{N_{cr}}\right)} \quad \lambda_c = 1.935 \quad \text{Figur ger } \omega_c := 0.20$$

$$\text{Tryckkraftskapacitet } N_{rd} := \omega_c \cdot A \cdot f_{yd} \quad N_{rd} = 7.171 \times 10^5 \text{ N}$$

$$N_{rd} > N_{sd} \quad \text{OK!}$$

Teckenförklaring andra ordningens moment

a	=	Initiallutning	(m)
E	=	Elasticitetsmodul	
I	=	Tröghetsmoment	(m ⁴)
l	=	Längd	(m)
l_c	=	Knäcklängd	(m)
M	=	Moment	(Nm)
N	=	Normalkraft	(N)
α_m	=		
α_n	=		
β	=	Förhållande	
θ_0	=		
θ_1	=		

Index

cr	=	Kritisk
d	=	Dimensionerande
k	=	Karakteristisk
lo	=	Långtidslast
långtid	=	Långtidslast
max	=	Maximal

Andra ordningens moment M_{sd}

Egenvikt av mast = 3525kg Egenvikt av utrustning = 500kg

$$N_{långtid} := (3525 + 500) \cdot 9.82 \quad N_{långtid} = 3.953 \times 10^4 \text{ N}$$

Initiallutning:

$$l := 20 \text{ m} \quad \theta_0 := 0.005 \quad \alpha_m := 1 \quad N_{långtid} := 34.62 \cdot 10^3 \text{ N} \quad M_{max} := 896 \cdot 10^3 \text{ Nm}$$

$$\alpha_n := \frac{2}{\sqrt{l}} \quad \alpha_n = 0.447$$

$$\theta_1 := \theta_0 \cdot \alpha_n \cdot \alpha_m \quad \theta_1 = 2.236 \times 10^{-3}$$

$$a := l \cdot \theta_1 \quad a = 0.045 \text{ m}$$

$$M_{l_0} := N_{långtid} \cdot a \quad M_{l_0} = 1.548 \times 10^3 \text{ Nm}$$

$$M_{s_0} := M_{max} + M_{l_0} \quad M_{s_0} = 8.975 \times 10^5 \text{ Nm}$$

Kritisk last:

$$E_k := 210 \cdot 10^9 \quad I := 0.004336 \text{ m}^4 \quad \beta := 1 \quad N_{långtid} = 3.462 \times 10^4 \text{ N}$$

$$l_c := 2.1 \cdot 20 \quad l_c = 42$$

$$N_{cr} := \frac{\pi^2 \cdot E_k \cdot I}{l_c^2} \quad N_{cr} = 5.095 \times 10^6 \text{ N}$$

Andra ordningens moment:

$$M_{sd} := \left[1 + \left[\frac{\beta}{\left(\frac{N_{cr}}{N_{långtid}} \right) - 1} \right] \right] \cdot M_{s_0} \quad M_{sd} = 9.037 \times 10^5 \text{ Nm}$$

Teckenförklaring skruvförband

f_{yk}	=	Karakteristiskt värde: sträckgräns	(MPa)
f_{uk}	=	Karakteristiskt värde: brottgräns	(MPa)
f_{buk}	=	Karakteristiskt värde: skruv	(MPa)
F_{Rvd}	=	Dimensionerande värde: skjuvbrott i skruv	(N)
A_1	=	Skruvens nominella area	(mm ²)
e	=	Kantavstånd	(mm)
t	=	Godstjocklek	(mm)
h	=	Avstånd	(mm)
f_{ud}	=	Dimensionerande värde: brottgräns	(MPa)
F_{Rbd}	=	Dimensionerande värde: hålkantsbrått	(N)
M_{sd}	=	Dimensionerande moment	(Nm)
M_{rd}	=	Momentkapacitet	(Nm)
γ_n	=	Partialkoefficient för säkerhetsklass	
γ_m	=	Partialkoefficient för värde på materialegenskap	

Skruvförband för rörskarv

Den dimensionerande skarven är vid 3.67m där det största moment uppkommer

Material Stål 355 $f_{yk} := 355 \text{ MPa}$ $f_{uk} := 470 \text{ MPa}$

Skruv M24 8.8 $f_{buk} := 800 \text{ MPa}$ $d := 24 \text{ mm}$ $\gamma_n := 1.0$ $\gamma_m := 1.0$

Skjuvbrott i skruv

$$F_{Rvd} := 0.6 \cdot A_1 \cdot f_{bud}$$

$$A_1 := \frac{\pi \cdot d^2}{4} \quad A_1 = 452.389 \text{ mm}^2$$

$$f_{bud} := \frac{f_{buk}}{1.2 \cdot \gamma_n} \quad f_{bud} = 666.667 \text{ MPa}$$

$$F_{Rvd} := 0.6 \cdot A_1 \cdot f_{bud} \quad F_{Rvd} = 1.81 \times 10^5 \text{ N}$$

Hålkantbrott i plåt

Kantavstånd $e := 110 \text{ mm}$ $t := 6 \text{ mm}$ $h := 852 \text{ mm}$

$e > 3d$ ger att $e_1 = 3d$ $e_1 := 72$

$$f_{ud} := \frac{f_{uk}}{1.2 \cdot \gamma_m \cdot \gamma_n} \quad f_{ud} = 391.667 \text{ MPa}$$

$$F_{Rbd} := 1.2 \cdot \left[\left(\frac{e_1}{d} \right) - 0.5 \right] \cdot d \cdot t \cdot f_{ud} \quad F_{Rbd} = 1.692 \times 10^5 \text{ N}$$

$F_{Rvd} > F_{Rbd}$ Hålkantsbrott dimensionerande

4 st skruvar tar upp momentet $M_{sd} := 557 \text{ kNm}$

$$M_{rd} := 4 \cdot F_{Rbd} \cdot h \quad M_{rd} = 5.766 \times 10^8 \text{ Nm} \quad 576 \text{ kNm}$$

$M_{rd} > M_{sd}$ ok!

Teckenförklaring infästning av masten

A_s	=	Skruvens spänningsarea	(mm ²)
d	=	Diameter	(m)
e	=	Avstånd	(m)
F	=	Kraft	(N)
F_{csd}	=	Tryckkraftsresultanten	(N)
F_{tsd}	=	Skruvkraft	(N)
f_{bud}	=	Dimensioneringsvärde för brotthållfasthet	(MPa)
f_{buk}	=	Karakteristisk brotthållfasthet	(MPa)
h	=	Längd	(m)
M	=	Moment	(Nm)
N	=	Normalkraft	(N)
p	=	Gängstigning	(mm)
t	=	Godstjocklek	(m)
γ_n	=	Partialkoefficient för säkerhetsklass	

Index

D	=	Dimensionerande
R_{td}	=	Bärförmåga vid dragning

Infästning av masten

$$M_{sd} := 903 \cdot 10^3 \text{ Nm} \quad N_{sd} := 34.62 \cdot 10^3 \text{ N}$$

$$h := 1.50 \text{ m} \quad t_f := 0.006 \text{ m} \quad e_1 := 0.041 \text{ m} \quad e_2 := 0.994 \text{ m}$$

$$M_{sd} = N_{sd} \left[\frac{(h - t_f)}{2} \right] + 2 \cdot F_{tsd} \left[\left(\frac{e_2}{2} \right) + \left[\frac{(h - t_f)}{2} \right] \right]$$

$$F_{tsd} := \frac{M_{sd} - 1 \cdot \left[N_{sd} \left[\frac{(h - t_f)}{2} \right] \right]}{3 \cdot \left[\left(\frac{e_2}{2} \right) + \left[\frac{(h - t_f)}{2} \right] \right]} \quad F_{tsd} = 2.35 \times 10^5 \text{ N} \quad \text{Kraft / skruv}$$

$$F_{csd} := N_{sd} + 3 \cdot F_{tsd} \quad F_{csd} = 7.397 \times 10^5 \text{ N} \quad \text{Tryckkraft för pelarfoten}$$

Skruvdimensionering

$$\text{Villkor } F_{Rtd} > F_{tsd}$$

$$f_{buk} := 800 \text{ MPa} \quad \gamma_n := 1.0 \quad p := 1.75$$

$$f_{bud} := \frac{f_{buk}}{1.2 \cdot \gamma_n} \quad f_{bud} = 666.667 \text{ MPa}$$

$$F_{Rtd} := 0.6 \cdot A_s \cdot f_{bud} \quad A_s := \left(\frac{\pi}{4} \right) \cdot (d - 0.94 \cdot p)^2$$

$$d := \left[\sqrt{\left(\frac{4 \cdot F_{tsd}}{\pi \cdot 0.6 \cdot f_{bud}} \right)} + 0.94 \cdot p \right] \quad d = 28.997 \text{ mm}$$

Skruvdimension M30 väljs.

Svetsförband

Dimensionering av erforderligt a-mått för kalsvets.

$$M_d := 903 \cdot 10^3 \text{ Nm} \quad N_d := 39.53 \cdot 10^3 \text{ N} \quad \gamma_n := 1.0 \quad \gamma_m := 1.0$$

$$\text{Stål S355} \quad f_{yk} := 350 \text{ MPa} \quad f_{uk} := 470 \text{ MPa}$$

$$\text{Svets} \quad f_{euk} := 430 \text{ MPa} \quad \zeta := 0.9$$

$$f_{wuk} := \frac{f_{uk} + f_{euk}}{2} \quad f_{wuk} = 450 \text{ MPa}$$

$$f_{wd} := \frac{\zeta \cdot f_{wuk}}{1.2 \cdot \gamma_n} \quad f_{wd} = 337.5 \text{ MPa}$$

$$\text{Villkor} \quad \frac{M_d}{W_1} < \frac{f_{wd}}{\sqrt{2 + \cos(2 \cdot \alpha)}}$$

Antag ett a-mått på 3mm.

$$\alpha := 45 \quad a := 0.003 \text{ m} \quad d_2 := 1.515 \text{ m} \quad d_1 := 1.515 + 2a \text{ m}$$

$$W_1 := \left(\frac{\pi}{32} \right) \cdot \left(\frac{d_1^4 - d_2^4}{d_1} \right)$$

$$\sigma_{\max} := \frac{M_d}{W_1} \quad \sigma_{\max} = 1.666 \times 10^8 \text{ Pa}$$

$$f_{R\alpha d} := \frac{f_{wd}}{\sqrt{2 + \cos\left[2 \cdot \left(\frac{\pi \cdot \alpha}{180}\right)\right]}} \quad f_{R\alpha d} = 238.649 \text{ MPa}$$

Villkoret uppfyllt med ett a-mått på 3mm.

Appendix 2

Datautskrift av egenfrekvensberäkning.

