

Paternosterverk

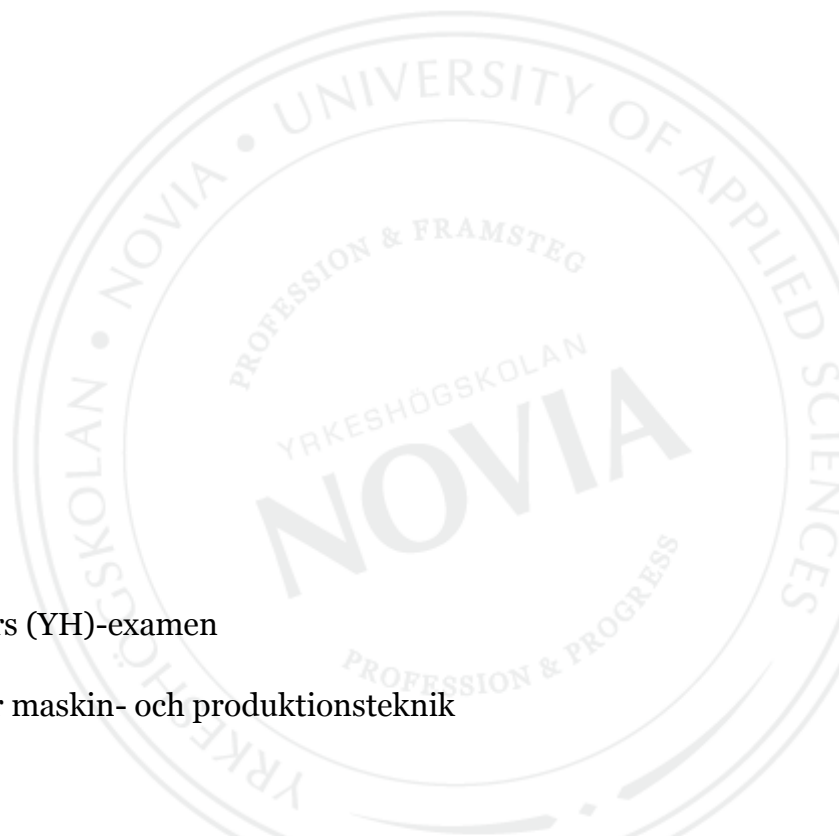
Konstruering och planering av paternosterverk

Jens Hällström

Examensarbete för ingenjör (YH)-examen

Utbildningsprogrammet för maskin- och produktionsteknik

Vasa 2012



EXAMENSARBETE

Författare: Jens Hällström
Utbildningsprogram och ort: Maskin- och produktionsteknik, Vasa
Handledare: Mikael Ventin

Titel: *Paternosterverk – Konstruering och planering av paternosterverk*

Datum 28.1.2012

Sidantal 27

Bilagor 7

Abstrakt

Detta examensarbete berör planering och konstruering av ett paternosterverk som kan enklare beskrivas som en lagerautomat för tygrullar. Uppdragsgivare är Pedelux som är beläget i Närpes. Här beskrivs tillvägagångssättet vid konstruering och hur man skall planera ett paternosterverk. Syftet med konstrueringen är att underlätta arbetet för anställda vid firman samt uppfylla arbets säkerhetskraven. Vissa beräkningar framkommer vid konstruktionen medan grundprincipen för paternosterverk kopierades utgående från bilder och redan konstruerade paternosterverk. Detta examensarbete kan också användas för serietillverkning av paternosterverk till andra företag inom tyg branschen. Resultatet blev enligt ritningarna och maskinen uppfyllde alla de krav som ställdes av uppdragsgivaren.

Språk: svenska

Nyckelord: paternosterverk, lagerautomat, arbets säkerhet

Tillgängligt: Biblioteket Tritonia

OPINNÄYTETYÖ

Tekijä: Jens Hällström
Koulutusohjelma ja paikkakunta: Kone- ja tuotantotekniikka, Vaasassa
Ohjaaja: Mikael Ventin

Nimike: *Paternosterhissi – Paternosterlasitteen rakentaminen ja suunnittelu*

28.1.201

27 sivua

7 liitettä

Tiivistelmä

Tämä opinnäytetyö koskee paternosterlaitteen ja suunnittelua ja rakentamista, joka voidaan helpommin selittää kangasrullien varastoautomaattina. Asiakas on Pedelux ja sijaitsee Närpiössä. Tässä kuvataan toimintatapaa rakennettaessa ja miten suunnitella paternosterlaite. Tarkoituksena on helpottaa yrityksen työntekijöiden työtä ja täyttää työturvallisuusvaatimukset. Jotkut laskelmat löytyvät rakentamisen aikana, mutta paternosterlaitteen perusperiaate kopioidaan kuvista ja jo rakennetuista paternosterlaitteista. Tätä työtä voidaan käyttää myös paternosterlaitteiden sarjatuotannossa muille tekstiiliteollisuuden yrityksille. Tulos oli piirustuksen mukainen ja kone täyttää kaikki asettavat vaatimukset asiakkaan.

Kieli: ruotsi

Avainsanat: paternosterlaite, automaattinen varasto

Arkistoidaan: Tritonia kirjasto

BACHELOR`S THESIS

Author: Jens Hällström
Degree Programme and location: Mechanical- and production technology,
Vaasa
Supervisor: Mikael Ventin

Title: *Paternoster – Construction and planning of a paternoster elevator*

28 Jan 2012

Pages 27

Appendices 7

Abstract

This Bachelor's thesis deals with the design and construction of a paternoster elevator for textile rollers. The commissioner is Pedelux which is located in Närpes. This thesis describes how the planning and the construction of the paternoster elevator is done. The goal of the construction of the paternoster is to make the work easier for the workers at the company and to fulfil the work safety requirements. Some calculations were done during the construction of the paternoster but the basic principle was copied from pictures of paternosters. This thesis work can be used for serial production of paternoster elevators by other companies in the textile industry. The result was in accordance with the drawings and the machine met all the requirements stipulated by the client.

