

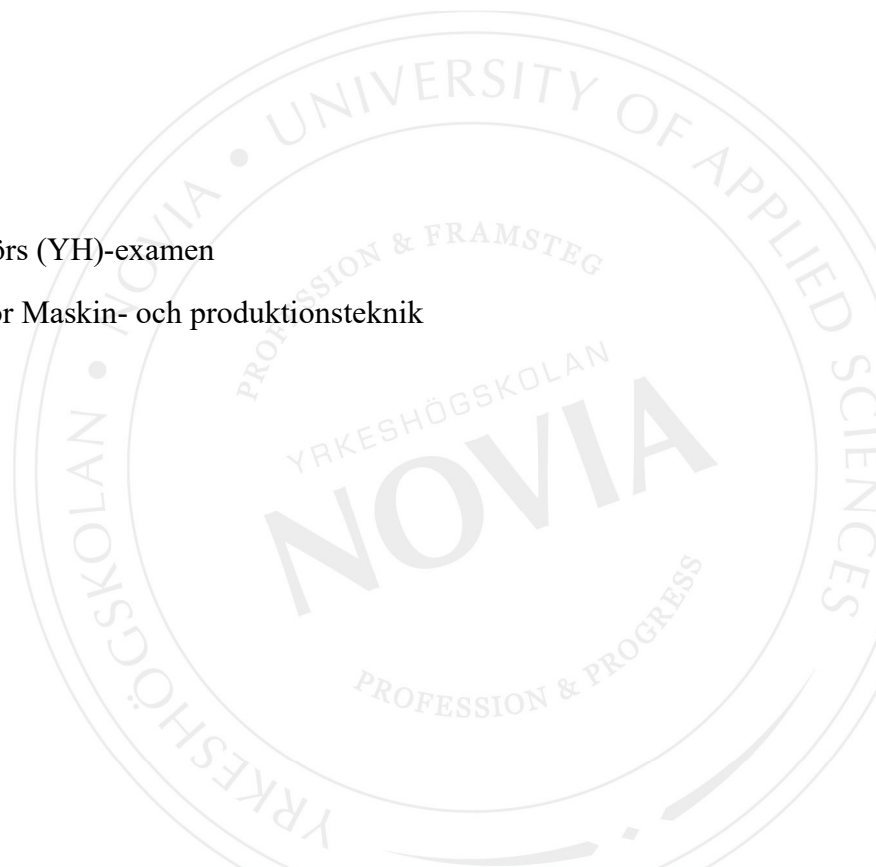
Utveckling av transportband för lastning av containrar

Fredrik Lindström

Examensarbete för ingenjör (YH)-examen

Utbildningsprogrammet för Maskin- och produktionsteknik

Vasa 2019



EXAMENSARBETE

Författare: Fredrik Lindström
Utbildning och ort: Maskin- och produktionsteknik, Vasa
Inriktningsalternativ: Maskinkonstruktion
Handledare: Kaj Rintanen

Titel: Utveckling av transportband för lastning av containrar

Datum 22.5.2019 Sidantal 25

Abstrakt

Detta examensarbete utfördes åt Farm-XPort Oy. Företaget är nytt och deras affärsidé är export av olika sorters spannmål lastat i containrar.

Syftet med arbetet var att vidareutveckla företagets sätt att lasta containrar på för att skära ner på onödiga kostnader och behovet av kundens insats. Arbetet inleddes enkelt med att endast vidareutveckla den befintliga lastningsmaskinen men blev snabbt mycket mer ingående när det visade sig att det behövs ett helt nytt system.

Den nuvarande lösningen är en spannmålsskruv som fyller containern, men transporten av denna är dyr och man kan inte mäta massflödet med denna. Den nya lösningen är ett halvburet transportband på hjul med egen energikälla, vilket i sin tur leder till att det krävs ingen insats av kunden.

Under arbetets gång gjordes observationer och information samlades in på från olika källor. Det ordnades flera möten med uppdragsgivaren där olika problem diskuterades och lösningar till dessa problem togs fram.

Språk: svenska

Nyckelord: transportband, spannmål, export

OPINNÄYTETYÖ

Tekijä: Fredrik Lindström
Koulutus ja paikkakunta: Kone- ja tuotantotekniikka, Vaasa
Suuntautumisvaihtoehto: Koneensuunnittelu
Ohjaaja(t): Kaj Rintanen

Nimike: Liukuhinnan kehitys konttien lastaamiseen

Päivämäärä 22.5.2019 Sivumäärä 25

Tiivistelmä

Tämä opinnäytetyö toteutettiin Farm-XPort Oy:lle. Yhtiö on uusi ja niiden liiketoimintakonsepti on erilaisten erikoisviljojen vienti konteissa.

Työn tarkoituksena oli kehittää yhtiön tapa lastata kontteja, jotta voidaan vähentää tarpeettomia kustannuksia ja asiakkaan panostuksen tarvetta. Työ aloitettiin yksinkertaisesti kehittämällä jo olemassa olevaa lastauslaitetta, mutta siitä tuli nopeasti paljon perusteellisempi, kun kävi ilmi, että tarvitaan täysin uusi järjestelmä.

Nykyinen ratkaisu on viljaruuvi joka täyttää kontin, mutta sen kuljetus on kallista eikä massavirtaa voi mitata sillä. Uusi ratkaisu on puolittain tuettu kuljetinhihna pyörillä, jolla on oma energialähde, mikä puolestaan tarkoittaa, ettei asiakkaalta vaadita panostusta.

Työn aikana tehtiin havaintoja ja kerättiin tietoa useiden tapaamisten ohella projektinvetäjän kanssa, jossa keskusteltiin erilaisista ongelmista ja kehitettiin niihin liittyviä ratkaisuja.

Kieli: ruotsi

Avainsanat: liukuhihna, vilja, vienti

BACHELOR'S THESIS

Author: Fredrik Lindström
Degree Programme: Mechanical engineering, Vaasa
Specialization: Mechanical construction
Supervisor(s): Kaj Rintanen

Title: Development of a conveyor for loading containers

Date 22.5.2019 Number of pages 25

Abstract

This thesis was carried out for Farm-XPort Oy. The company is new, and their business concept is the export of different kinds of special cereals loaded in containers.