Box 8873 402 72 Göteborg

INDATA

ELEMENTPLACERING OCH ELEMENTTYPER

Elm nr.	Ände A			Ände B			Typ Profil			Böj- axel	Massin- tens.kg/m
	X	m	Y	X	m	Y	nr	Namn	Nummer		
1	0.000		20.000	0.000		16.330	1	CHS	1	1	229.75
2	0.000		16.330	0.000		10.880	2	CHS	2	1	175.04
3	0.000		10.880	0.000		0.000	3	CHS	3	1	131.16

STÖDKNUTAR OCH LEDER

KNUTTYPER: FL=Fast ledstöd RL=rulledstöd MA=koncentr.massa FJ=fjäder
LE=led FI=fast inspänning RI=rullinspänning

Elm. nr	Position Ändeavst.	Knut- typ	Massa kg Kraftfj.kN/mm	Momentfj kNm/gr	Rörelserikt- ning grader	Knut nr.
1	A	FI	0.000E+00	0.000E+00	0.000	1
3	B	MA	30.000E+01	0.000E+00	0.000	4

ÖVRIG INDATA

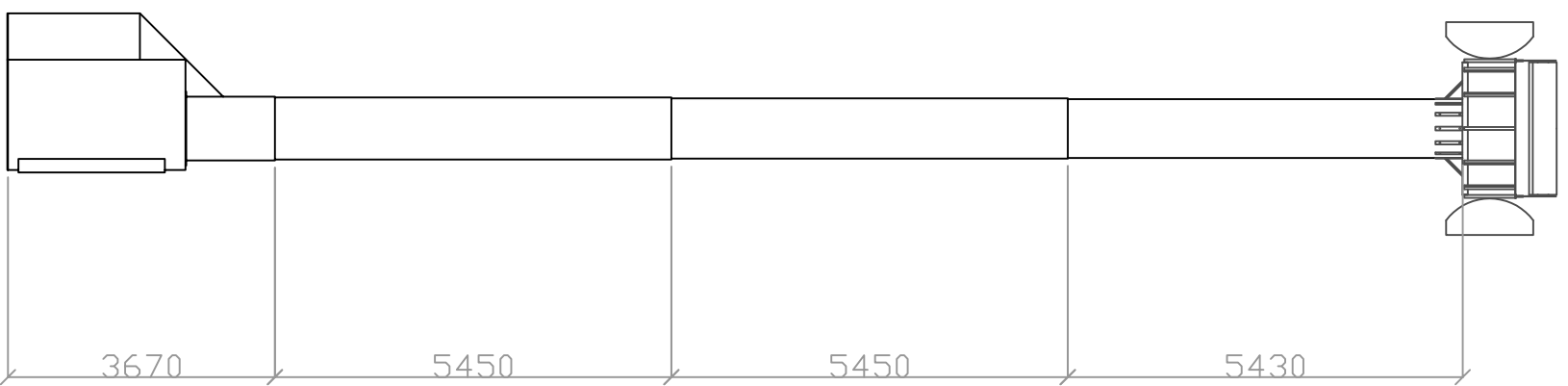
Laster vars kod slutar på D belastar ramen med frekvenen 0.00 Hz

RESULTAT

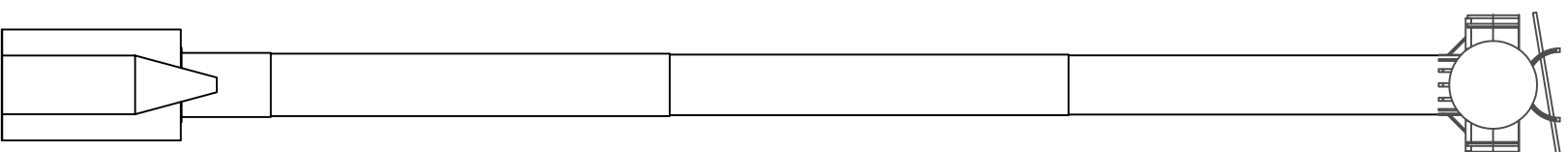
Lägsta egenfrekvens är 2.07 Hz
 Max stat. knutförskjutn. knut 4 0.3871 mm i riktning 90.00 grader
 Max statisk knutrotation kn. 4 -0.0000 grader
 Ramen totala massa 3525.51 kg
 Därav medsvängande massa: utbredd 1000.00 kg resp. koncentr 300.00 kg

Knut	STATISKA STÖDKRAFTER			Mz kNm	DYNAMISKA STÖDKRAFTSAMPLITUDER		
	Rx kN	Ry kN			Rx kN	Ry kN	Mz kNm
1	0.000	-104.000		0.0000	0.000	0.000	0.000