Language: Swedish

Key words: paternoster, automatic storing

Available at the Tritonia Academic Library, Vaasa

Förord

På min första sommarpraktik i Pedelux blev jag tillfrågad om jag ville göra ett examensarbete hos dem, men var tveksam om detta projekt var för stort för en person att göra. Jag tackade ja till ingenjörsarbetet på hösten 2011, och började på med undersökningen av projektet. Har alltid varit intresserad av olika typer av maskiner och att konstruera samt tillverka olika konstruktioner, så detta examensarbete var för mig mycket intressant p.g.a. konstruktionsfriheten av konstruktionen. Har aldrig konstruerat något så stort och invecklat förut, så det blev en stor utmaning för mig och andra som ska tillverka denna konstruktion.

Jag vill rikta ett stort tack till företaget samt dess personal som har visat stort intresse för mitt projekt. Har fått mycket feedback om vad arbetstagarna själva vill ha för att underlätta arbetsprocessen. Jag vill också ge ett stort tack till metallarbetare Peter Gull som har tillverkat maskinen och för hans idéer och problemlösningar.

Jens Hällström

Innehållsförteckning

1 Inledning	1
1.1 Syfte.....	1
1.2 Tidigare forskning	1
1.3 Uppdragsgivare.....	2
1.4 Målgrupp	2
1.5 Litteratursökning.....	2
1.6 Arbetets disposition.....	3
2 Uppgift.....	4
3 Krav	4
4 Fallstudie.....	5
4.1 Design	6
5 Ritprogram	9
6 Beräkningar	10
6.1 Konstruktionsberäkningar för en elmotor.....	10
6.2 Val av drivkedja för tygrullar	12
6.3 Konstruktionsberäkningar för stommen.....	14
7 Konstruktionsbeskrivning.....	15
8 Resultat.....	23
9 Diskussion.....	26

1 Inledning

1.1 Syfte

Meningen med detta examensarbete är att tillverka och konstruera en maskin som underlättar arbetet för de anställda på Pedelux. Denna maskin ska också förhindra eventuella skador och eliminera risker vid hantering av tygrullar. Dessa tygrullar kan väga från 40 kg till 120 kg, vilket är farligt när tygrullarna förut skulle radas in i fack som gick från golv till tak. Ur arbetssäkerhetssynpunkt är denna maskin precis vad som behövs för att kunna hålla arbetssäkerheten på hög nivå.

1.2 Tidigare forskning

Tidigare forskning av paternoster har inte utförts varken av skolan eller av företaget Pedelux. Så mina källor och information har varit Internet och genom studier av olika lagerautomater på olika företag. Jag tog information från ett kandidat arbete vid KTH i Stockholm vid beräkning av kedjetransmission på paternosterverk. Hittade användningsbara beräkningar i *Konstruktion av kedjetransmission*.¹ När jag beräknade ut elmotor effekten som behövs för paternosterverket så fick jag användbar information från *Bevi*.² Bevi finns i Sverige men har kontor runt om i Norden bl.a. i Vasa.

¹ Andreas Lundqvist & Peter Renlund, *Konstruktion av kedjetransmission* (2009)

² Elmotorer och komponenter, *Bevi* (Vasa 2012)

1.3 Uppdragsgivare

Detta examensarbete gjorde jag hos familjeföretaget Pedelux som ägs av Veikko Stenholm. Dagens VD är dottern Camilla Stenholm. Pedelux grundades 1974 och har idag 18 anställda. De tillverkar och marknadsför ett stort antal produkter inom mekaniska inbrottskydd, solskydd, mörkläggningar, skensystem, rullbara rullväggar och teaterteknik. De säljer också produkter till kunder i Finland, Sverige, Norge och Estland. Pedelux har en kvalitetsplan som är baserad på *kvalitetsstandarden ISO 9001 och miljöstandarden ISO 14001*³.

1.4 Målgrupp

Mitt examensarbete är specifikt konstruerad för tygrullar och inom textilindustrin. Men konstruktionen kan också tillämpas för andra målgrupper om man ändrar vissa saker på konstruktionen. Dagens användning av paternosterverk är en typ av lagerautomater för delar, skruvar eller för förvaring av olika rör typer.

1.5 Litteratursökning

Den litteratur som har använts i mitt examensarbete har i huvudsak kommit från formler och beräkningar ur *Tekniikan taulukkokirja*⁴. Har också i stor utsträckning tagit information om materialstandarder från Internet, vad gäller hållfastighet och egenskaper. Jag har kontrollerat med flera sidor för att vara säker på att källorna är tillförlitliga.

³ Pedelux, *kvalitetsstandarden ISO 9001 och miljöstandarden ISO 14001* (uppdaterat 2003)

⁴ Valtanen, *Tekniikan taulukkokirja* (uppdaterat 8.9.2009)

1.6 Arbetets disposition

Inledning	<ul style="list-style-type: none">• I inledningskapitlet redogörs för arbetets syfte och målgrupp samt presenteras tidigare forskning.
Uppgift	<ul style="list-style-type: none">• Här tar man upp vilka uppgifter som konstruktionen skall uppfylla.
Krav	<ul style="list-style-type: none">• I krav kapitlet framkommer vilka kriterier som konstruktionen skall uppfylla.
Fallstudie	<ul style="list-style-type: none">• I detta kapitel framkommer vad fallstudie är och hur man kan tillämpa det i verkligheten.
Ritprogram	<ul style="list-style-type: none">• Här framkommer vilket ritprogram som användes vid konstruktionen av slutexamen.
Beräkningar	<ul style="list-style-type: none">• I kapitel beräkningar framkommer hur man har gått till väga för att beräkna konstruktionen och elmotor effekten.
Konstruktionsbeskrivning	<ul style="list-style-type: none">• Här beskrivs konstruktionen och hur man har gjort vissa moment.
Resultat	<ul style="list-style-type: none">• I slutsatsen sammanfattas arbetet och vad författaren har kommit fram till.

2 Uppgift

Uppgiften som jag fick att göra på Pedelux var att designa och konstruera en maskin som kan lagra deras tygrulla inom ett litet utrymme. Denna konstruktion skall också underlätta de anställda i arbetet. Lagringen och hanteringen av dessa tygrullor skall utformas på ett så enkelt och lätt vis, så att alla anställda oavsett ålder eller kunskapsnivå skall kunna hantera maskinen.