The purpose of the work was to further develop the company's way of loading the container in order to cut down on unnecessary costs and the need for the customer's efforts. The work started simply by further developing the existing loading machine but quickly became much more thorough when it turned out that a completely new system was needed.

The current solution is a grain screw that fills the container but the transport of it is expensive and it cannot measure the mass flow of cereals. The new solution is a semi-supported conveyor belt on wheels with its own power source, which in turn means that no effort is required by the customer.

During the course of the work, observations were made, and information was collected on the side of several meetings with the project leader where various problems were discussed and solutions to these were developed.

Language: Swedish Key words: conveyor, cereals, export

Innehållsförteckning

1	Inledning.....	1
1.1	Bakgrund	1
1.2	Syfte	1
1.3	Avgränsning.....	2
1.4	Farm-XPort Oy.....	3
1.5	Disposition	4
2	Teori	5
2.1	Export av spannmål.....	5
2.2	Lastning av spannmål i container med skruv.....	5
2.3	Ny lösning för lastning av spannmål i container.....	7
2.4	Produktutvecklingen.....	7
2.4.1	Ramen	7
2.4.2	Effektbehov	8
2.4.3	Förspänning.....	9
2.4.4	Vågens hastighetsmätning	10
3	Metod	11
3.1	Möte med uppdragsgivaren	11
3.2	Observationer	11
4	Resultat	12
4.1	Ramen	12
4.2	Rullar.....	14
	Rullarnas konstruktion	14
	Rullarnas sammansättning samt infästning	15
4.3	Ändrullarna.....	16
4.3.1	Drivande rullen.....	17
4.4	Returrullarna	19
4.5	Vågen.....	19
4.6	Transportbandet.....	21
4.6.1	Bandet.....	21
4.6.2	Förspänning.....	22
5	Diskussion	24
6	Källförteckning.....	25

1 Inledning

Detta kapitel ger en inblick i examensarbetet, innehållande bakgrund och syftet till arbetet, avgränsningar, en presentation av företaget samt en disposition.

1.1 Bakgrund

Farm-XPort Oy:s affärsidé är export av specialspannmål i mindre mängder i en innersäck som rymmer en hel container. Till specialspannmål kan man räkna till exempel glutenfri havre, diverse spannmål av normalt högre kvalitet samt bovete. För det mesta har det fungerat som det skall men emellanåt dyker det upp problem, främst med för stora kast i totalvikten på containern. Det krävs även en för stor insats av kunden för att lasta spannmålet och därför krävs en ny maskin för lastningen.

När en lastcontainer levereras med fartyg så måste vikten hållas under en viss gräns. Problem har uppstått med den befintliga lastaren eftersom det inte finns en möjlighet att bygga in en våg i den givet restriktionerna i hur stor lastaren får vara. Det enda sättet som funnits hittills är lastbilens inbyggda våg där vikten kan variera.

1.2 Syfte

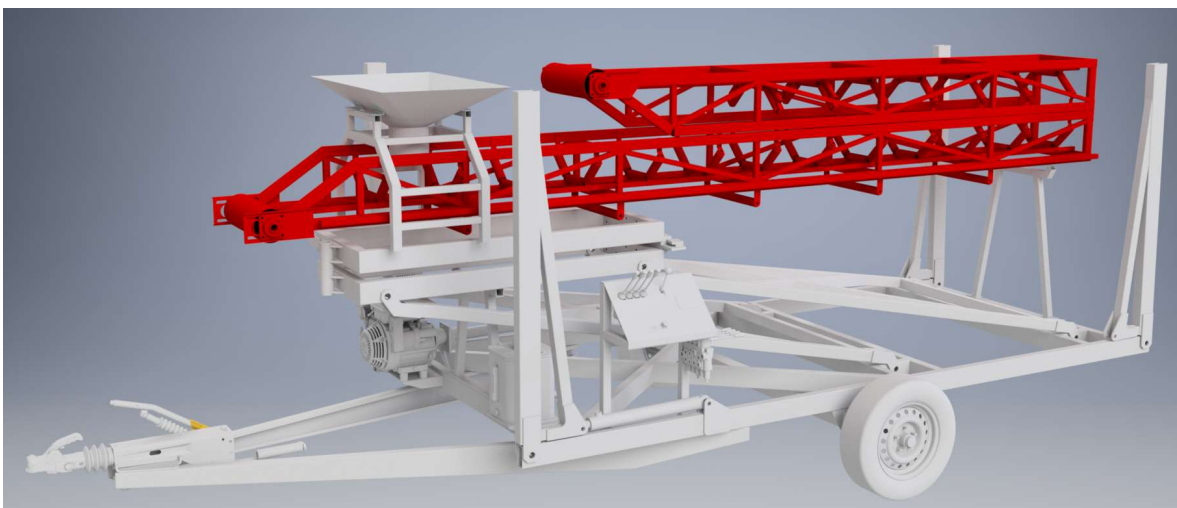
Syftet med examensarbetet var att planera och i ett senare skede konstruera en fungerande prototyp av en halvuren lastningsmaskin för lastning av spannmål i containrar. Företaget har en lastningsskruv från tidigare, men för att denna skall fungera behövs en insats av kunden i form av en traktor eller annan maskin med frontlastare samt elektricitet. Verkligheten är att alla kunder inte äger en maskin som uppfyller kraven och på så vis förloras kunder.



Figur 1. Skruven, hopvikt.

1.3 Avgränsning

Detta examensarbete avgränsas till själva transportbandets planering och lösandet av några av de nämnda problemen. I figur 2 visas hela maskinen med avgränsningen för detta examensarbete i röd färg.



Figur 2. Hela maskinen med transportbandet i röd färg.

1.4 Farm-XPort Oy

Farm-XPort är ett företag ägt av odlare som specialiserar sig på export av spannmål och proteinväxter. Företaget grundades 2017 för att möta efterfrågan på glutenfri havre, både konventionell och ekologisk, med spårbarhet. Företagsidén är att exportera specialspannmål i containers försedda med innersäck. På det här sättet kan man ha full spårbarhet samt också leverera sortrena partier vilket inte kan uppnås med bulk båtexport. Farm-XPort sköter hela logistiken ända från gården var det lastas till slutanvändaren, till exempel en kvarn i Italien. Slut användaren kommer överens med företaget om när råvaran behövs och Farm-XPort sköter om att den kommer fram i tid. På detta sätt kan man hålla lagernivåerna låga samt det fastsatta kapitalet lågt. Detta har lett till att stort fokus har lagts på glutenfri havre som måste vara extremt rent från kontaminering av andra spannmåls slag. Förutom konventionellt odlat spannmål fokuserar företaget även på ekologiskt odlade spannmål. Farm-XPort är ett av mycket få företag som har detta som affärsidé.