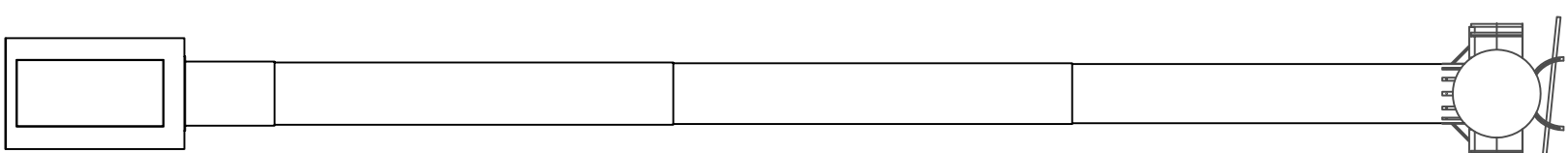
Appendix 3



SIDOVY



BAKSIDA



FRAMSIDA

MONOPOLE
Examensarbete för
Chalmers tekniska
högskola

DATUM
2005-05-13

ANSVARIG

Vyer

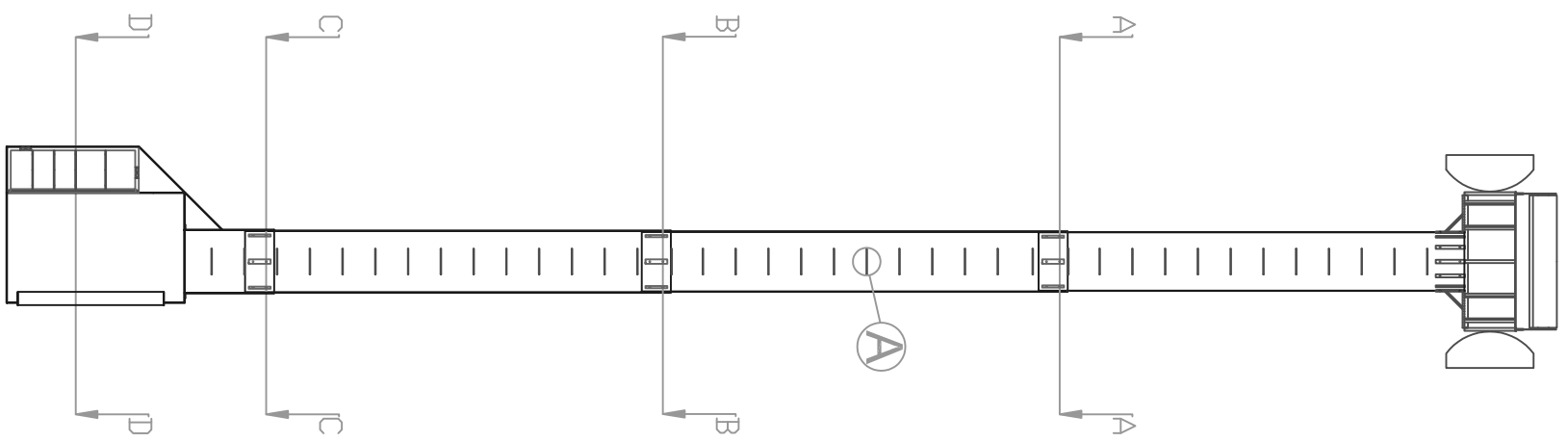
HUVUDSKALA
1:100

UPPDRAG

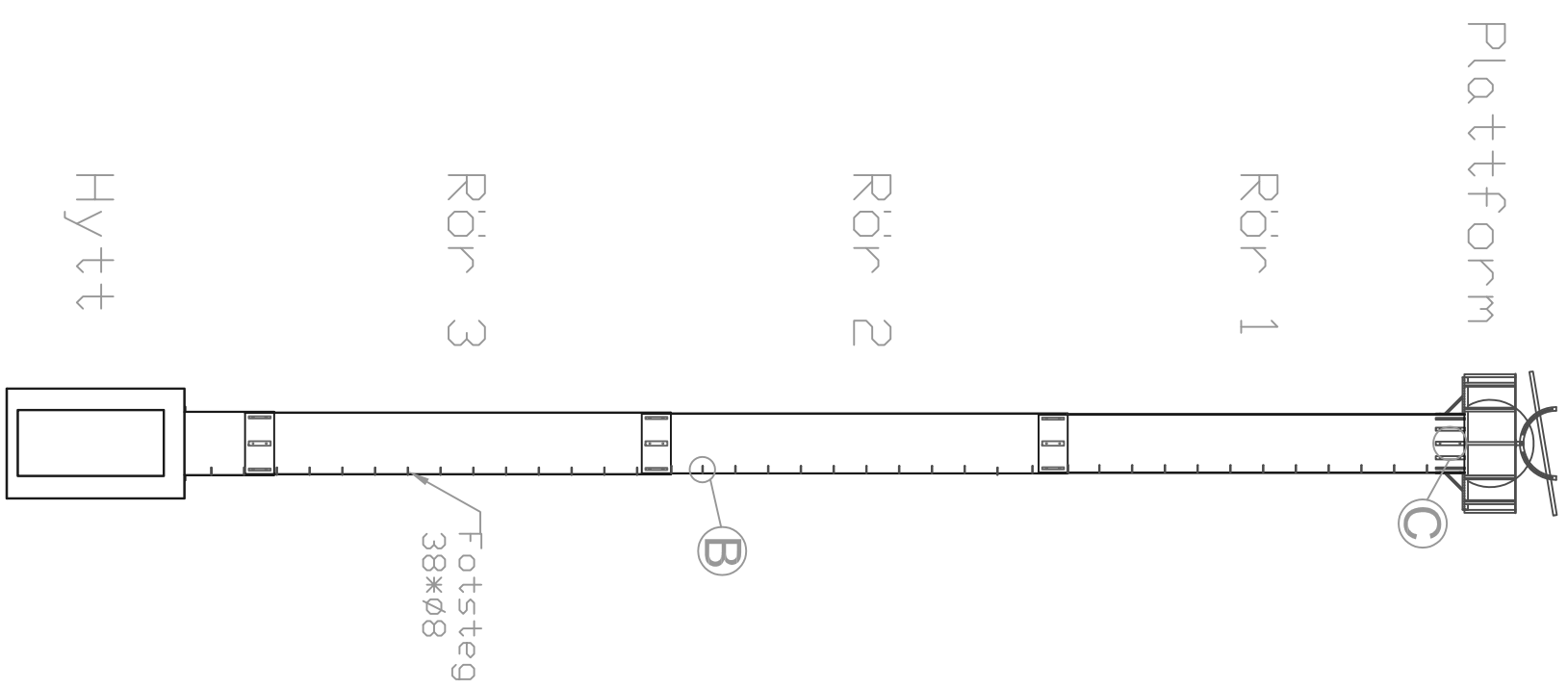
RITAD/KONSTR AV
P.S / A.L

HANDLÄGGARE

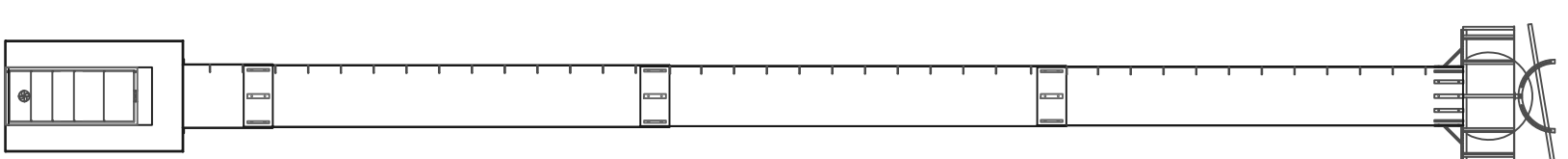
RITNINGSNUMMER
K001



SNITT A



SNITT B



SNITT C

Plattform

Rör 1

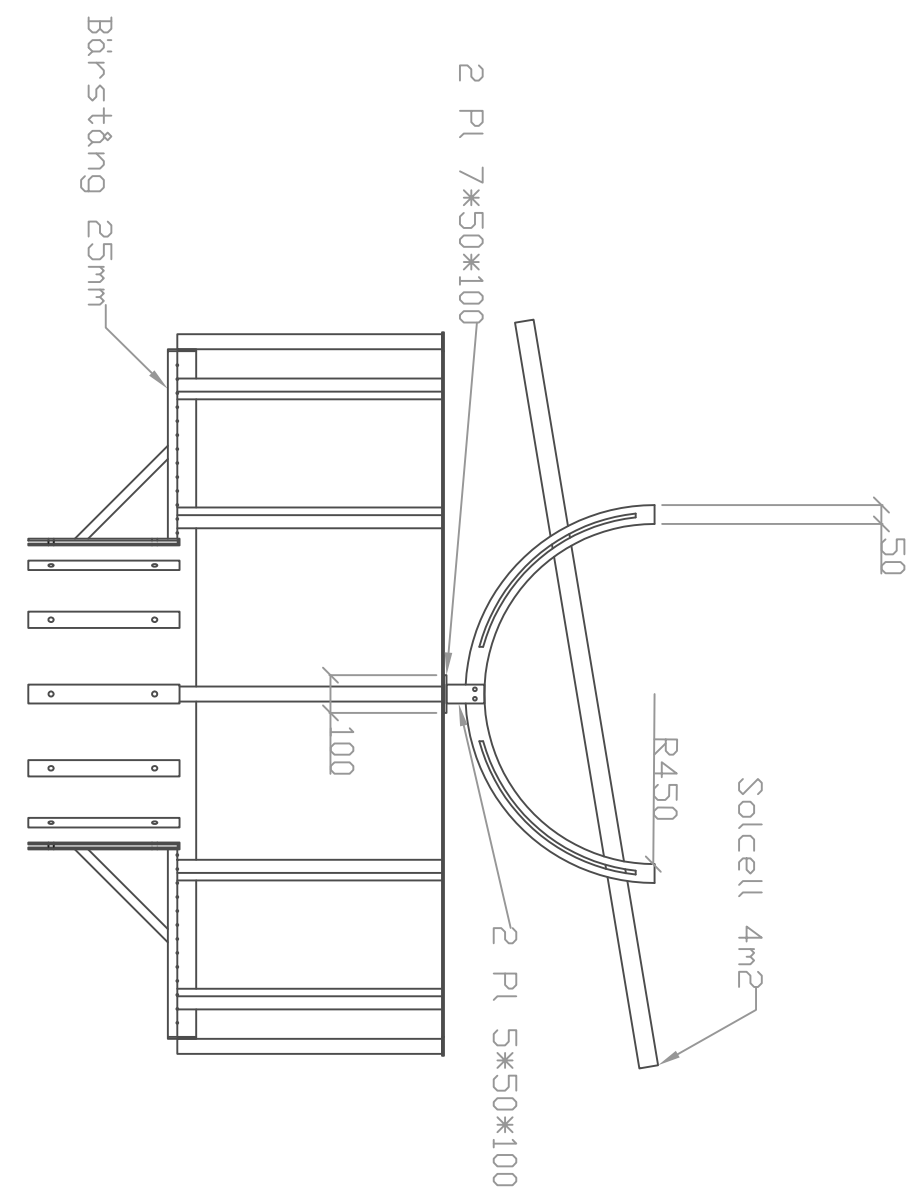
Rör 2

Rör 3

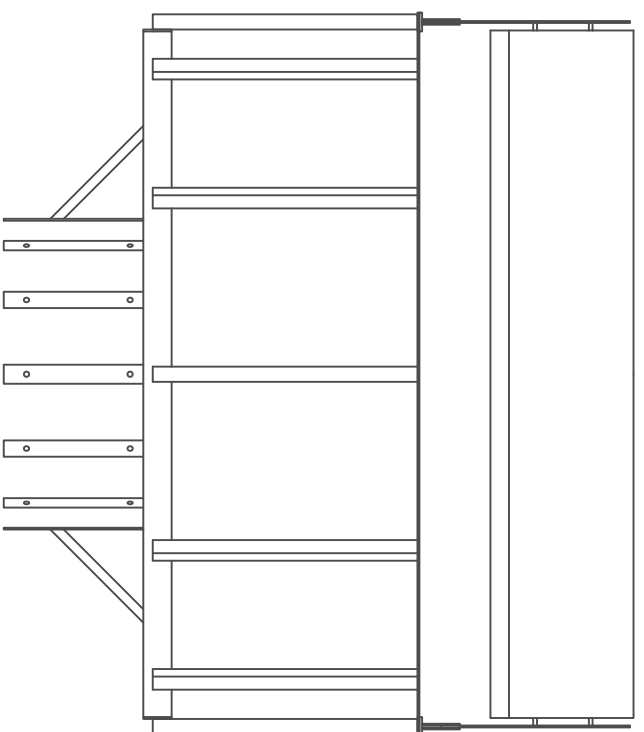
Hytt

Fotssteg
38*Ø8

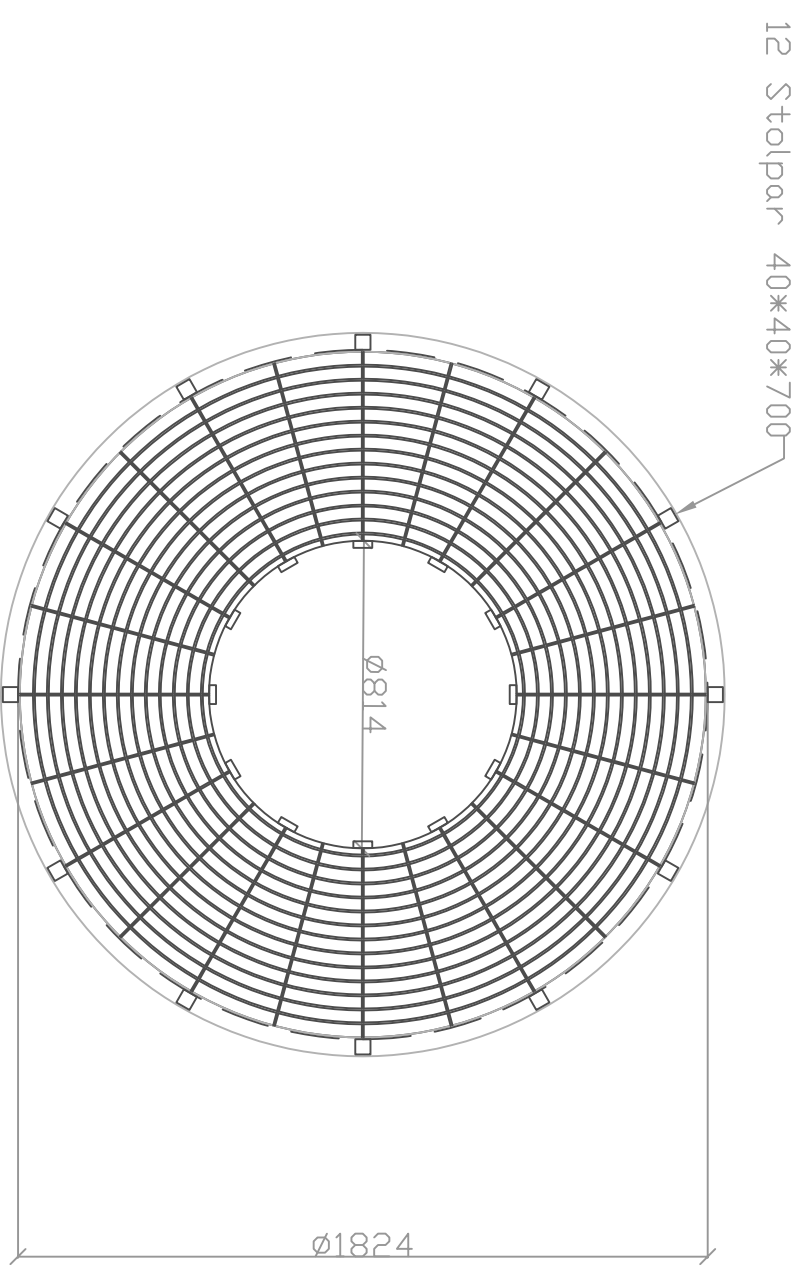
MONOPOLE		DATE	2005-05-13
Examensarbete för Chalmers tekniska högskola		ANSVARIG	
Rörsnitt		HUVUDSKALA	1:100
		RITAD/KONSTR AV	RITNINGSNUMMER
UPPDRAG	P.S./A.L.	HANDLÄGGARE	K002