3 Krav

Denna maskin skall konstrueras på ett sådant vis att maskinens längd, bredd och höjd inte överskrider vissa mått. Bland många krav så var motsättningen av maskinen en av de viktigaste av dem alla, förutom säkerhetskraven. Utrymmet är ganska begränsat där maskinen skall installeras så med den saken i tanken måste jag fundera ut hur många tygrullar som ryms inne i maskinen. Måtten där maskinen skall stå är 3,5 x 1,5 m golvyta och höjden till taket är 3,5 m. Inom dessa mått skall så många tygrullar som möjligt inklämmas och man har att ta beaktande av konstruktionsstommen som också tar upp utrymme.

Säkerheten på maskinen skall också vara de viktigaste kraven av dem alla.

4 Fallstudie

Fallstudie är en studie av en person. Det kan också vara en liten grupp, eller ett specifikt "fall" som kallas en fallstudie. Det innebär omfattande forskning, inbegripet dokumenterade bevis på en viss sak eller situation. En fallstudie kan vara ett viktigt verktyg för att fastställa effekt och säkerhet av en produkt. Beroende på vem som utför fallstudien, kan ett företag använda det också som ett verktyg för att framhäva sina påståenden jämfört mot konkurrerande tillverkare.

Min fallstudie bygger på att beräkna och konstruera en maskin med hjälp av de beräkningar som finns om hållfastheten i konstruktionen. En stor del av det man har designat med SolidWorks har inte alltid passat i praktiken, vilket har lett till omdesigning av paternosterverket och försöka att klura ut en annan väg för att kringgå problemet. Jag har följt med under konstruktionen och när problem har uppstått har problemen lösts under processens gång. Detta var knepigt att ta reda på hur många tygrullar som ryms in i paternostern, men jag kom snabbt på en lösning för hur man räknar ut antalet rullar som skall in i maskinen.

Just vad gäller min fallstudie så är det saker som man har tillämpat från andra tidigare konstruktioner, och sammanflätat dessa olika idéer in till mitt projekt. Jag har inte enbart tagit idéer från andra konstruktioner och ändrat dem, jag har också kommit på flera egna lösningar och framför allt tänkt på säkerheten.

4.1 Design

Designen på paternosterverket har jag skissat fram på papper genom att få höra vad arbetstagarna behöver och vad Pedelux förväntar sig av maskinen. Jag har ritat och designat i över 160 timmar både på fritiden och vid företaget. Största delen av ritningarna har jag först skissat upp på papper för att lättare få en bild av hur de olika delarna skall se ut. Har flera gånger ändrat konstruktionen p.g.a. missberäkningar och även ändringar i utförande av olika delarna.

Hittade inspiration på Internet genom att söka på ”paternosterverk” och fick en relativ god inblick i konstruktionen. Jag inte lagt så stor tyngd på designen, har försökt satsa mera på den funktionsmässiga konstruktionen och göra den så robust som möjligt med tanke på belastningen.

Har gjort ca 60 ritningar sammanlagt på alla delar för att sedan plocka in dem i sammanställningar över specifika tilläggskonstruktioner.



Figur 1. *Relativ enkel paternosterkonstruktion.*⁵

I Figur 1 ses en enkel paternosterkonstruktion som jag har tagit som modell för min egen konstruktion. Denna konstruktion har en drivkedja som driver runt tygrullarna och den tar lite utrymme när man kan lagra tygrullar på höjden. Nackdelen är att rullarna kan röra sig i sidled och i min design så måste rullarna vara centrerade i sidled.

⁵LogiTec AB, *relativ enkel paternoster konstruktion* (29.2.2012)



Figur 2. Bild på festsättningen hos det mindre paternosterverket.

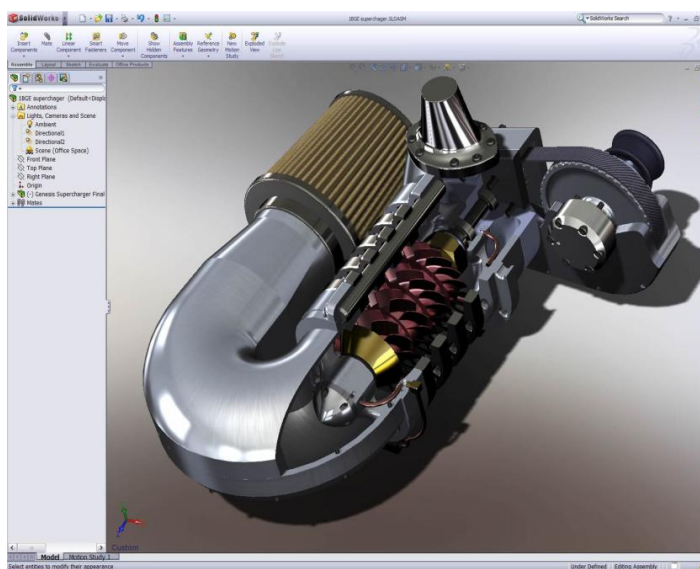
I Figur 2 ser man att den inre rördelen är fjäderbelastad och vid ihoptryckning så glider rörbiten ihop och tygrullen kan tas bort.

I min konstruktion är själva tappen på drivkedjan fjäderbelastad och inte tygröret. Detta förenklar konstruktionen och man får mindre rörliga delar som kan gå sönder eller börjar kärva.

Detta mindre paternosterverket har företaget Pedelux införskaffat hösten 2011 och är avsedda för mindre och lättare tygrullar. För mig var det tur på så vis att jag lättare kunde bilda mig en uppfattning om hur paternosterverken är konstruerade och hur dess komponenter fungerar tillsammans.