För att hålla allting så kostnadseffektivt som möjligt sker lastningen på odlarens gård. På detta vis behöver Farm-XPort inte några som helst faciliteter att lagra spannmålet i tills det är klart att skickas iväg. Problemet med detta, som löses i detta examensarbete, är att odlarna inte själv har ett sätt att noggrant väga spannmålet eftersom det i normala fall sker hos köparen.

Farm-XPort är ett litet företag som under sitt första hela kalenderår hade en omsättning på lite över 500 000 euro och spannmålsvolymen som exporterats under den tiden var ungefär 2000 ton. Lastningslogistiken sköts av en utomstående privat entreprenör men företaget äger själv lastningsinfrastrukturen (skruven).

En sammanfattning av hela lastningsprocessen:

1. Lastbilen kör från depån till hamnen efter en container.
2. Lastbilen kör till depån och lastar in skruven i den tomma containern.
3. Containern och skruven körs till destinationen för lastning.
4. Skruven tas ur containern och fästes till exempel på en traktors frontlastare.
5. Påsen fästes i containern.
6. Skruven lyfts upp emot tömningsröret från silon.

7. Containern backas så att skruven löper in genom öppningen i påsen.
8. Containern lastas med spannmål.
9. Containern körs till hamnen.
10. Lastbilen kör efter skruven och tillbaka till depån.

1.5 Disposition

Detta kapitel innehåller en kort beskrivning om vad varje kapitel innehåller.

1. Kapitel 1 inleder examensarbetet genom att beskriva uppgiftens bakgrund, syfte och mål. I detta kapitel beskrivs även avgränsningar samt en presentation om företaget.
2. Kapitel 2 beskriver exporten av spannmål, hur exporten kan ske samt varför företaget exporterar i container. Kapitlet innehåller även en förklaring varför det nuvarande systemet inte fungerar samt vilka grunder den nya lastningsmaskinen bygger på.
3. Kapitel 3 beskriver metoderna som använts för beslutsfattning samt varifrån idéer har tagits.
4. I kapitel 4 beskrivs utvecklingen och beslutsfattningen bakom de olika komponenterna som hör till transportbandet.
5. Kapitel 5 avslutar examensarbetet med en diskussion.

2 Teori

I detta kapitel tas teorin upp bakom examensarbetet och det redogörs varför den nuvarande maskinen inte står upp till uppgiften.

2.1 Export av spannmål

När man exporterar spannmål används i huvudsak tre olika transportmedel, närmare bestämt båt, lastbil och tåg. I händelseförloppet är så gott som alltid båtfrakt inblandat och lastbilens samt tåget används för att transportera spannmålet till och från hamnen.

Båt är det absolut billigaste sättet för transport när man exporterar stora mängder spannmål, upp till hundratals ton. Lastbilstransport blir snabbt dyrt på grund av begränsningar av hur mycket lastbilen får bära och tåget kan inte användas över hav.

Farm-XPort exporterar i mindre mängder och därför kan spannmålet inte lastas på båt som konventionellt gods, löst i ett stort lastutrymme, av denna orsak används containers vid exporten.

En 20-fots container får lastas helt full eftersom det inte överskrider viktbegränsningarna men denna container är mindre kostnadseffektiv eftersom det inte ryms så mycket spannmål i den och därför använder Farm-XPort i huvudsak 40-fots containers. Några vanliga viktbegränsningar på hur mycket man får lasta i de olika europeiska länderna i en 40-fots container:

Italien	24 ton
Tyskland	25 ton
Finland	28 ton

(DSV , 2019)

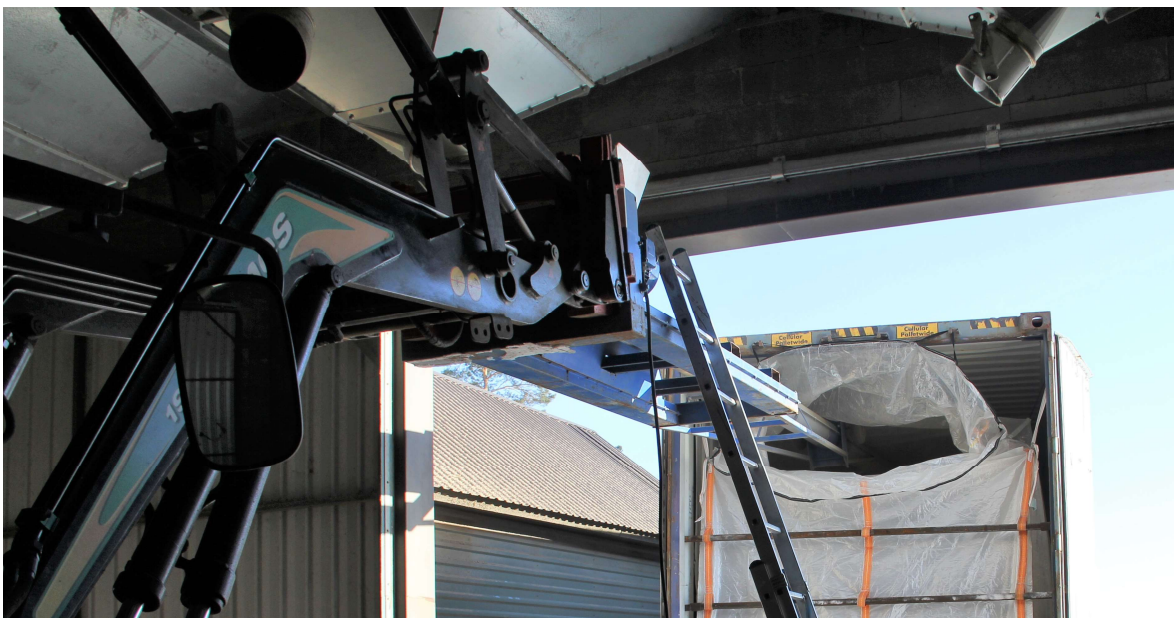
2.2 Lastning av spannmål i container med skruv

I nuläget sker lastningen på så sätt att en container förbereds genom att en innersäck med en låg öppning i bakre ändan fästs på insidan av containern, för att spannmålet inte skall läcka ut och på så vis hållas rent av hygieniska skäl.