SNITT



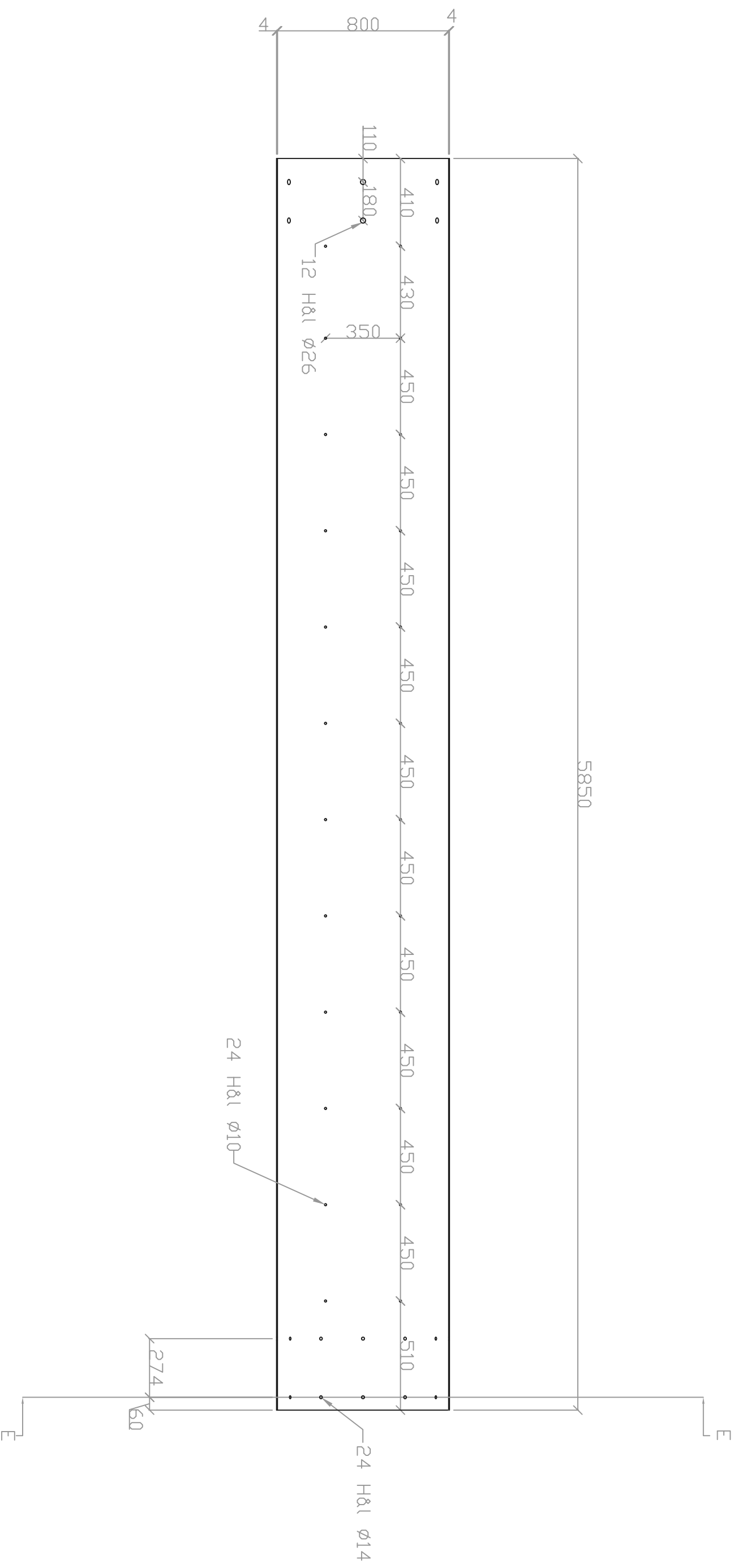
SIDOVY



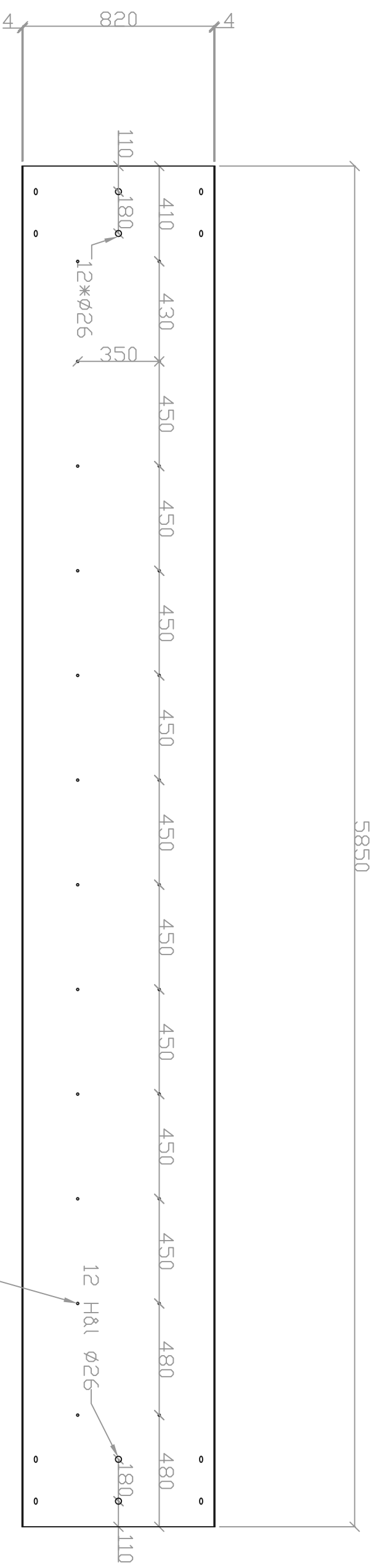
TOPPVY

NOT
DURKGALLER BESTÄLLS
ENLIGT MÅTT FRÅN
TILLVERKARE

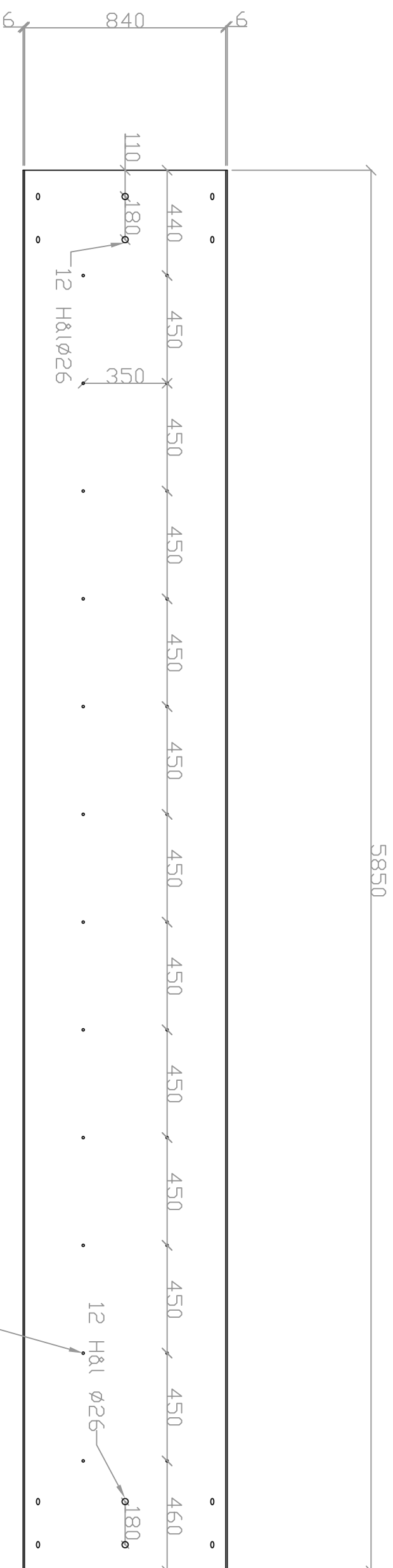
MONOPOLE Examensarbete för Chalmers tekniska högskola		Plattform		DATUM 2005-05-13
ÖPPDRAG	RITAD/KONSTR AV P.S./A.L.	HANDLÄGGARE	HUVUDSKALA 1:20	RITNINGSNUMMER K003
				ANSVARIG



MONDPOLE		DATUM	
Examensarbete för Chalmers tekniska högskola		2005-05-13	
ANSVARIG		ANSVARIG	
Rör 1		HUVUDSKALA	
UPPDRAG	RTAD/KONSTR AV	HANDLÄGGARE	RITNINGSNUMMER
	P.S / AL		K004
		1:20	

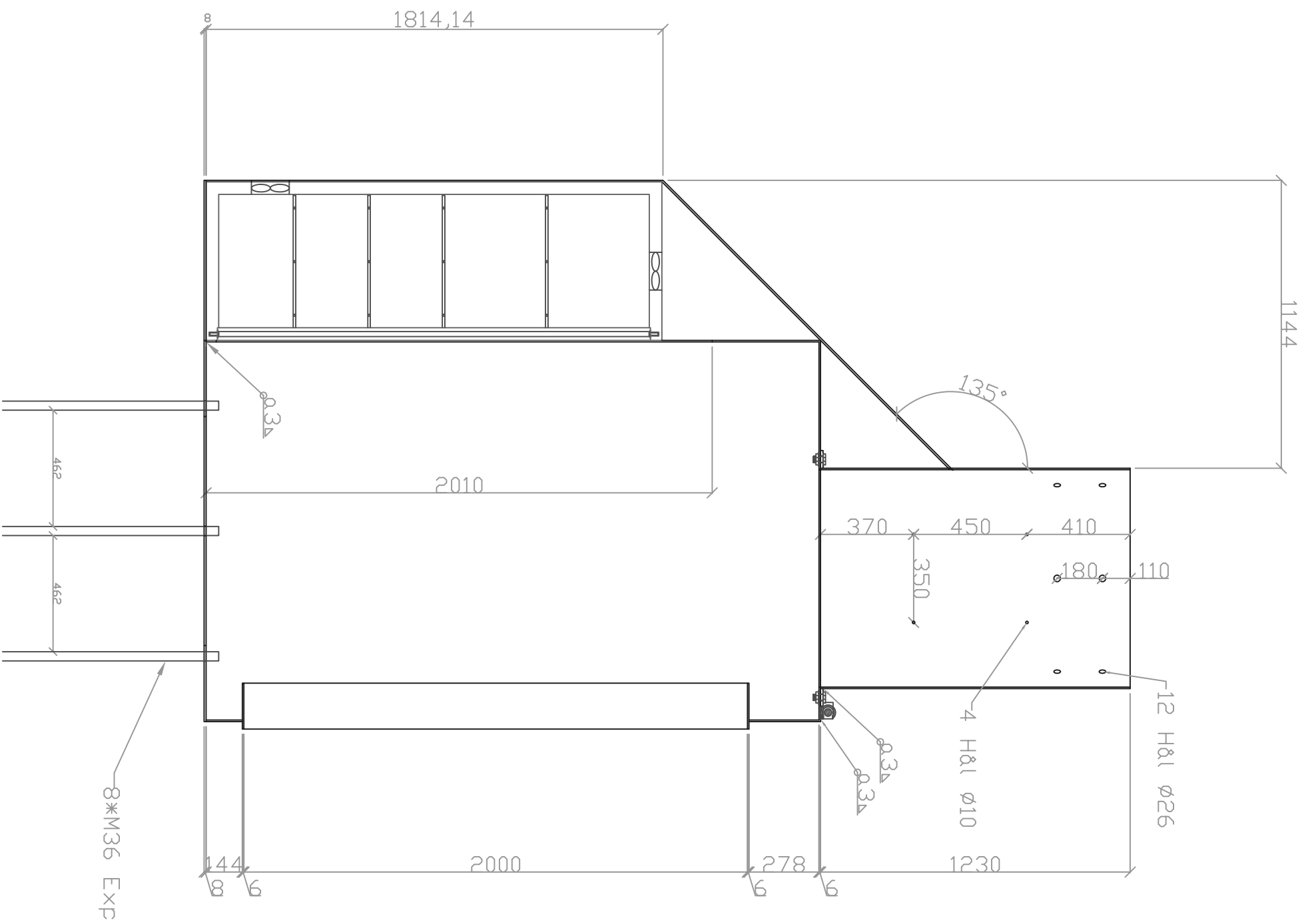


RÖR 2



RÖR 3

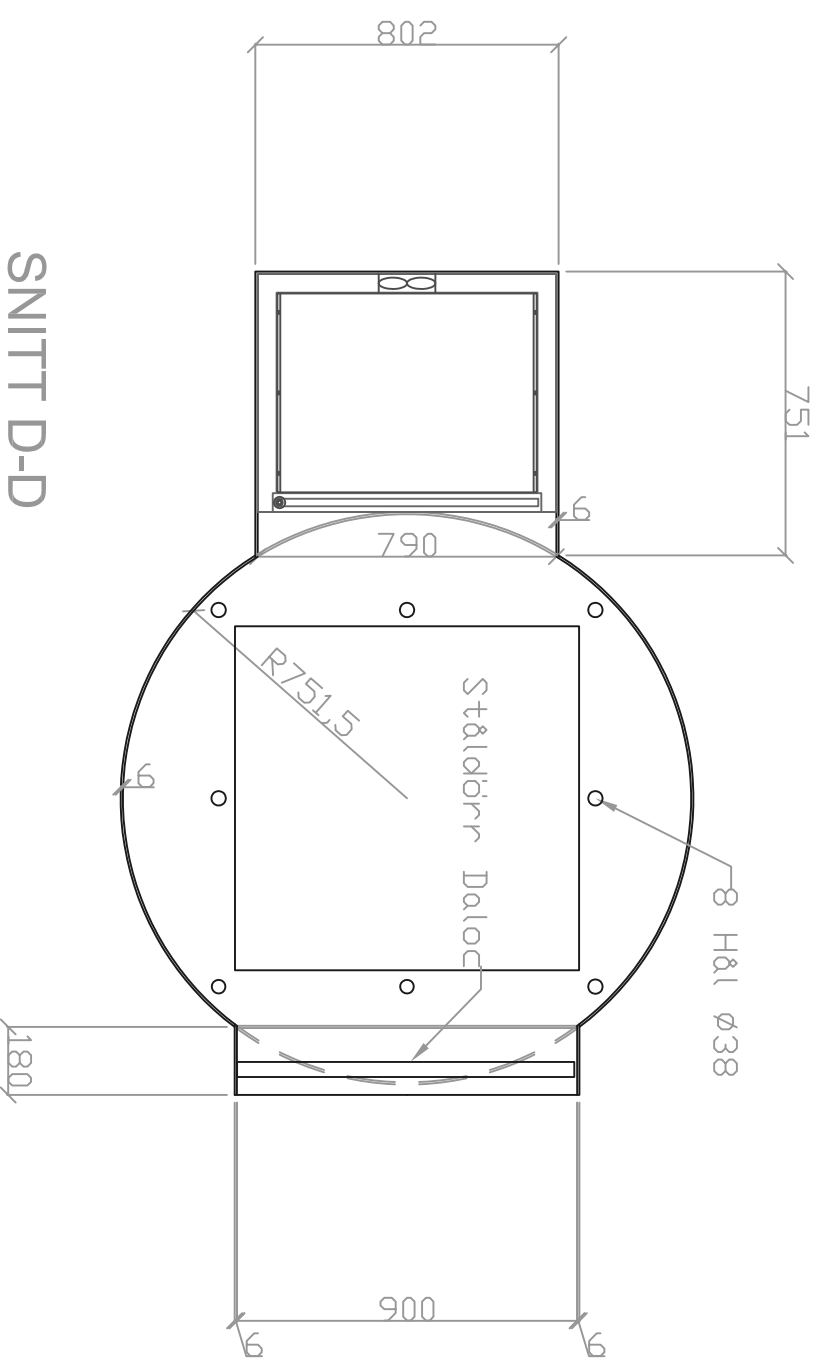
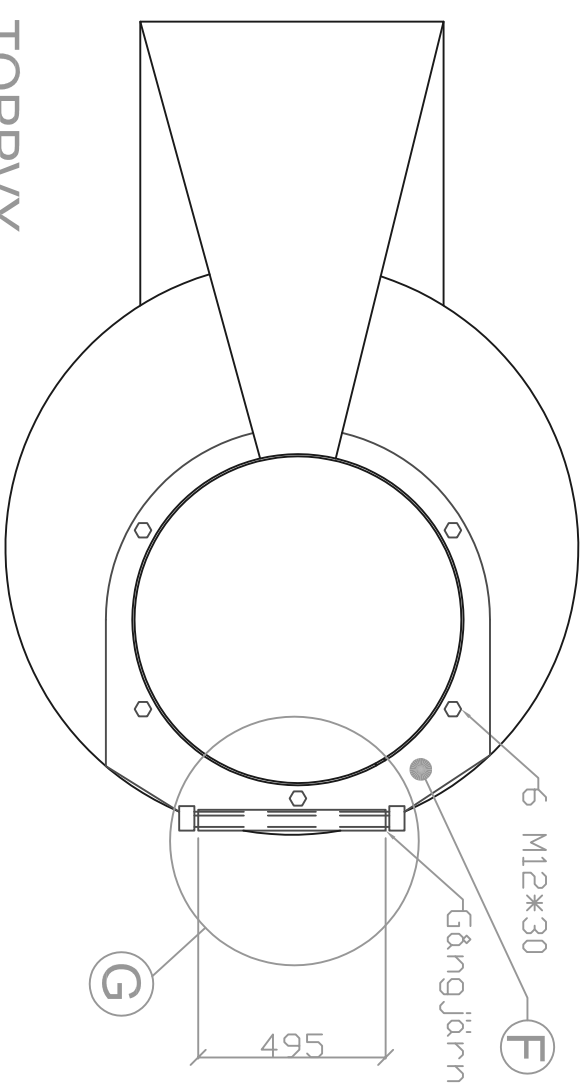
MONOPOLE Examensarbete för Chalmers tekniska högskola		DATUM 2005-05-13
Rör 2 och 3		ANSVARIG
ÖPPDRAG	RITAD/KONSTR AV P.S./A.L.	HUVUDSKALA 1:20
		RITNINGSNUMMER K005
		HANDLÄGGARE