5 Ritprogram

SolidWorks är ett program för två- och tredimensionell CAD som utvecklats av det franska företaget Dassault Systèmes. Den första utgåvan kom ut år 1995 och varje år släpps en eller två nya versioner. SolidWorks används i alla världsdelar. Programvarans fokus är mekanikkonstruktion. Varje år tillkommer dock ny funktionalitet för fler discipliner inom konstruktion. Programvaran finns i både kommersiell och studentupplaga och är ett av de ledande *3D-CAD-systemen*⁶ idag. I Finland använder sig Yrkeshögskolan Novia yrkeshögskola av NX6 som standardprogram för sina CAD-utbildningar. Det finns även andra högskolor och gymnasieskolor i Finland som använder NX6, men man har alltmera övergått till SolidWorks. Vid designingen och konstruktionen så har jag använt 3D-programmet SolidWorks. Detta program hade jag inte ritat i förut så det tog en tid att förstå och hitta alla funktioner i programmet. SolidWorks används mer och mer runtom i världen, vilket fått mig övertygad att använda det istället för NX6.



Figur 3. *SolidWorks-program*.⁷

⁶Ritprogram, *3D-CAD-systemen* (hämtad 14.2.2012)

⁷Solidworks, *SolidWorks-program*. (hämtad 14.2.2012)

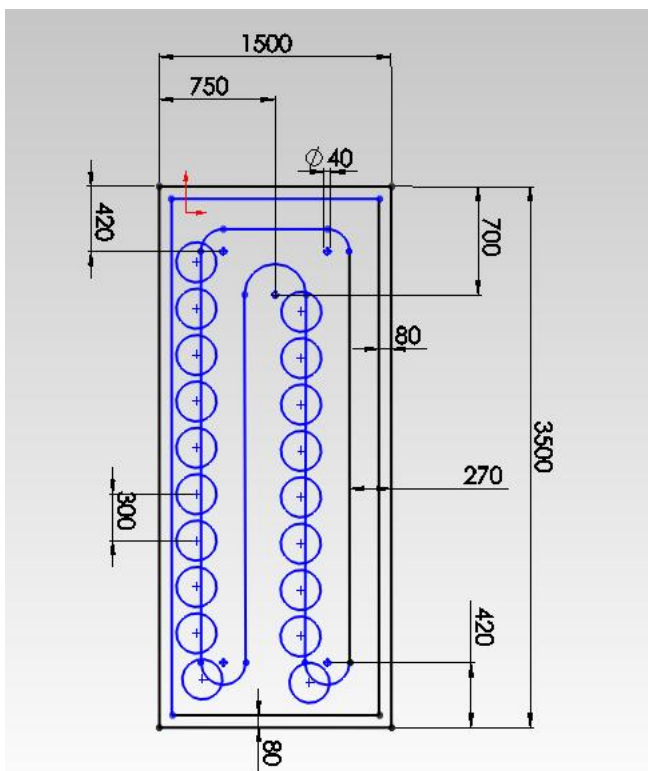
6 Beräkningar

6.1 Konstruktionsberäkningar för en elmotor

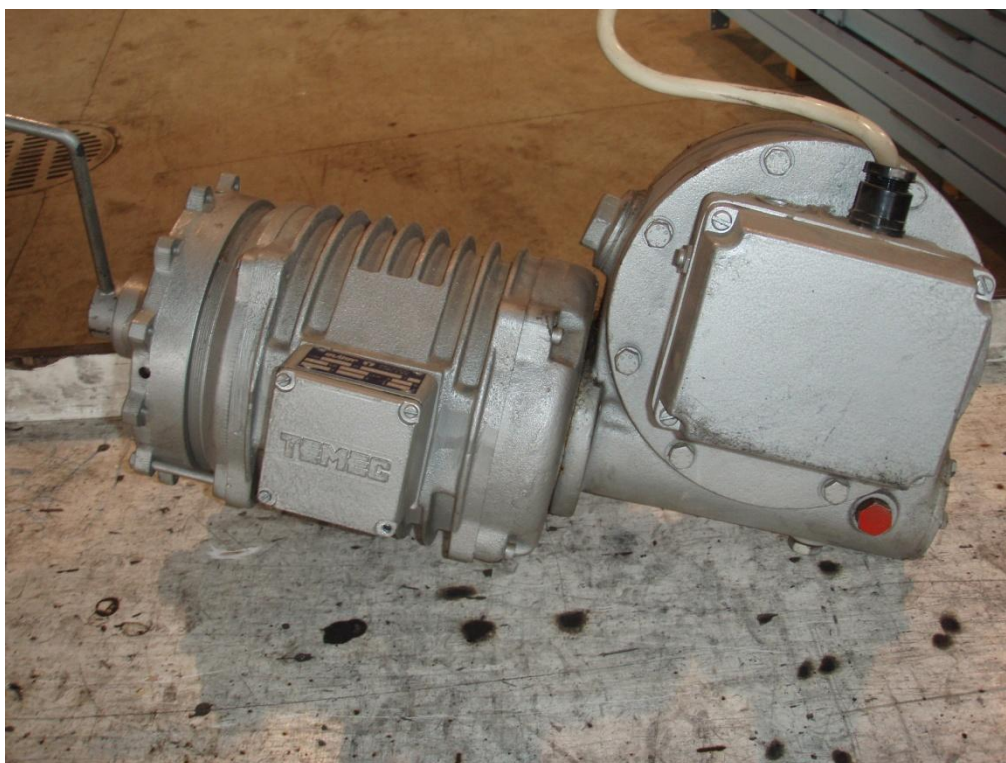
Började med att beräkna vilken elmotoreffekt som behövs vid värsta scenario. Om tygrullarna skulle ha vägt lika mycket och alla tygförvaringsplatser skulle varit upptagna, då vilar tyngden av alla tygrullar jämt längs med paternosterverket.

Tygrullarna väger ca 50 kg st. och det ryms 42 st. tygrullar i paternosterverket. Jag slog fast hur många rullar som får plats på var sida av kedjan för att kunna fastställa vilket vridmoment som behövs av elmotorn då tygrullarna inte är i jämvikt

Genom enkla mekanikberäkningar kom jag fram till att elmotorn behöver ha ett vridmoment på 1700 Nm och en effekt på 5,3 kW, vilket blir en mycket tung elmotor. Så jag växlade ner konstruktionen med en snäckväxel och med en kedja mellan elmotorn och det drivande kugghjulet.



Figur 4. Vy framifrån sett på drivkedjan.



Figur 5. Elmotorn som skall driva kedjan.