Figur 3. Container med innersäck.

Sedan måste skruven lyftas upp tillräckligt högt så att den går in igenom öppningen i påsen. Detta förverkligas genom att skruven har hål för truckpiggar var en traktor med frontlastare lyfter den ifrån.



Figur 4. Upplyft skruv.

Vid detta skede är allt färdigt för att lastbilen backar bakåt så att skruven kommer in i containern. När skruven är tillräckligt långt inne i containern kan strömmen kopplas till

skruven och motorn sätts igång. Slutligen släpps spannmålet in i skruven var det skruvas in i containern.

I den nuvarande lastningsprocessen finns det onödiga steg som tar extra tid och för med sig extra kostnader. Förutom detta finns det ett antal praktiska brister med skruven. Den största bristen är omöjligheten att mäta massflödet på ett smidigt och kompakt sätt vilket också är den huvudsakliga motiveringen till att det behöver utvecklas ett nytt system för lastningen. Andra brister är transporten av skruven, vilken behöver en extra resa med lastbil. Ur Farm-XPorts perspektiv skall kunden inte behöva engagera sig i form av att måsta bidra med någon form av maskin att lyfta skruven eller bidra med elektricitet.

2.3 Ny lösning för lastning av spannmål i container

Det grundläggande kravet för det nya systemet är att kunna noggrant mäta massflödet av spannmålet då det lastas in i containern. Detta innebär att en skruv inte kan användas och således behövs det ett helt nytt system. Idén med ett transportband uppstod då det insågs att det är mycket enkelt att mäta flödet av material över ett transportband. Mätningen av vikten är ytterst viktig eftersom det inte finns en standardiserad maximalvikt vad en lastbil får bära inom EU-området. Dessutom kan hamnen vägra ta emot containern om den väger för mycket och detta leder i sin tur till att containern måste köras någonstans var det kan tömmas en del av lasten för att möta viktbegränsningarna.

Eftersom det är mycket ovanligt att exportera så små mängder spannmål som man dessutom lastar på kundens gård så finns det inte färdiga lastningsanordningar som uppfyller kraven. I jämförelse med den nuvarande lösningen är den nya lösningen halvburen, det vill säga den har hjul och man får dra den efter lastbilen och på så vis undvika den extra resan. Den nya lösningen kräver dessutom ingen insats av kunden eftersom den reser sig själv och har en egen bränslemotor som ger kraft till de olika funktioner den erbjuder.

2.4 Produktutvecklingen

I detta kapitel tas produktutvecklingen upp och beskriver de formler som använts.

2.4.1 Ramen

Vid utvecklingen av själva ramen, fackverkskonstruktionen, lades inte hemskt mycket tyngd på att beräkna hållbarheten för hand eftersom det i nuläget finns program som gör

beräkningarna automatiskt utifrån en 3D-modell. I detta examensarbete användes Autodesk Inventor 2018 för modelleringen samt simulationen av ramens hållfasthet. Materialet som användes i analysen var konstruktionsstålet S355.

2.4.2 Effektbehov

För att kunna dimensionera den drivande rullens motor rätt krävdes beräkningar på effektkravet. Dessa beräkningar gjordes i enlighet med Bridgestones anvisningar i manualen Conveyor belt design manual.

Den grundläggande formeln för effektkravet lyder:

$$P = P_1 + P_2 + P_3 + Pt \quad (1)$$

var P är den totala effekt som krävs, P_1 är den horisontella kraften utan last på bandet, P_2 är den horisontella kraften för lasten på bandet, P_3 är den vertikala lasten på bandet ifall det finns lutning samt Pt som är kraften för ett matningssystem, ”tripper/stacker”. Eftersom transportbandet är planerat att lasta horisontellt utan ett matningssystem så kan P_3 och Pt försummas från beräkningarna.

P_1 beräknas enligt:

$$P_1 = \frac{f(l+l_0)W \times v}{6120} \quad (2)$$

var f är friktionskoefficienten som fås ur tabell, l är längden på transportbandet, l_0 är den justerade längden på bandet som också fås från tabell, W är vikten på rörliga delar förutom materialet som transporteras, v är hastigheten på bandet och 6120 är en korrigeringsfaktor. Denna korrigeringsfaktor ställde till med problem med enheterna i MathCad och därför skrevs formeln om till:

$$P_1 = g \times f(l + l_0)W \times v \quad (3)$$

var tyngdkraftsaccelerationen g används.

Vikten för de rörliga delarna W beräknades enligt:

$$W = \frac{W_c}{l_c} + \frac{W_r}{l_r} + 2W_1 \quad (4)$$

var W_c är vikten på en trio av de bärande rullarna, l_c är avståndet mellan de bärande rullarna, W_r är vikten på en returrulle, l_r är avståndet mellan returrullarna och W_l är vikten på bandet per meter.

P_2 Beräknades enligt:

$$P_2 = \frac{f(l+l_0)W_m \times v}{6120} \quad (5)$$

var samma variabler används förutom den nya W_m vilken är tyngden på material som förflyttas per meter vilken uppskattades till 10 kg/m. Även här ställde korrigeringsfaktorn till med problem och formeln skrevs om som:

$$P_2 = g \times f(l + l_0)W_m \times v \quad (6)$$

(Bridgestone, u.d.).

2.4.3 Förspänning

För att ett transportband inte skall slira när det appliceras last så krävs det en förspänning av bandet. Den erforderliga spänningen beräknas genom:

$$F = F_1 - F_p + F_2 \quad (7)$$

var F_1 är spänningen på den bärande sidan av bandet, F_2 är spänningen på retursidan av bandet och F_p är den effektiva spänningen.

F_p beräknas med hjälp av formeln:

$$F_p = \frac{P}{v} \quad (8)$$

F_1 beräknas med hjälp av formeln:

$$F_1 = F_p \times \frac{e^{u\theta}}{e^{u\theta} - 1} \quad (9)$$

var u är friktionskoefficienten mellan den drivande rullen och bandet som fås ur tabell och θ som är kontaktvinkeln mellan drivande rullen och bandet.