SNITT

8*M36 Exp

TOPPVY



SNITT D-D

MONOPOLE
Examensarbete för
Chalmers tekniska
högskola

Hytt

DATEM
2005-05-13

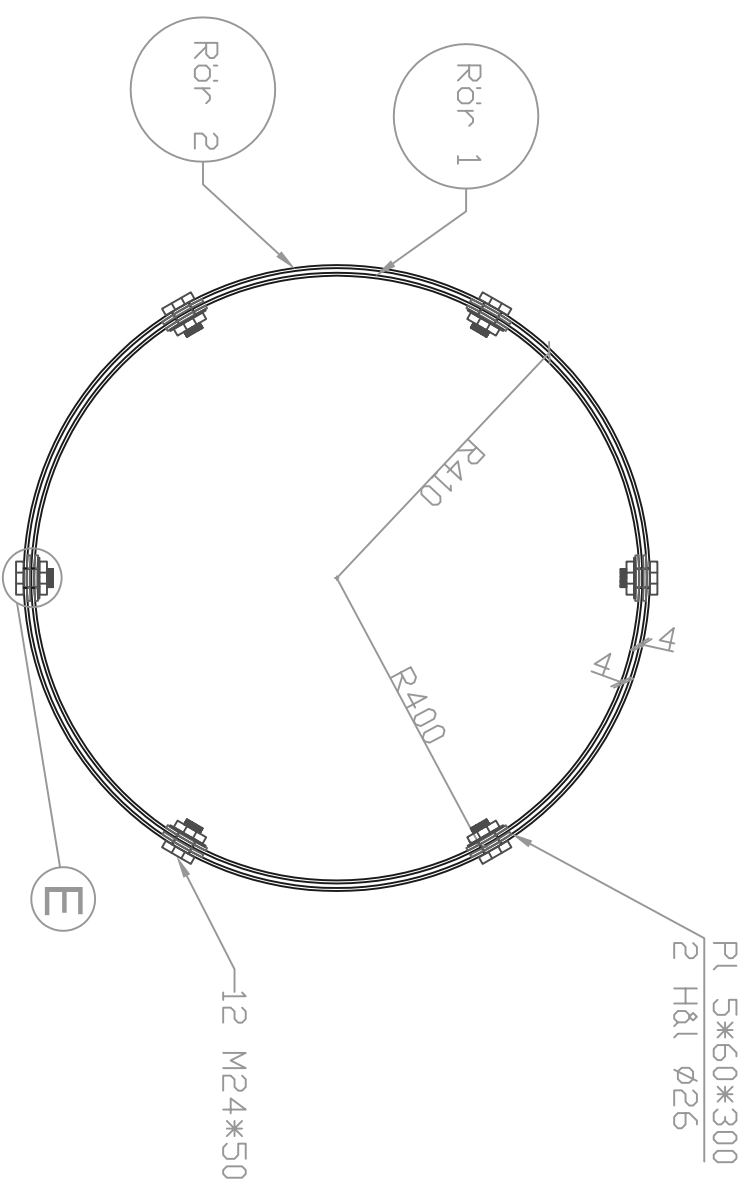
ANSVARIG

HUVUDSKALA
1:20

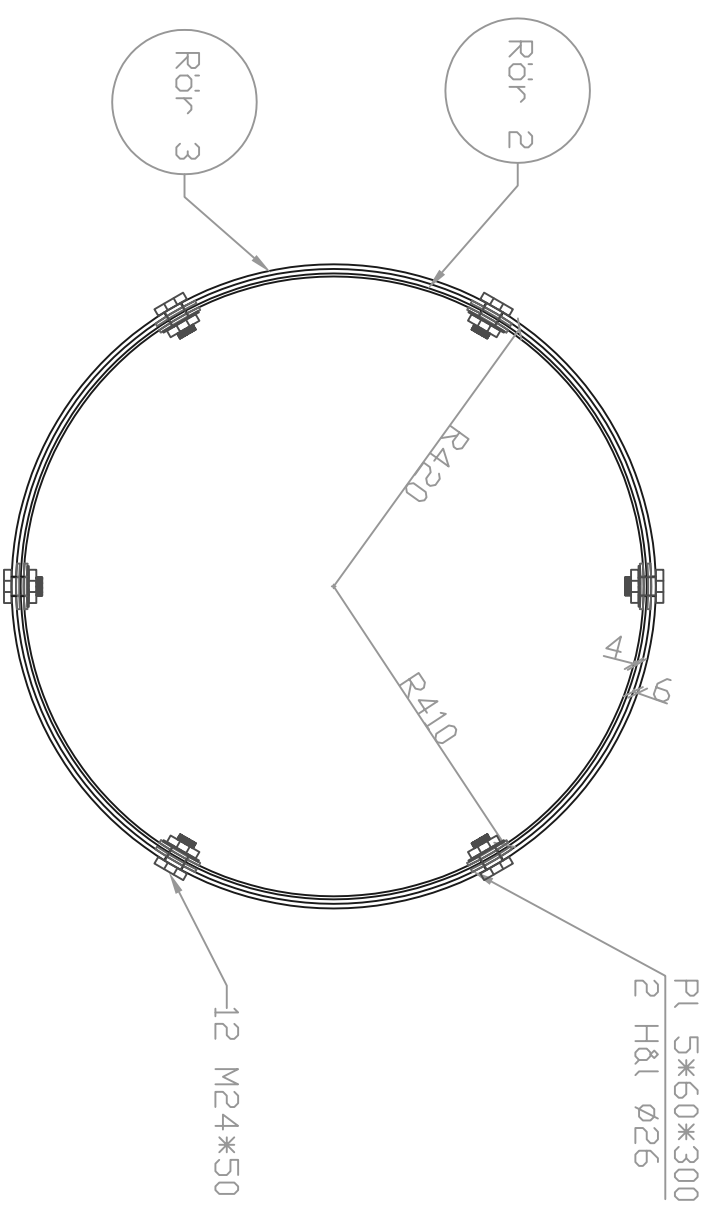
UPPDRAG
RTAD/KONSTR AV
P.S./A.L.