Enligt mina beräkningar så behövs en elmotor på 2,2 kW för att kunna driva paternosterverket. Denna begagnade elmotor så har en effekt på 2,5 kW och ett vridmoment på 852,6 Nm. Efter snäckväxeln och nedväxlingen utav elmotorn så får man ett vrid som är 3475 Nm, vilket skall teoretiskt klara av att driva kedjan mycket bra.

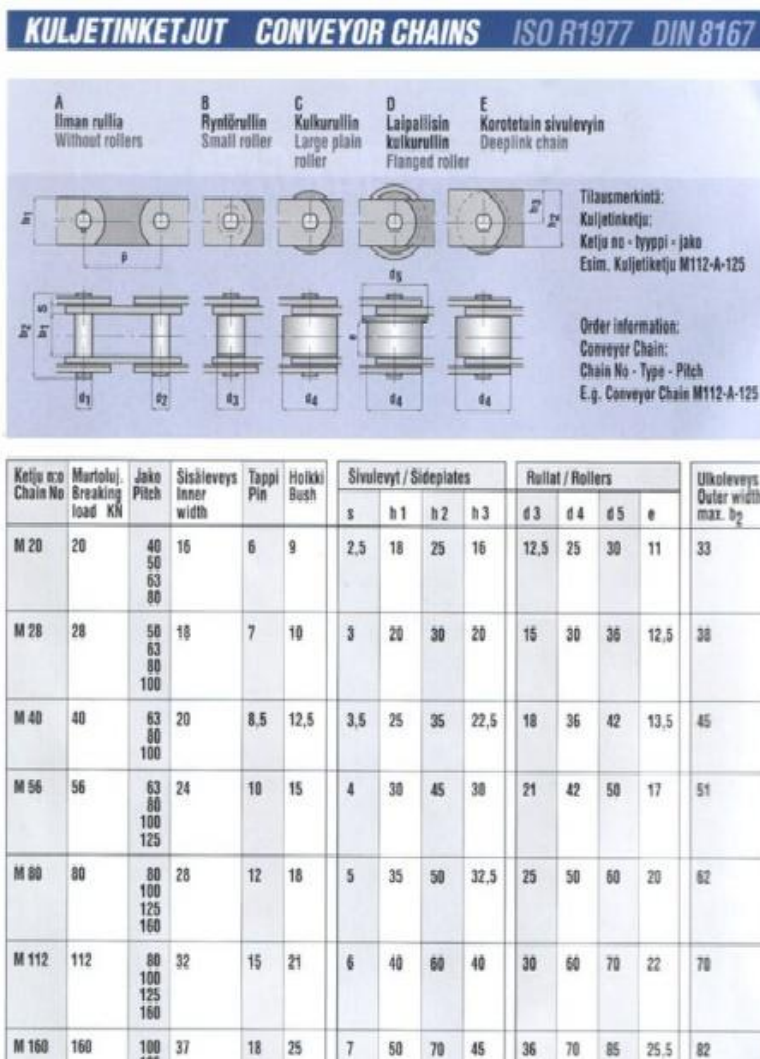
Har beräknat för värsta scenario om operatören har radat i tygrullarna helt fel, så att den sammanlagda tyngden ligger bara på ena sidan av paternosterverket, vilket motarbetar jämvikten i konstruktionen. Elmotorn är försedd med mekanisk broms som slår i när strömmen slås av.

I bilaga 1 finns det beräkningar på hur jag har gått till väga för att kunna bestämma hur stor motor som krävs för att driva paternosterverket.

6.2 Val av drivkedja för tygrullar

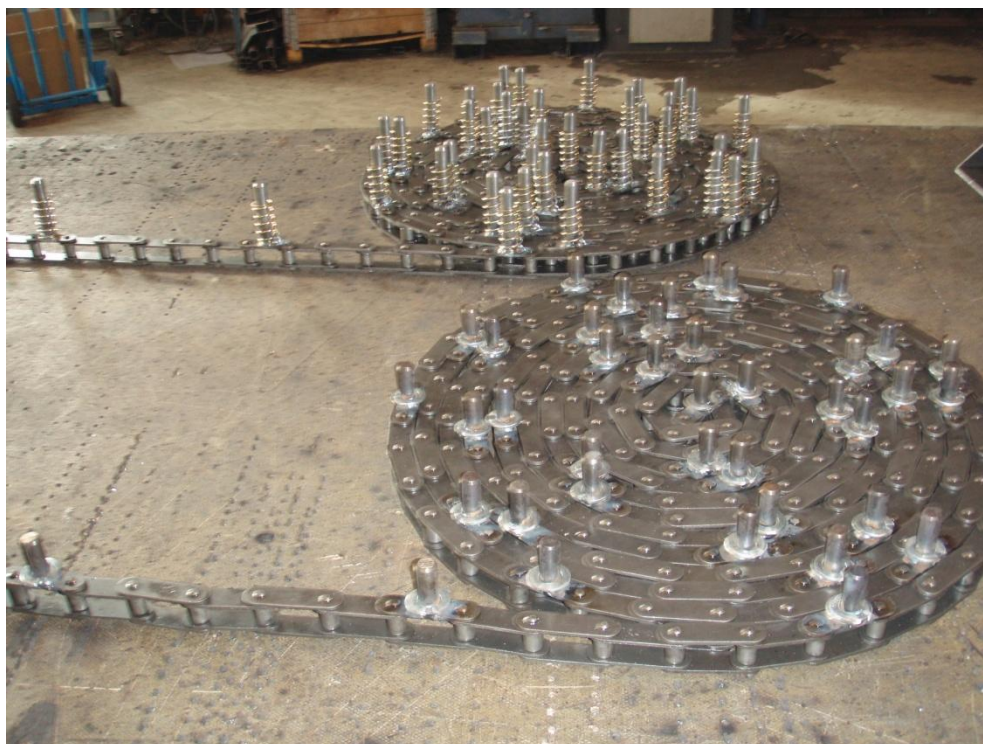
Räknade ut hur mycket belastning drivkedjan skulle behöva uppta vid fullastad belastning, tygrullarna börjar då väga ca två ton och valde därefter en standard drivkedja från *euroket.fi*⁸. Denna kedja tål enligt företagets uppgifter en kraft på 2,8 ton/kedja. I min konstruktion behövs två kedjor som tillsammans klarar en kraft på 5,6 ton. Teoretiskt belastas kedjorna bara med en kraft på ett ton per kedja så säkerhetsfaktorn blir då 3,1 gånger större än vad som behövs. Med tanke på användningen och nötningsfaktorn så behöver drivkedjan att vara så stark som jag har valt.