F_2 Beräknades på liknande sätt som F_1 :

$$F_2 = F_p \times \frac{1}{e^{u\theta} - 1} \quad (10)$$

(Bridgestone, u.d.).

2.4.4 Vågens hastighetsmätning

Vid planeringen av vågen var det klart direkt i början att själva viktmätningen sker genom lastsensorer. Det som inte var helt klart var hur hastigheten på bandet skall mätas. Det finns många olika sätt att mäta hastigheten på någonting som till exempel med laser eller ett hjul som trycks emot bandet och rotationen registreras på något vis. Idén att använda laser slopades direkt eftersom det skulle behövas någon slags markering på bandet med jämna intervaller som lasern känner av. Dessa markeringar skulle antagligen vara målade och därmed slitas bort snabbt. I och med detta lades all fokus på ett system var ett fritt rullande hjul trycks emot bandet och hjulets rotation registreras med hjälp av en sensor. Ett sätt att förverkliga detta skulle vara att fästa en magnet med varierande poler längs periferin och använda en hallsensor för att registrera den skiftande polariteten. Detta tillvägagångssätt kräver att hallsensorn är mycket nära magneten för att få exakta värden och det kan leda till problem ifall det samlas damm och smuts på magneten.

Ett bättre system som senare valdes till förverkligande är ett kugghjul med fyrkantiga kuggar som fästes i sidan på hjulet. Registreringen av rotationen sker här med hjälp av en induktiv sensor som kan vara på längre avstånd från hjulet än en hall-sensor och är därför inte lika känslig för smuts. En illustration av detta system presenteras i figur 16 och 17.

3 Metod

I detta kapitel beskrivs hur det kommits fram till denna lösning och vilka metoder som används vid val av de olika funktionerna.

3.1 Möte med uppdragsgivaren

När förslaget att planera denna maskin som examensarbete kom så var den första tanken att enbart förbättra den nuvarande lösningen genom att endast laga maskinen halvturen, alltså den har egna hjul. Efter några möten med de andra i företaget så beslöts det att skruven inte var ett bra alternativ på grund av omöjligheten att väga godset. Det gjordes en så kallad beslutsmatris i vilken man har två eller flera olika lösningar samt olika kriterier. Dessa alternativ jämförs med varandra och får poäng efter hur viktiga de är. I denna matris användes endast ja eller nej i istället för en poängskala som går från noll till tre poäng. (Virginia Tech, 2010).

Tabell 1. Beslutsmatris.

Argument	Skruv	Transportband
Möjlighet att mäta flödet		X
Snabbt flöde		X
Simpel	X	
Billig	X	
Lågt krav på effekt		X
Resultat	2	3

3.2 Observationer

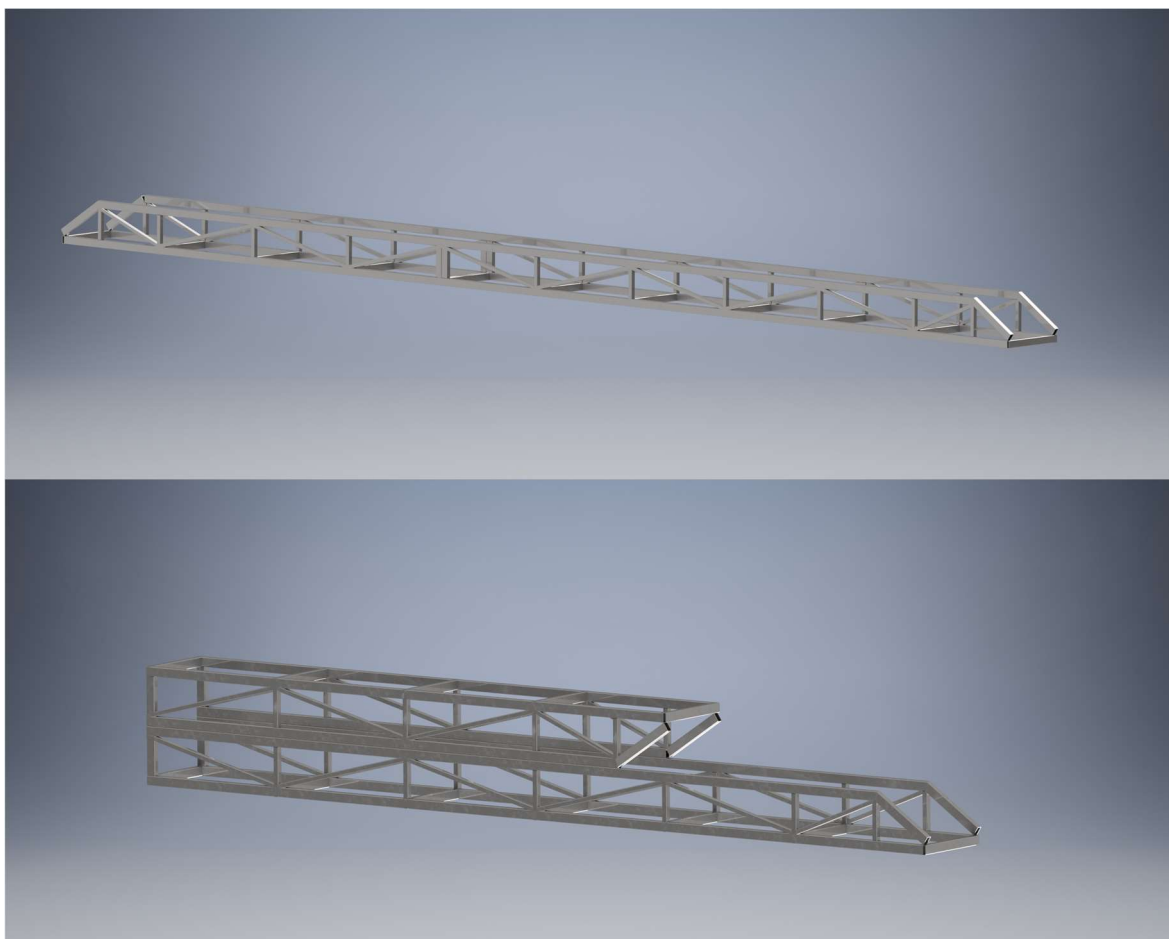
Den största delen av besluten i planeringen av maskinen baserar sig på observationer av vad som redan finns. Transportband har funnits i många år och har bevisats fungera smidigt och pålitligt.