HANDLAGGARE

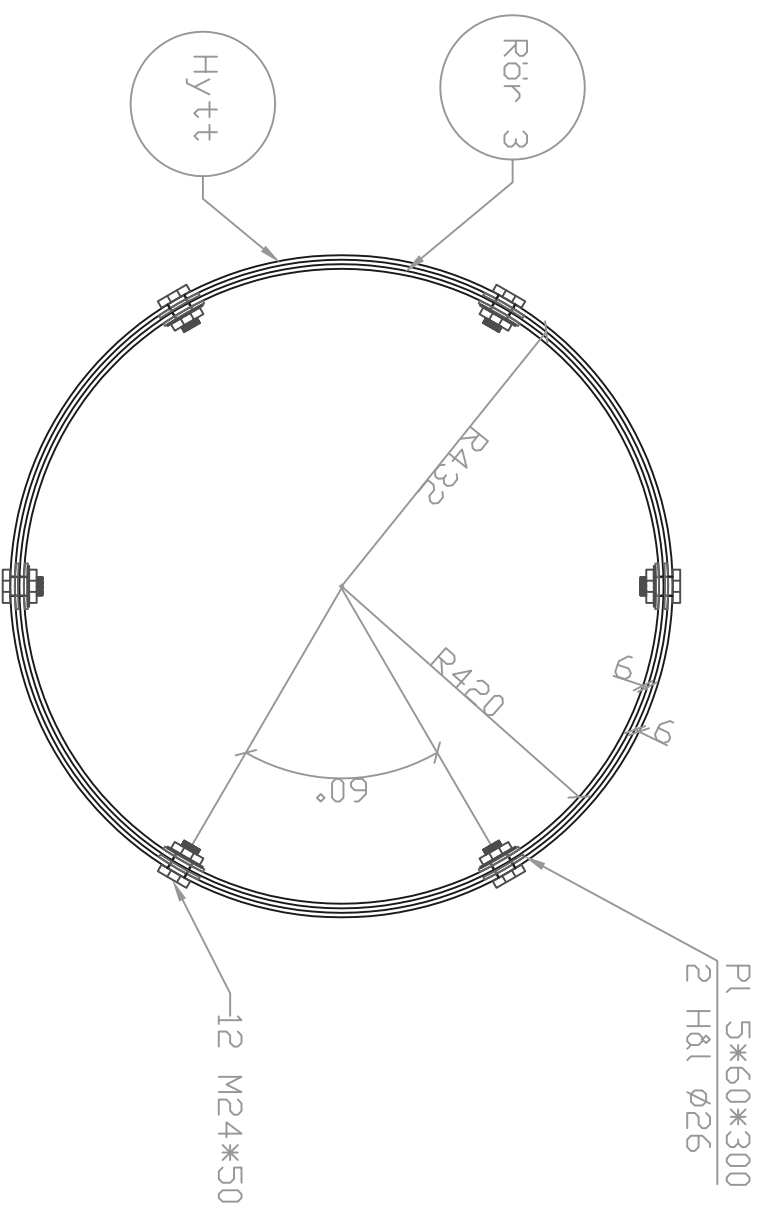
RTNINGSNUMMER
K006



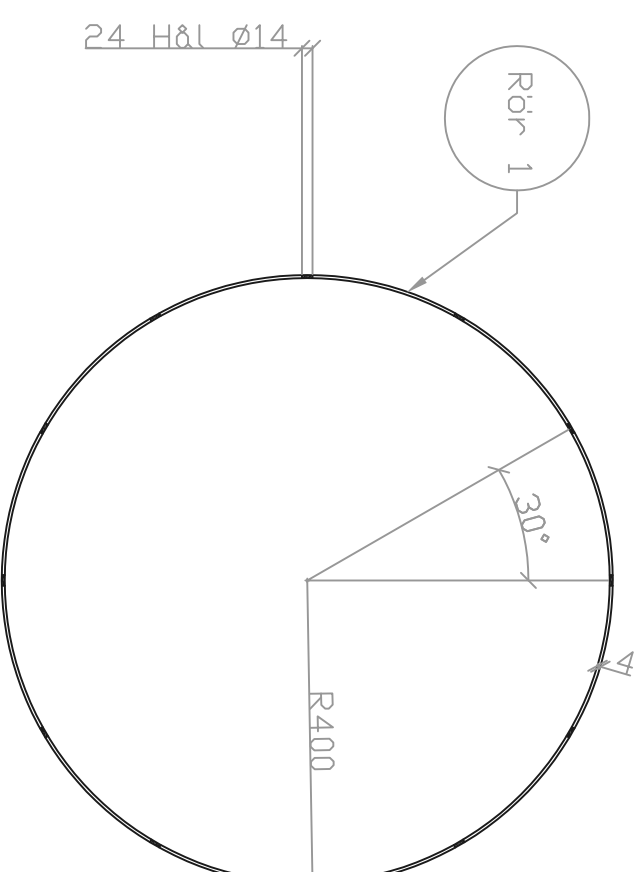
SNITT A-A



SNITT B-B



SNITT C-C



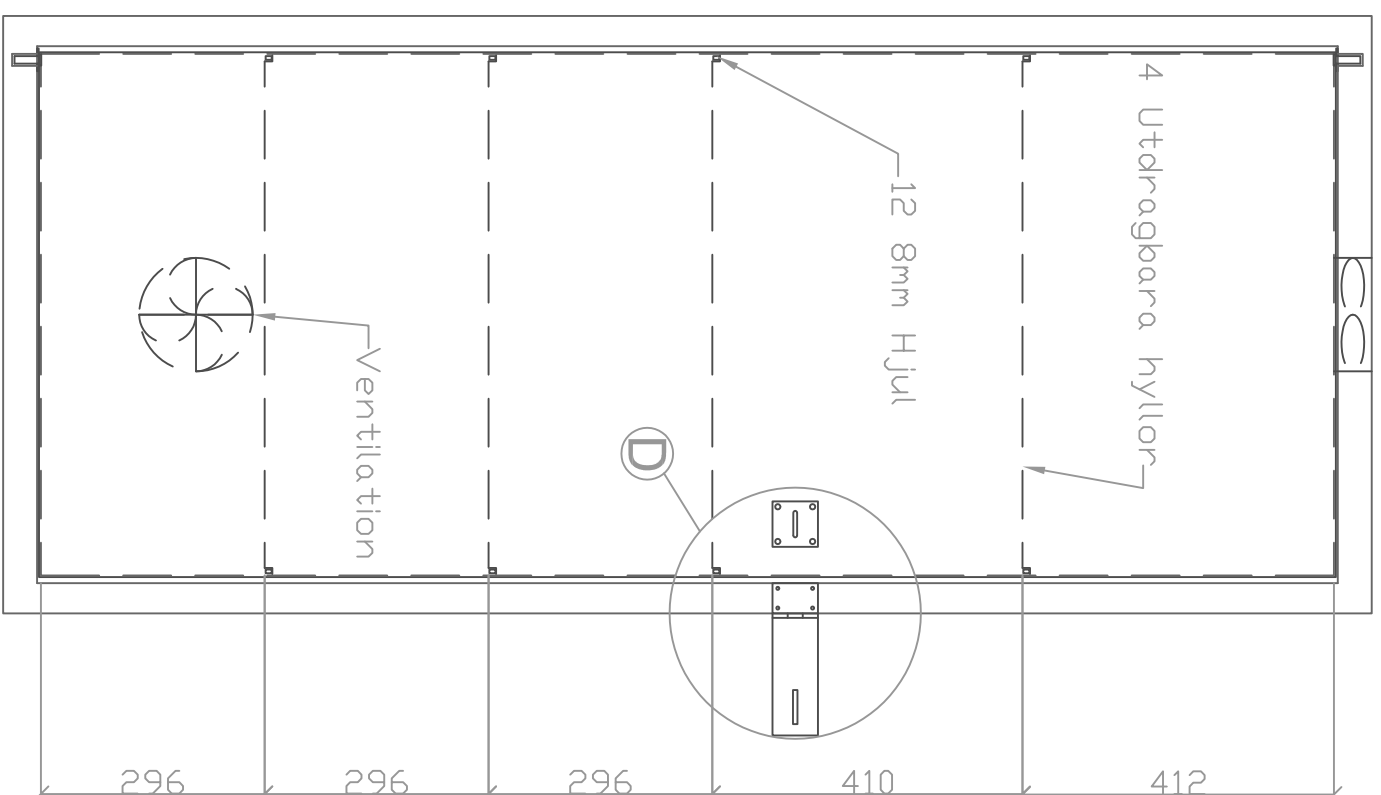
SNITT E-E

NOT

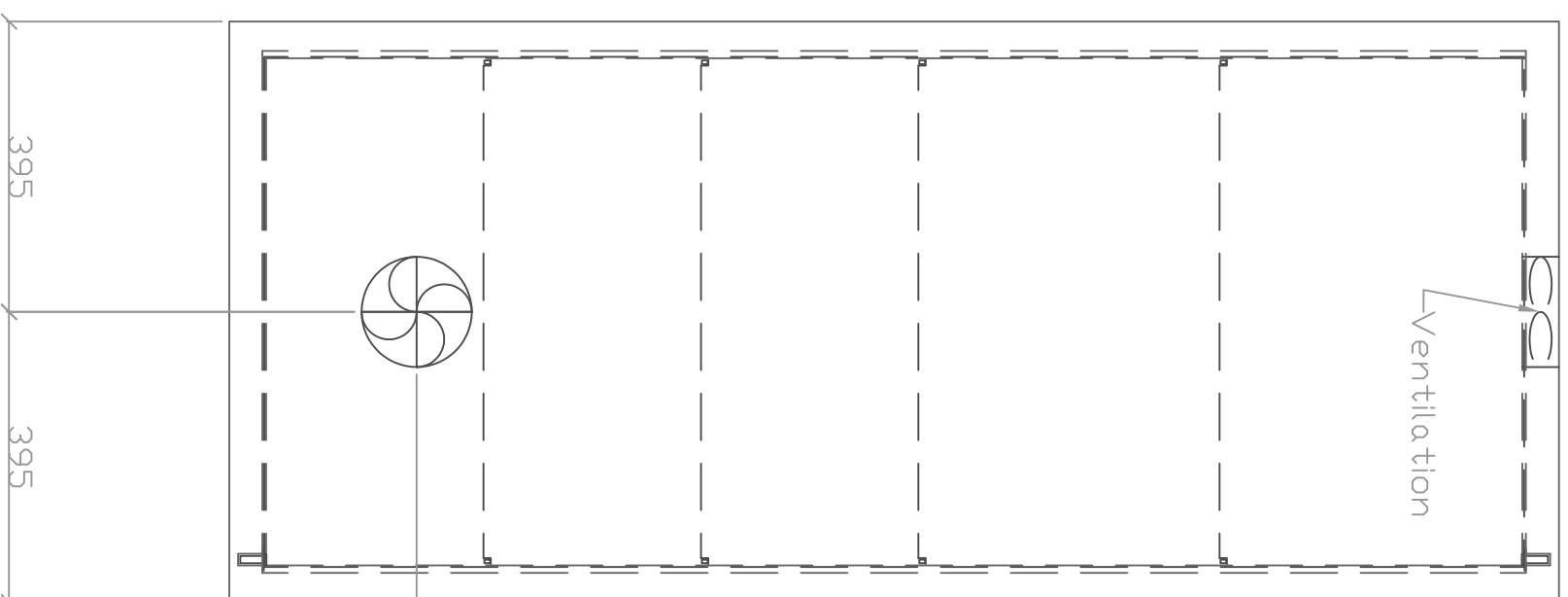
RÖR: S355

MONOPOLE		ANSVARIG	DATE
Examensarbete för			2005-05-13
Chalmers tekniska			
högskola			
Rörskarvar		HUVUDSKALA	
UPPDRAG	RITAD/KONSTR AV	HANDLÄGGARE	RTVINGSNUMMER
	P.S./A.L.		K007
			1:10