Drivkugghjul för kedjan beställdes från samma företag så att delarna säkert skulle passa med varandra.



Figur 6. Standard transportkedja från *euroket.fi*

⁸Konstruktion av kedjetransmission, *euroket.fi* (hämtad 14.2.2012)



Figur 7. *Den färdiga drivkedjan.*

I figur 9 ser man paternosterkedjan som ska hålla fast tygrullarna. Den ena sidan är fjäderbelastad och den andra sidan ska hålla fast infästningsbalken på stället. Tanken med denna konstruktion är att operatören skall infästa balken mot den fjäderbelastade delen och sedan trycka ihop fjädern för att kunna fästa den andra änden i motstående kedja. På detta vis kan operatören snabbt och enkelt byta tygrullen när tyget tar slut.

6.3 Konstruktionsberäkningar för stommen

Med tanke på totalvikten av tygrullarna har jag tittat i tabeller om standardiserade konstruktionsstål och vad de olika stålrören klarar av att bära. Eftersom jag vet vad den totala vikten kommer att vara, och vad de standardiserade stål rören klarar av behövs inga beräkningar för stålrören. Valet av stålrör med en säkerhetsfaktor på minst tre gånger av vad dessa klarar av att bära, blev 80x80x3 mm stålrör för stommen. Räknade ut totalvikten utgående från uppgifter om stålrören. Enligt uträkningarna skulle stommen med tygrullarna börjat väga ca 3 ton. Tanken slog mig då att tillverka de andra löstagbara delarna i aluminium, men det klarar då inte samma belastningar som stålrören.

För att inte pruta på konstruktionens hållfastighet blev alla delar tillverkade i stål. Detta underlättade också för tillverkaren som till största del svetsat och plockat ihop konstruktionen själv enligt min design.

7 Konstruktionsbeskrivning

Under våren 2012 köpte Pedelux ett begagnat paternosterverk för mindre tygrullar. I denna konstruktion ryms ca 25 st. tygrullar och max längd är 2 m. Höjden är 2,5 m, bredden 1 m och längden 2,5 m.

Denna konstruktion lämpar sig inte för tunga tygrullar och har ingen stor lastkapacitet. Fick i alla fall en bättre förebild för hur jag ska konstruera mitt paternosterverk för att kunna fästa fast tygrullarna i kedjan.



Figur 8. Bild på det mindre inköpta paternosterverket.

Denna mindre införskaffade lagerautomat var mycket välkommen till Pedelux för att underlätta arbetet hos de anställda. Med en enkel knapptryckning kör man fram den tygrulle som man önskar sig och sedan drar ut tyget för att klippa det till önskade längder.



Figur 9. Bild på tygbordet vid Pedelux.

I figur 9 kan man se tygbordet där man mäter upp tyglängder för markiser, och andra konstruktioner som kräver tyg eller annat material. Ett till tygbord tillkommer för att sedan kunna komplettera min paternosterkonstruktion.



Figur 10. Tygrullsfastsättningen vid tygskäraren.

Man har tidigare tagit enskilda tygrullar ur en hylla för att senare sätta rullen i rullhållaren. Detta har varit tidskrävande och arbetsamt, vissa solskydd kräver flera olika tygsorter ihop sytt, vilket då kräver flera gånger i och ur sättning av tygrullar för att färdigställa markisen. Tygskäraren fungerar på så vis att tyget drags mellan tyghållaren och bordet.

Tyghållarlinjalen på Figur 10 trycker fast tyget med hjälp av pneumatiska luftcylindrar. Sedan drags en kniv vid tryckhållaren tvärsöver bordet och tyget är färdigt tillskuret.



Figur 11. Tygrullsfastsättningen.



Figur 12. Tygfastsättningen, kondelen.

Denna kon skulle först tillverkas i nylon, men vid beräkning vad materialet skulle börja kosta, ändrades materialet för hela detaljen till stål. Konstruktionen fungerade lika bra som en kon tillverkad i nylon, dessutom blev delen mycket billigare och tillverkningen gick fortare.



Figur 13. Tygröret festsatt med kondelen.



Figur 14. Närbild på tygfastsättningen.



Figur 15. *De färdiga utskurna kugghjulen till drivkedjan.*

Kugghjulen för drivkedjan tillverkades av Euroket Oy i Hollola Finland. Beställde kugghjulen för att det skulle bli svårt att tillverka dem själva. Det finns många aspekter som man måste ta hänsyn till, t.ex. infallsvinkeln på kuggflanken, delningen mellan kedjelänkarna och djupet på själva kuggkransen.