4 Resultat

Detta kapitel beskriver utvecklingen av transportbandet och dess komponenter samt varför vissa beslut har fattats.

4.1 Ramen

Eftersom standardlängden på de lastcontainers som används är 20 eller 40 fot (ca. 6 eller 12 meter) så måste transportbandet vara tillräckligt långt för att jämnt kunna fylla containern. Ramen på detta transportband blir därför omkring nio meter lång. Denna längd för dock med sig problem gällande transport av maskinen. Lösningen till detta är att konstruera ramen i två delar, ena delen 3,2 m och den andra 5,8 m lång, som sedan kan vikas ihop.

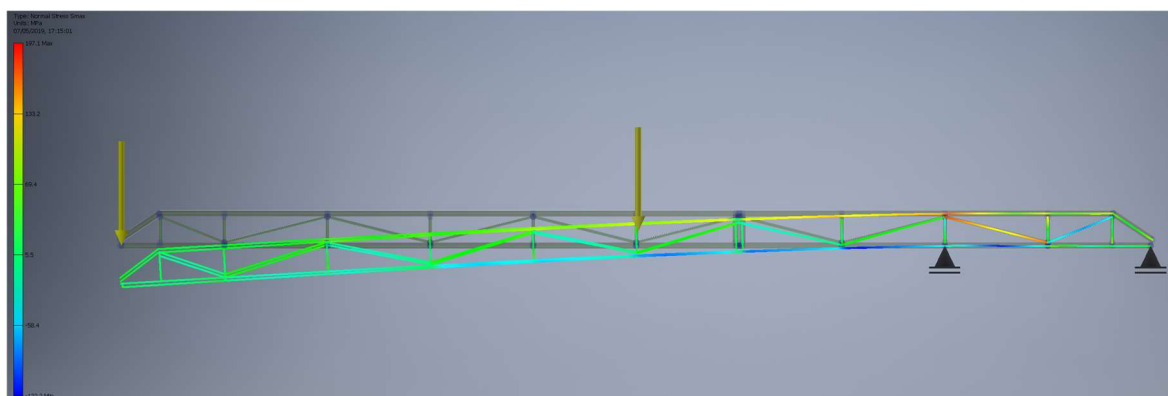


Figur 5. Utvikt samt hopvikt ram.

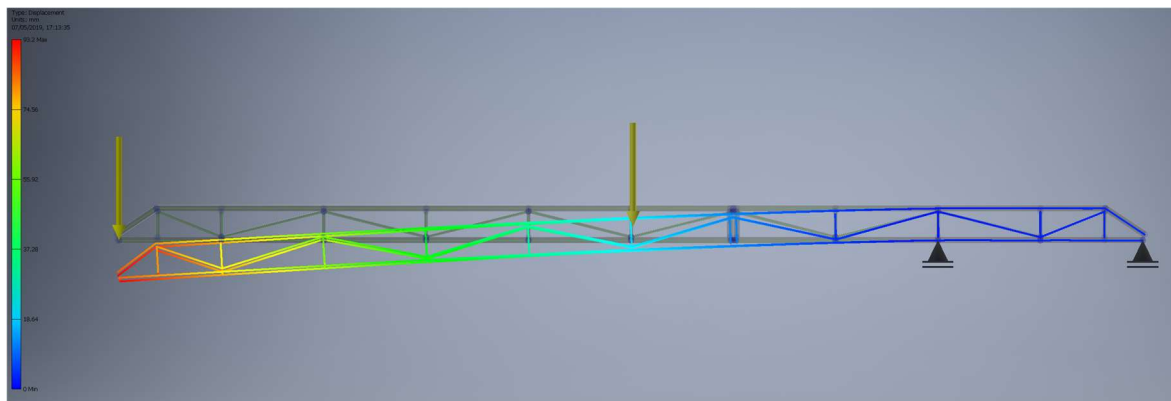
Totala höjden på transportbandet avgränsas av den öppning som bandet skjuts in igenom i påsen i containern. Detta leder i sin tur till att den högsta tillåtna höjden på konstruktionen är ungefär 60 cm och därför används en fackverkskonstruktion.

Det är allmänt känt att fackverkskonstruktioner är mycket starka eftersom varje sektion i fackverket består av endast tre strävor och på så vis finns det ingen möjlighet för konstruktionen att röra på sig. All last koncentreras i de så kallade knutpunkterna, punkterna var strävorna fästs i andra strävor, och detta gör uträkningar av fackverket relativt enkla. Istället för att räkna för hand valde jag att göra en numerisk analys med hjälp av finita element metoden. Analysen baserar sig på 3D-modellen för att se hur höga spänningsnivåer som uppstår samt hur stor nedböjning som uppstår. Vid analysen användes två laster, tyngdkraften samt en utspridd last över den sista tvärsträvan i konstruktionen. Den utspridda lasten hade en storlek av 3000 N för att simulera en överkligt hög last längst ut på bandet. Modellen låstes i fyra punkter som motsvarar var den riktiga konstruktionen skulle bäras upp.

Spänningsnivåerna som uppnåddes i analysen hade en storlek av 197 MPa, vilket underskrider materialets sträckgräns på 355 MPa med god marginal. Nedböjningen över hela längden på konstruktionen var endast 93 mm, vilket är att förvänta över ett så långt transportband. Som väntat uppstår den största spännskongregationen vid det främre stödet eftersom där bildas en brytpunkt. Om detta visar sig vara ett problem kan den bakre ändan av transportbandet förstärkas genom användning av tjockare väggar i rörprofilerna.



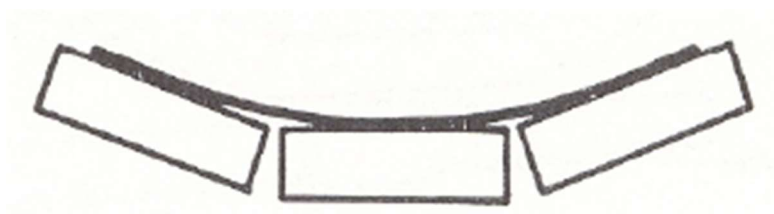
Figur 6. Spänningsnivåer. Höga spänningar i rött, låga i blått.