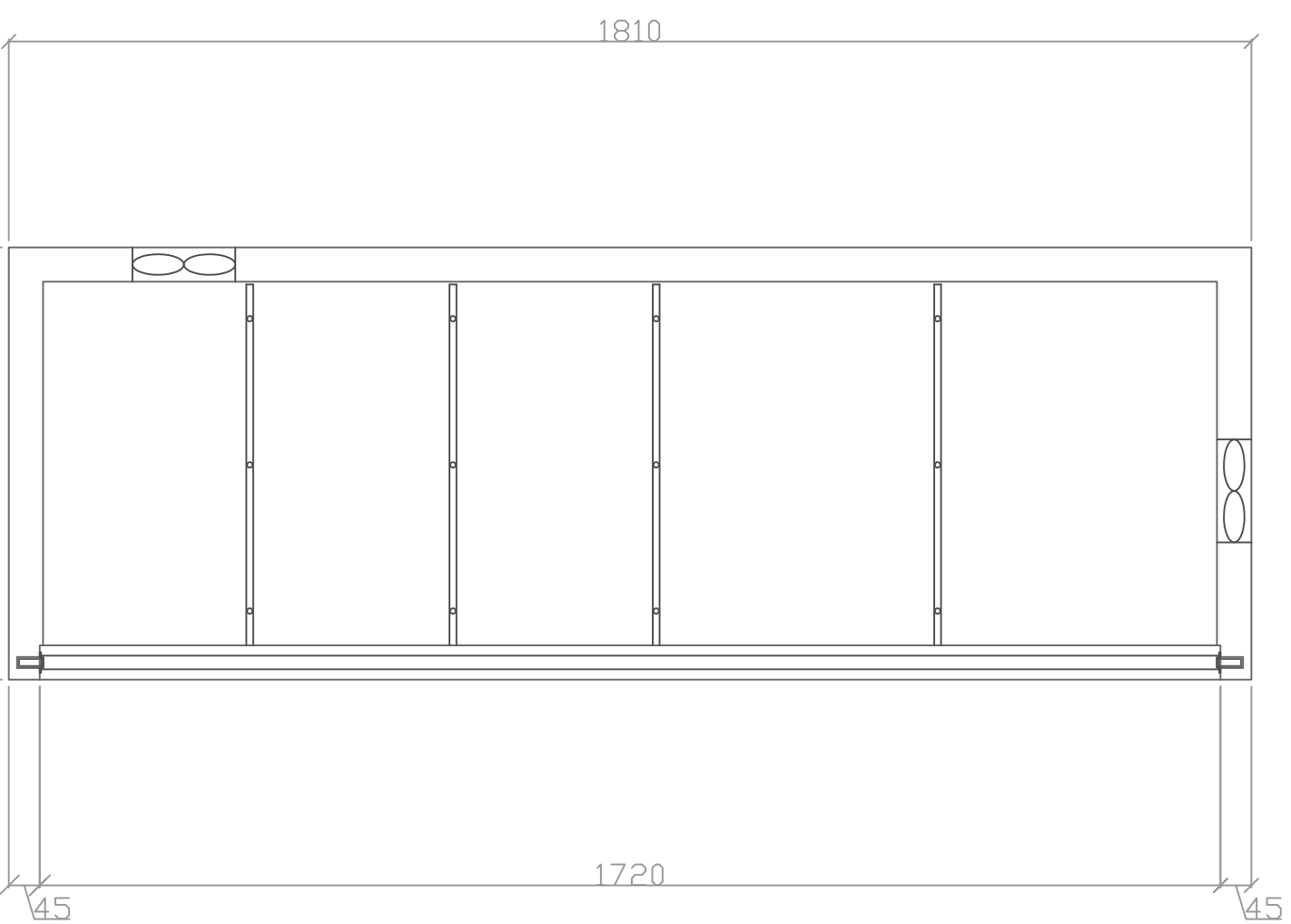
FRAMSIDA



BAKSIDA



SIDA



MONOPOLE
Examensarbete för
Chalmers tekniska
högskola

ANSVARIG
2005-05-13

Instrumentskåp blad 1

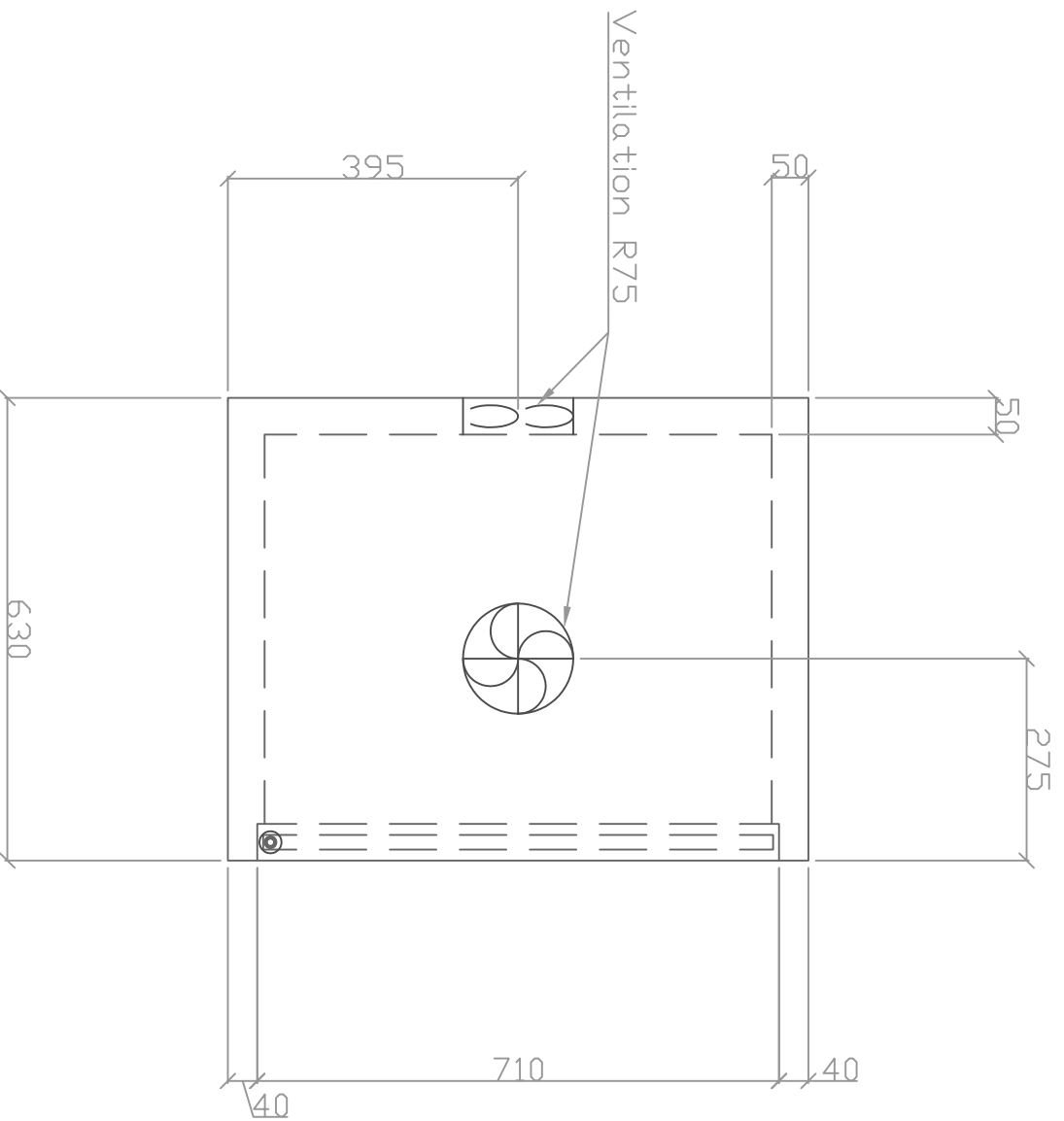
HUVUDSKALA
1:10

UPPDRAG

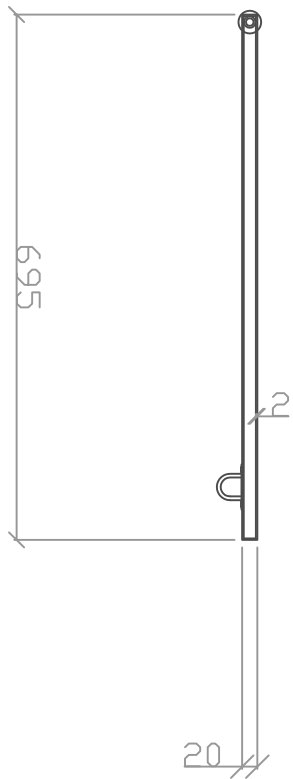
RITAD/KONSTR
AV
P.S./A.L

HANDLÄGGARE

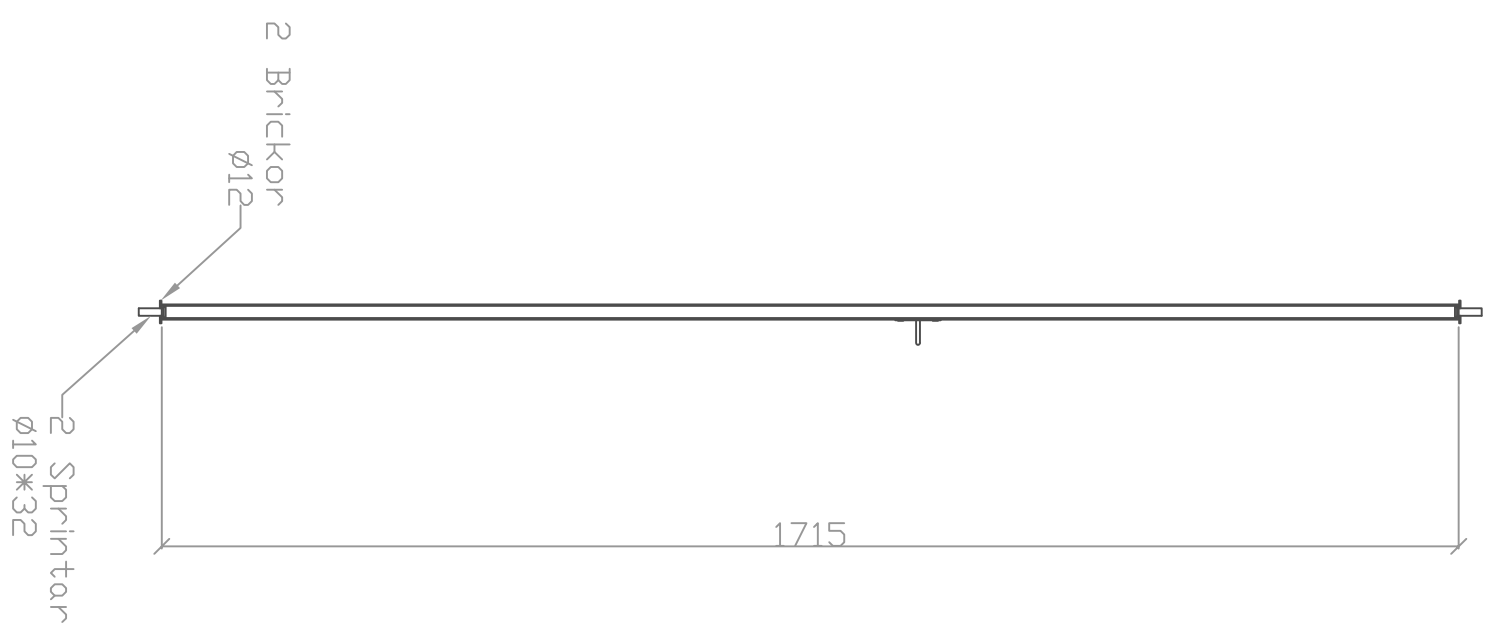
RITNINGNUMMER
K008



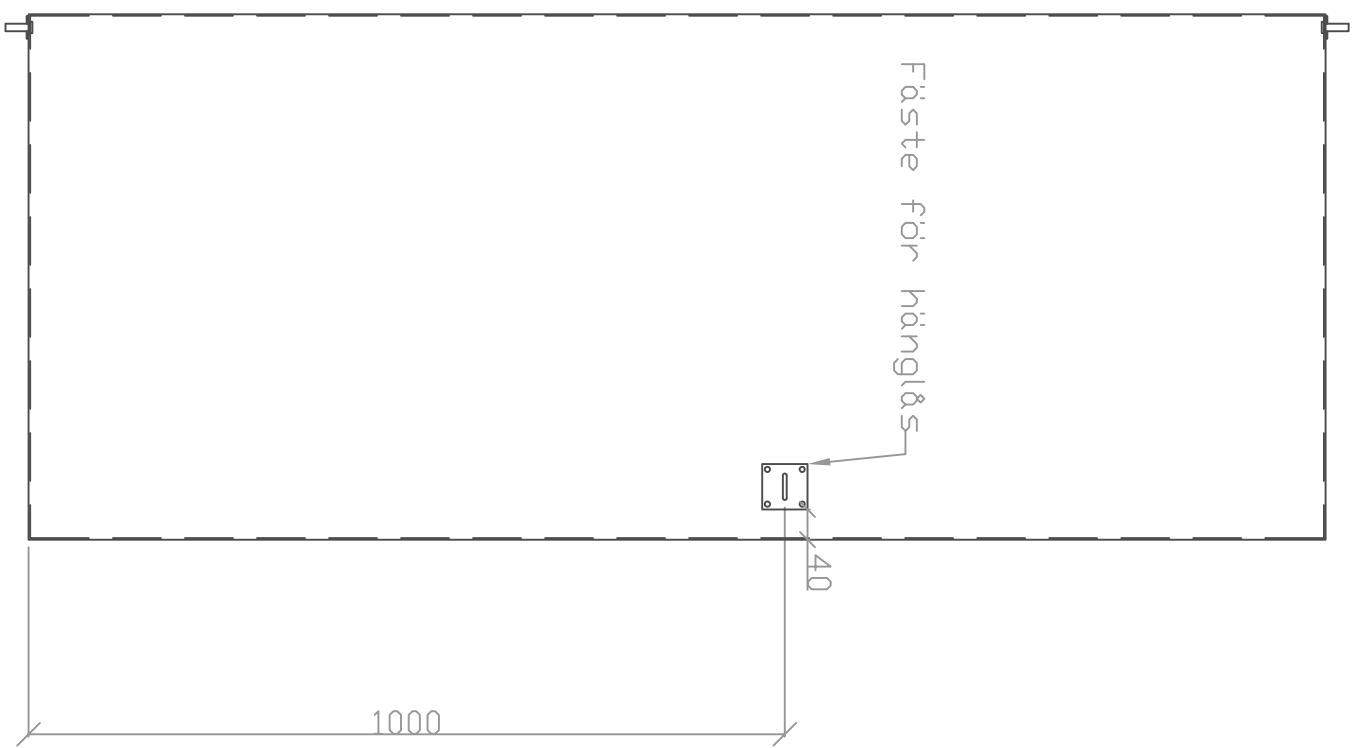
**INSTRUMENTSKÅP
TOPPVY**



DÖRR

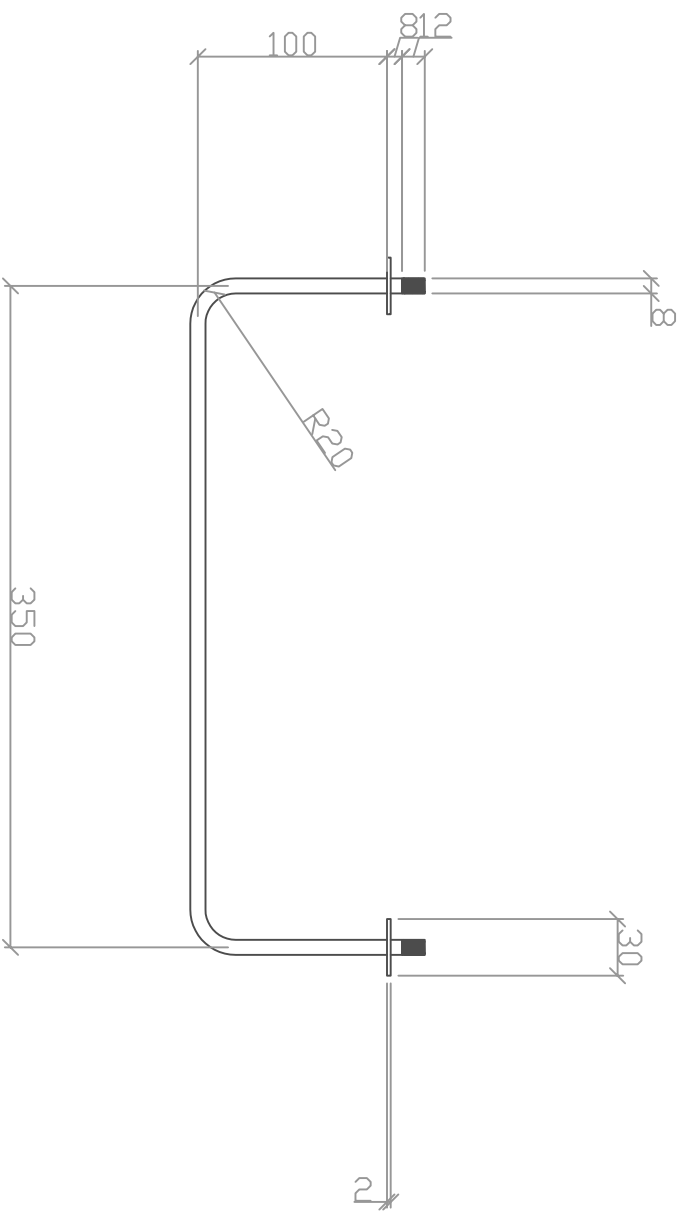


DÖRR

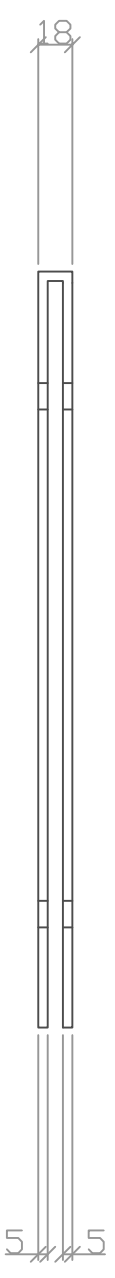


DÖRR

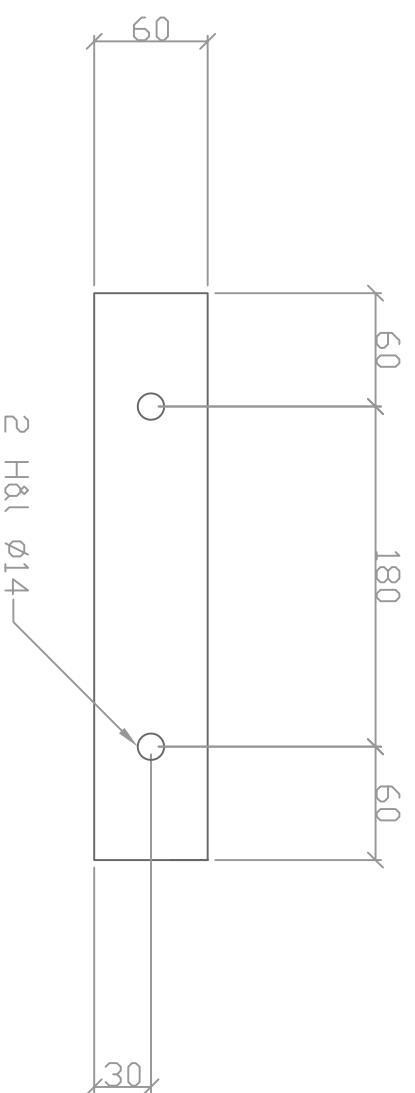
MONOPOLE		DATA
Examensarbete för Chalmers tekniska högskola		2005-05-13
Instrumentskåp blad 2		ANSVARIG
UPPDRAG	RITAD/KONSTR AV	HUVUDSKALA
	P.S./A.L.	1:10
	HANDLÄGGARE	RITNINGSNUMMER
		K009