Figur 16. *Det utskjutbara tyg bordet.*



Figur 17. *Tygbordet i utskjutet läge.*



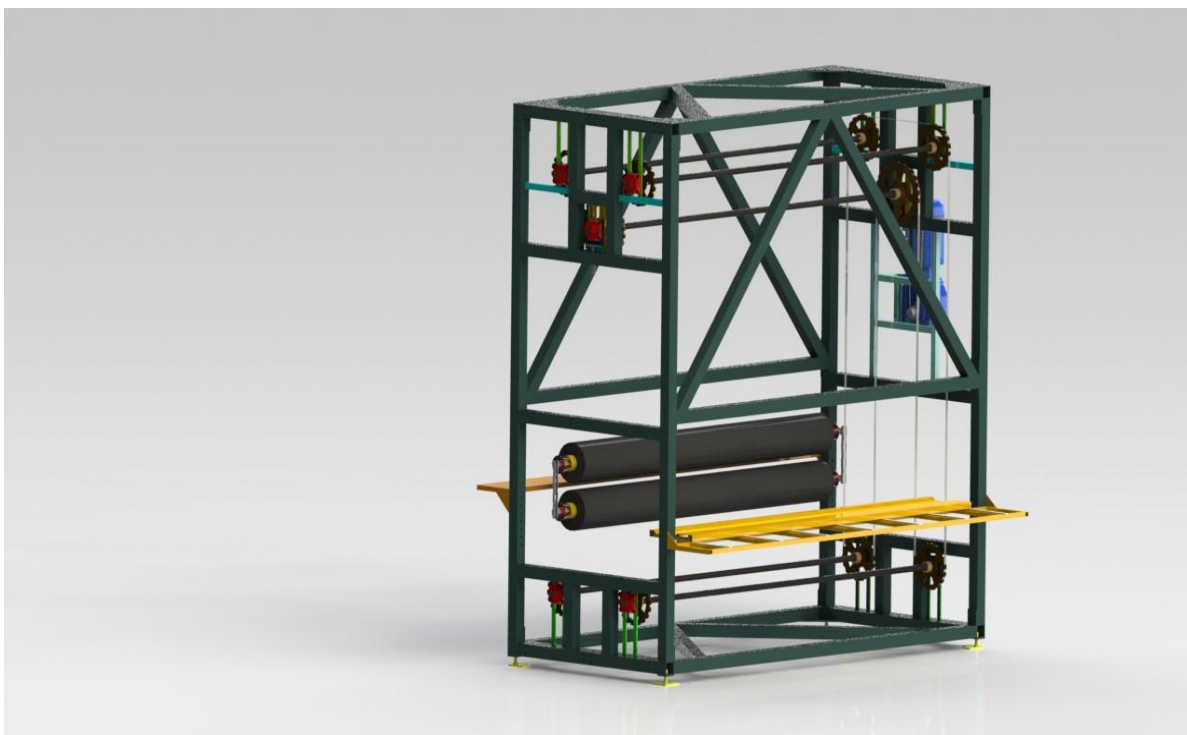
Figur 18. *Helhetsbild över paternosterstommen.*

8 Resultat

Resultatet blev ett paternosterverk som kan utrymma 42 st. tygrullar och har en lagerkapacitet på 5 ton. Själva storleken på paternosterverket blev: höjd 2,5 m, bredd 1,5 m och längd 3,2 m. Hade som tidigare nämnt beräknat fram en elmotor som skall ha en effekt på 2,5 kW för att driva konstruktionen.

Hela konstruktionen utan tygrullar börjar väga utgående från beräkningar ca 2,7 ton. Beräknade också ett ungefärligt pris på materialet för konstruktionen. Arbetskostnader tillkommer samt kostnader för målningen av delarna. Säkerhetsanordningar tillkommer efter konstrueringen samt elkoppling till elmotorn. Det krävs en elmotör för elarbetet, vilket medför en extra utgift.

Hann inte tillverka alla delar till paternosterverket p.g.a. förseningar av materialet. Bilder på stommen och annat presenteras i bilagan.



Figur 19. Virtuellt bild på paternosterverket.



Figur 20. *Det färdiga paternosterverket.*

Tabell 1. Paternosterkostnader

Paternoster kostnader							
Euroket Oy (euroket.fi)	Längd (m)	Mått (mm)	Kg/m	Kg Totalt	Mängd (st)	Pris/st (€)	Pris tot. (€)
Kuggjul Z=25 Jako= 50 mm Typ N1					2	119	238
Kuggjul Z=21 Jako= 50 mm Typ N1					8	100	800
Kedja Jako = 50 mm Nr: M28-B-50	12,7				2	22,2/m	281,94
Lager bock för axlar UCF 208		102x102x D=40			10	6,11	61,1
Driv axlar D=40mm	3,4	3400x40 H9	9,9	33,6	1	11,24/m	38,22
Driv axlar D=40mm	3,2	3200x40 H9	9,9	126,7	4	11,24/m	143,87
Elmotor			40,3		1	710	710
RHS-rör stål	73	80x80x3	6,0	438		6,1/m	445,3
RHS-rör stål	4	40x40x3	3,0	12	4	2,85/m	11,4
Flat järn (stål)	6,5	30x10	2,3	14,95	16	1,85/m	12,02
RHS-rör stål	11	30x30x2	1,4	15,4	18	2,22/m	33,3
C-skena alu	18,5	30x30x2	1,52	28,12	7	2,45/m	45,33
RHS-rör stål	6	40x40x2	1,6	9,6		3,05/m	18,3
RHS-rör stål	8	40x20x2	1,6	12,8	7	3,05/m	24,4
RHS-rör stål	130,5	25x25x2	1,6	208,8	45	1,81/m	236,2
RHS-rör stål	4,5	30x30x2	1,0	4,5		2,22/m	9,99
Sexkant bultar	0,08	M24x80			4	1,18	4,72
Sexkant bultar	0,18	M12x180			48	0,5	24
Sexkant bultar	0,1	M12x100			56	0,27	15,12
Sexkant bultar	0,1	M10x100			12	0,2	2,4
Tygrullar	2500	260	40	1800	45		0
Kuggjul Z=14 D=93,6, 3/4" (oy laakeri-center)		93,6x11,1			2	6,5	13
Järn plåt	1	1000x1000x3			1		6
Kedja till elmotor oy (laakeri-center)	1,9	1900x27,3	1,2	4,56	2	6,50/m	12,35
Rundstång ϕ 8mm järn	44	130x8	0,39	17,16	336	1,72/m	75,68
				2726,19			3186,96



Figur 21. Paternoster stommen färdigmålad.

9 Diskussion

Ordet paternoster är ett ganska diffust ord med flera betydelser. Åt största delen av de som frågat mig vad jag gör för examensarbete har jag enkelt sagt ett ”Paternosterverk”. Följdfrågan blir oftast vad det är för någonting? Jag själv visste heller inte vad det var för något, när min arbetsgivare frågade mig om jag ville göra detta som examensarbete.

Arbetets gång har varit varierande beträffande svårighetsgrad. Stundvis gick konstruerandet lätt och idéerna bara flödade, andra gånger var det krävande och påfrestande. Beträffande planeringen och konstrueringen var jag tvungen att hitta så mycket fakta som jag bara kunde via Internet. Detta ledde till sökande på google.com i timmatal för att få en sorts uppfattning om hur den fungerar och på vilket vis andra har konstruerat denna föga underliga maskin. Detta projekt var för mig både intressant och mycket lärorikt. Från att ha haft grundläggande kunskaper inom ämnet konstruktion så känner jag nu att jag har vuxit som konstruktör och fått mera kött på benen. Är kanske även bättre förberedd vid nästa arbete med av liknande konstruktioner.