Figur 7. Nedböjning. Stor nedböjning i rött, låg i blått.

4.2 Rullar

I ett transportband bärs själva gummibandet upp av rullar. Oftast är det en konfiguration av grupper av tre stycken rullar i bredd var de yttre är i vinkel med den mittersta. En vanlig vinkel som bevisats fungera bra mellan rullarna är 30 grader. (Fenner Dunlop, 2009) För att hålla ner vikten på konstruktionen så används relativt små rullar med en diameter på 45 mm och en längd på 150 mm. Avståndet mellan trion av rullar i ramen är 350 mm men om det visar sig att det är för mycket så kan detta avstånd förkortas.



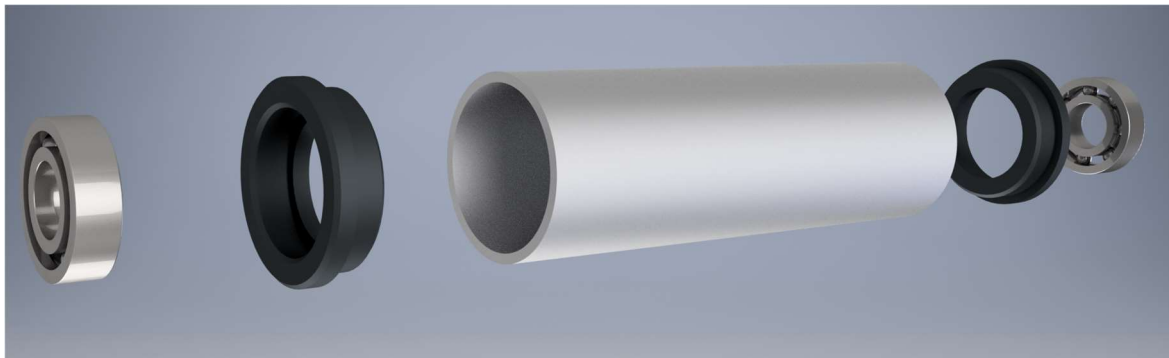
Figur 8. Illustration av rullarna. (Fenner Dunlop, 2009)

Dessa beslut borde dock inte leda till problem eftersom lasten på bandet hålls låg i och med att spannmål har en densitet på endast omkring 650 kg/m^3 och bandet har en rätt så hög hastighet.

Rullarnas konstruktion

Rullarna består av en bit aluminiumrör av dimensionerna 45x2.5, plastbussningar och två kullager. Aluminium används för att hålla ner vikten samt undvika korrosion som skulle förekomma vid användning av stål. Stålet kunde målas för att undvika korrosion men färgen skulle till slut slitas bort. Plastbussningen krävs för att få en bra passning mellan röret och

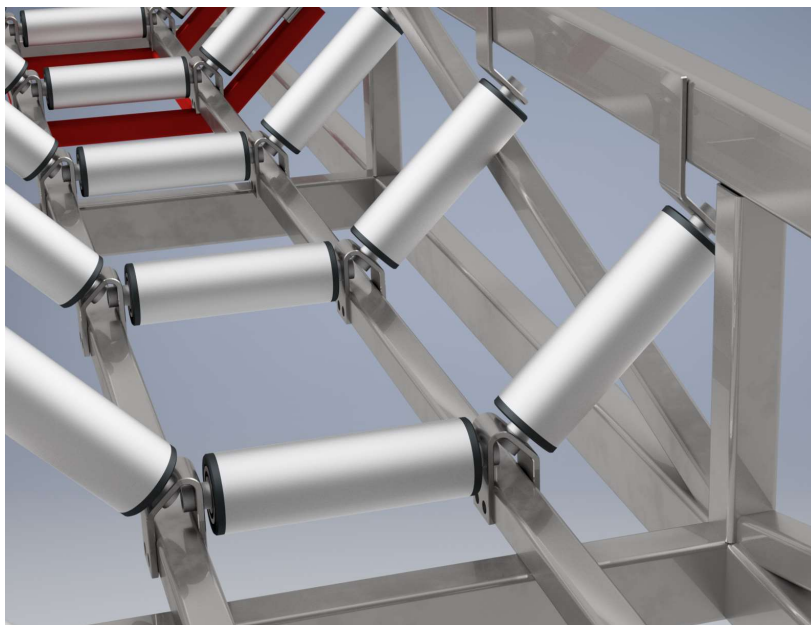
lagret så att delarna kan pressas ihop och på så vis behövs ingen extra infästning. Genom att anpassa bussningens dimensioner efter lagret kan man få ner priset på delen genom att använda ett kullager av en ”vanlig” storlek, vilket är billigare och spelar en större roll i slutändan eftersom det behövs totalt omkring 150 kullager till transportbandet.



Figur 9. Rullens komponenter.

Rullarnas sammansättning samt infästning

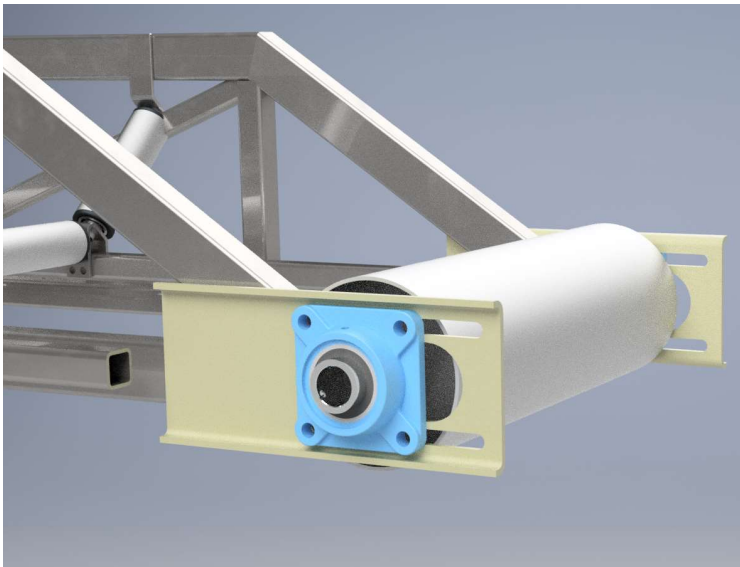
Som tidigare nämnts så bärs gummibandet upp av grupper av tre rullar i vinkel till varandra. Dessa grupper konstrueras genom att ta tre färdiga rullar, tre aluminiumrör samt fyra bockade plattjärnsbitar som infästes i ramen.