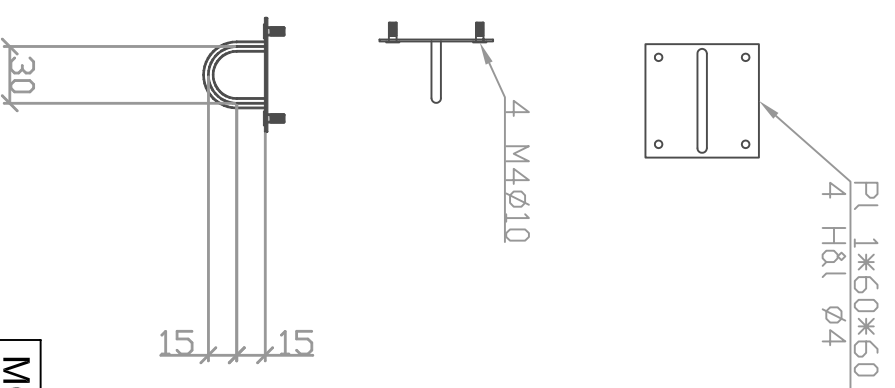
DETALJ A
FOTSTEG



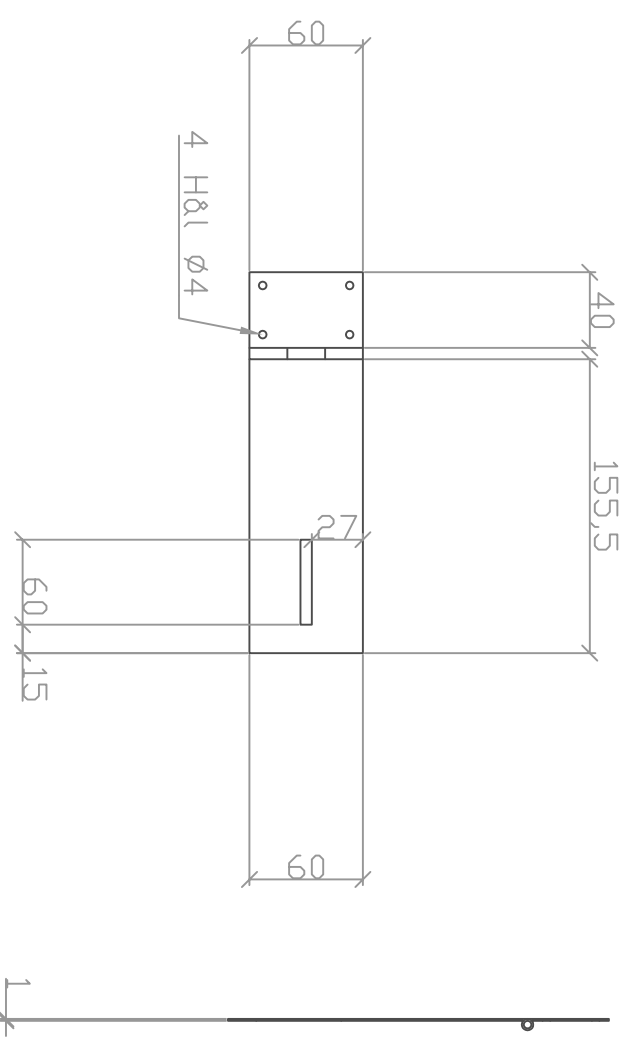
DETALJ C
UPPHÅNGNINGSPLÅTAR



DETALJ B
BRICKKOR



DETALJ D
FÄSTE TILL HÄNGLÅS:
INSTRUMENTSKÅP



MONOPOLE
Examensarbete för
Chalmers tekniska
högskola

Detaljer

DATUM
2005-05-13

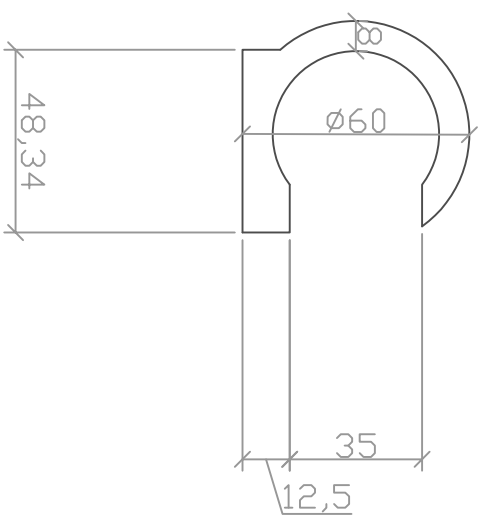
ANSVARIG

HUVUDSKALA
1:4

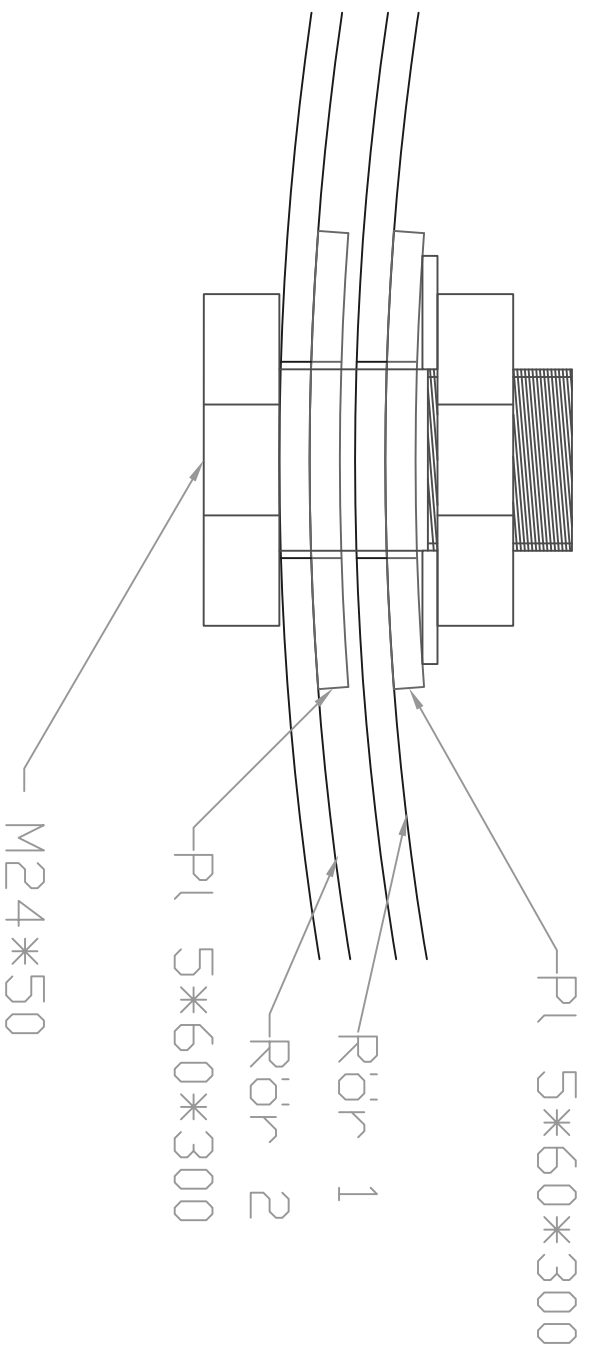
OPPRÄG
RITAD/KONSTR AV
P.S./A.L.

HANDLÄGGARE

RITNINGSNUMMER
K010

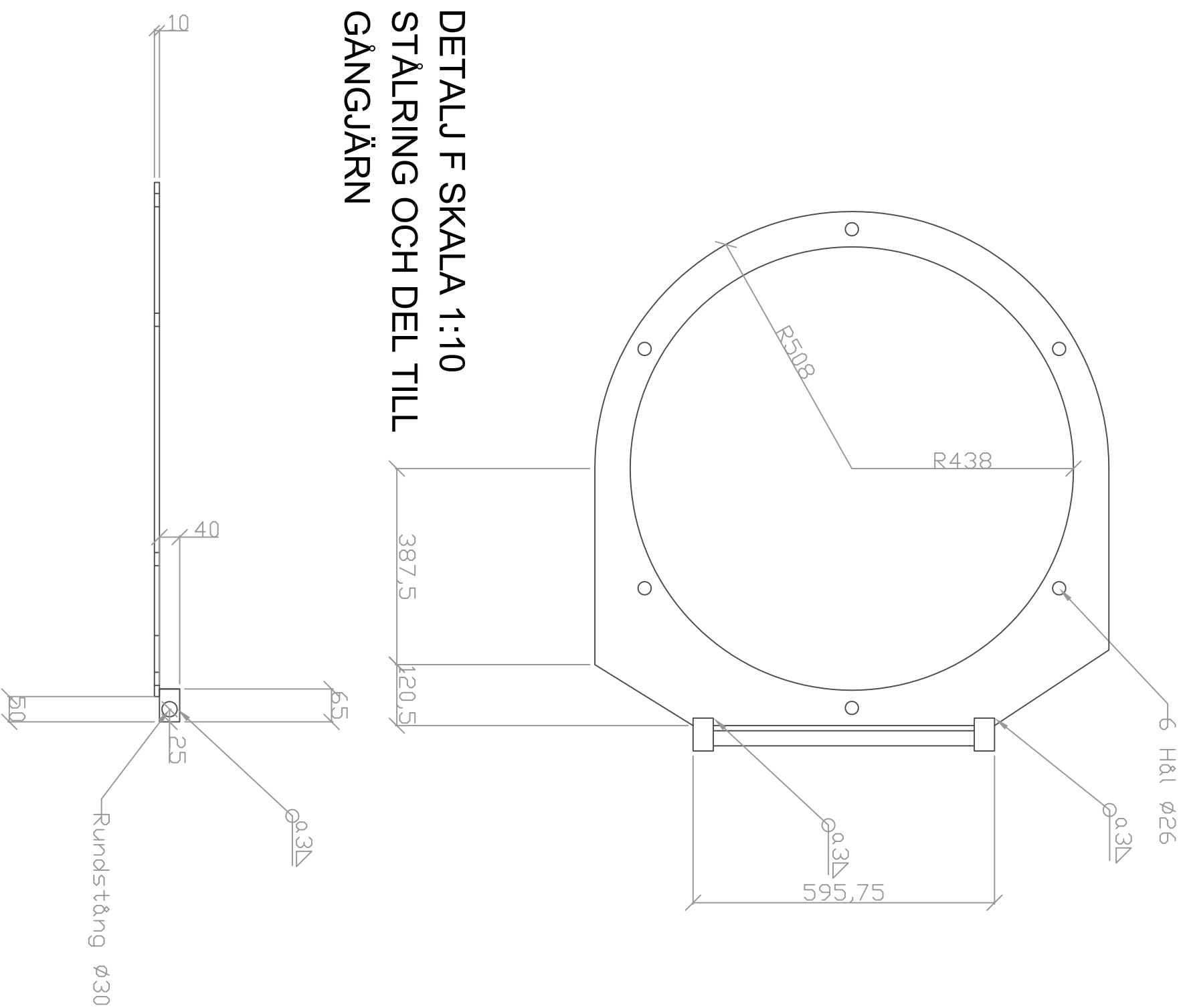


DETALJ G SKALA 1:2
DEL TILL GÅNGJÄRN
(495mm LÅNG)



DETALJ E SKALA 1:1
BULT OCH PLÅT TILL
RÖRSKARVAR

DETALJ F SKALA 1:10
STÅLRING OCH DEL TILL
GÅNGJÄRN



MONOPOLE
Examensarbete för
Chalmers tekniska
högskola

Detaljer

DATUM
2005-05-13

ANSVARIG

HUVUDSKALA

UPPDRAG

RTTAD/KONSTR AV
P.S./A.L.

HANDLAGGARE

RTNINGSNUMMER

K011