Källförteckning

Litteraturkällor

MAOLs Tabeller

Matemaattisten Aineiden Opettajien Liitto MAOL ry & Kustannusosakeyhtiö Otava
(2006)
Sjunde upplagan, tredje tryckningen
Schildts

Tekniikan taulukkokirja

Tekniikan taulukkokirja, toimitus: Esko Valtanen (2009)
17:e upplagan
Genesis-Kirjat Oy

Internetkällor

Lundqvist Andreas & Renlund Peter (2009)

Konstruktion av kedjetransmission
Kandidatarbete vid KTH
www.kth.se (hämtad 12.12.2011)
(Stockholm 2009)

Konstruktion av kedjetransmission (2007)

Euroket Oy
www.euroket.fi (hämtad 14.2.2012)

Paternosterverk för tygrullar

(Bild på paternoster)
www.google.fi/imgres?q=paternosterver (hämtad 29.2.2012)

Pedelux (2011)

www.pedelux.fi (hämtad 20.1.2012)

SolidWorks, användning (2008)

www.wikipedia.org/wiki/Solidworks (hämtad 14.2.2012)

SolidWorks, fakta (2007)

www.thelolaregistry.com (hämtad 14.2.2012)

Stål tabell info (2009)

www.raa.se/cms/showdocument/tabeller_metaller_6185.pdf (hämtad 29.2.2012)

Bilaga 1. Teoretiska beräkningar för effektbehov hos elmotorn.

$r_1 = 205 \text{ mm}$
 $r_2 = 81 \text{ mm}$
 $M_{\min}/2 = 845 \text{ Nm}$
 $r_3 = 45 \text{ mm}$
 $n_3/n_2 = (3/5)$
 $T = 845 \text{ Nm}$
 $1690 \text{ Nm} \rightarrow 1690000 \text{ Nmm}$
 $F = 8240,4 \text{ N}$

$M_{\min} = (M_1 \cdot g + M_2 \cdot g) \cdot r_1$
 $M_{\min} = (500 \cdot 9,81 + 500 \cdot 9,81) \cdot r_1 = 8240,4 \text{ N} \cdot 205$
 $M_{\min} = 1690 \text{ Nm}$
 $T = \frac{M_{\min}/2}{\frac{\pi \cdot D^3}{16}} = \frac{1690000/2}{\frac{\pi \cdot 40^3}{16}} = 67,2 \text{ MPa} \Rightarrow 67,2 \text{ N/mm}^2$
 $J = \frac{M_{\min}/2 \cdot L}{G \cdot \frac{\pi \cdot D^4}{32}} = \frac{1690000/2 \cdot 3000}{80000 \text{ N/mm}^2 \cdot \frac{\pi \cdot 40^4}{32}} = 0,0126 \cdot \frac{\pi}{180} = 0,722^\circ$
 $\tau = \frac{T}{W_v} = \frac{X}{\frac{\pi \cdot 40^3}{16}} \Rightarrow 67,2 \text{ N/mm}^2 = \frac{X}{\frac{\pi \cdot 40^3}{16}}$
 Solve(x)
 $X = 845000 \text{ Nmm}$

Beräknade ut sjuv spänning och vinkelhastigheten utgående från fastställda diametrar på kugghjulen.
 $v = w \cdot r$
 $w = 0,722^\circ$
 $r = 205 \text{ mm}$

Beräknade också ut vridkrafter som uppstår vid de fastställda drivkugghjulen.

Bilaga 2. Teoretiska beräkningar för utväxlingen av elmotorn.

$$P_1 = T \cdot \omega = 845 \text{ Nm} \cdot 0,722 = 610$$

$$T_1 = F \cdot r_1 = 8240,4 \text{ N} \cdot 0,205 \text{ m} = 1689 \text{ Nm}$$

$$T_2 = 8240,4 \text{ N} \cdot 0,081 \text{ m} = 667 \text{ Nm}$$

$$n_1 = \frac{60 \cdot r_1}{2 \cdot \pi \cdot r_2} = \frac{60 \cdot 0,205}{2 \cdot \pi \cdot 0,081} = 6,8 \text{ rpm}$$

$$n_2 = \frac{60 \cdot r_2}{2 \cdot \pi \cdot r_3} = \frac{60 \cdot 0,081}{2 \cdot \pi \cdot 0,057} = 6,71 \text{ rpm}$$

$$n_3 = n_2 \cdot \frac{n_4}{n_1} = 6,71 \cdot \frac{35}{1} = 234,85 \text{ rpm}$$

$$T_3 = \frac{T_2}{\eta} \cdot \left(\frac{n_4}{n_3} \right) = \frac{667 \text{ Nm}}{0,55} \cdot \frac{1}{35} = 34,6 \text{ Nm}$$

$$n_3 = n_1 \cdot \frac{n_3}{n_4} = 6,8 \cdot \frac{35}{1} = 238 \text{ rpm}$$

$$T_3 = \frac{T_1}{\eta} \cdot \left(\frac{n_4}{n_3} \right) = \frac{1689 \text{ Nm}}{0,55} \cdot \frac{1}{35} = 87,7 \text{ Nm}$$

$$T_m = \frac{34,6 \text{ Nm}}{0,39} = 89,5 \text{ Nm}$$

$$P_{\text{min}} = \frac{T_m \cdot n}{9550} = \frac{89,5 \cdot 6,83}{9550} = 2,2 \text{ kW}$$

Beräknade ut vridmomentet vid de olika kugghjulen samt rpm.

Beräknade också med utväxlingen i snäckväxeln för att kunna fastställa elmotorns teoretiska effektbehov.

Enligt mina beräkningar så behövs en elmotor med effekten 2,2 kW.

Bilaga3. Närbild på den fjäderbelastade infästningstappen



Bilaga 4. Bild över den färdigt svetsade stommen



Bilaga 6. Sammanställningsritning på paternoster, front vy