Figur 10. Grupper av rullar infästa med bultförband.

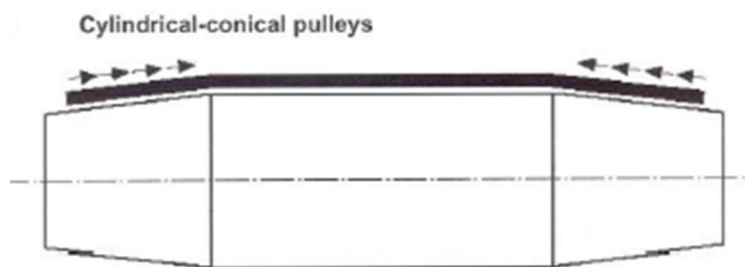
4.3 Ändrullarna

I bägge ändor av transportbandet finns det en rulle med större diameter. Diametern på dessa bestäms efter vilket transportband som används. I den bakre ändan finns den dragande rullen som får kraft från en hydraulmotor. Vanligtvis skulle den dragande rullen vara i främre ändan av bandet men eftersom det handlar om livsmedel och hydraulik så placeras den i bakre ändan i fall det skulle uppstå oljeläckage. I den främre ändan finns en fritt rullande rulle med samma diameter som den dragande rullen. Förspänningen i bandet sker genom att flytta den främre rullen antingen framåt eller bakåt i avlånga hål.



Figur 11. Främre rullen med spännmån.

Om det visar sig att bandet inte hålls centrerat så måste en cylindrisk-konisk ändrulle tillverkas som styr bandet till mitten.



Figur 12. Cylindrisk-konisk rulle. (Fenner Dunlop, 2009)

4.3.1 Drivande rullen

Den drivande rullen bör beläggas med gummi för att den skall få ordentligt grepp på gummibandet så att onödigt slirande, och därmed slitage, skall undvikas. För att vidare minska risken för slirning så kan det sättas in en mindre rulle före den drivande för att ge större kontaktvinkel mellan bandet och rullen.



Figur 13. Extra rulle för grepp. (Bridgestone, u.d.)

Hydraulmotorn förser den drivande rullen med vridmoment genom en kuggremstransmission. Detta i första hand så att motorn inte behöver sticka ut åt sidan från transportbandet och blir på så sätt mer skyddad. Hastigheten behöver inte regleras med utväxlingen i kuggarna eftersom det är en hydraulmotor och kan justeras med flödesventiler.

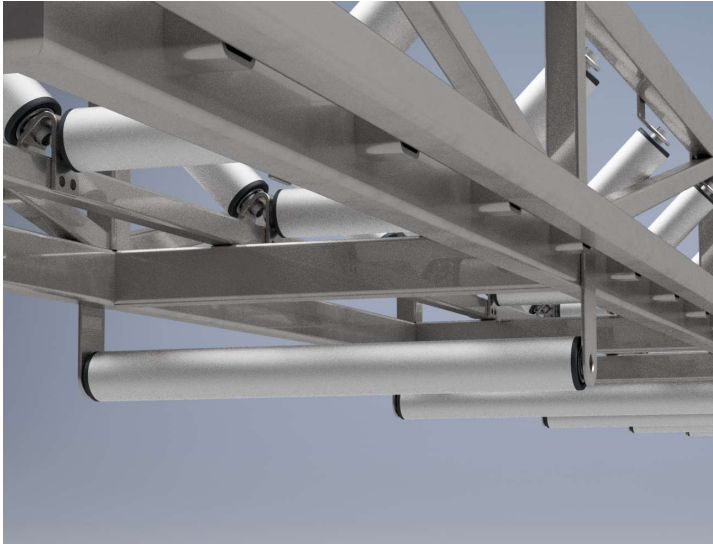
För att transportbandet över huvud taget skall kunna transportera någonting behövs en motor som är anpassad till maskinen. Detta beräknas med hjälp av formlerna 1 till 6 som redogjorts för i kapitel 4.2.2. Resultaten presenteras i figur 14 och visar att det krävs en axeleffekt på ungefär 425 W för att bandet skall klara av att röra sig i 1,67 m/s (100 m/min).

$f := 0.022$	Friktionskoefficient (tabellvärde)
$l_0 := 66 \text{ m}$	Justerad längd på bandet (tabellvärde)
$l := 8.4 \text{ m}$	Längden på bandet
$v := 100 \frac{\text{m}}{\text{min}} = 1.667 \frac{\text{m}}{\text{s}}$	Hastigheten på bandet
$W_1 := 1.76 \frac{\text{kg}}{\text{m}}$	Bandets vikt per meter
$W_c := 0.21 \text{ kg} \cdot 3 = 0.63 \text{ kg}$	Vikten på en trio av bärande rullar
$W_r := 0.481 \text{ kg}$	Vikten på en returrulle
$l_c := 0.35 \text{ m}$	Avstånd mellan bärande rullar
$l_r := 0.8 \text{ m}$	Avstånd mellan returrullar
$W := \frac{W_c}{l_c} + \frac{W_r}{l_r} + 2 \cdot W_1 = 5.921 \frac{\text{kg}}{\text{m}}$	Vikt på rörliga delar bortsett från spannmålet som flyttas
$W_m := 10 \frac{\text{kg}}{\text{m}}$	Vikt på materialet som flyttas
$P_1 := g \cdot f \cdot (l + l_0) \cdot W \cdot v = 158.408 \text{ W}$	Effektkrav för tomt transportband
$P_2 := g \cdot f \cdot (l + l_0) \cdot W_m \cdot v = 267.525 \text{ W}$	Effektkrav för förflyttningen av spannmålet
$P := P_1 + P_2 = 425.934 \text{ W}$	Totala effektkravet

Figur 14. Uträkningar av effektkravet på den drivande rullen gjorda i Mathcad.

4.4 Returrullarna

Returrullarna är stort sett exakt samma konstruktion som de små rullarna i kapitel 4.2 med den enda skillnaden att de är längre. Dessa placeras på undre sidan av ramen för att bära upp bandet.



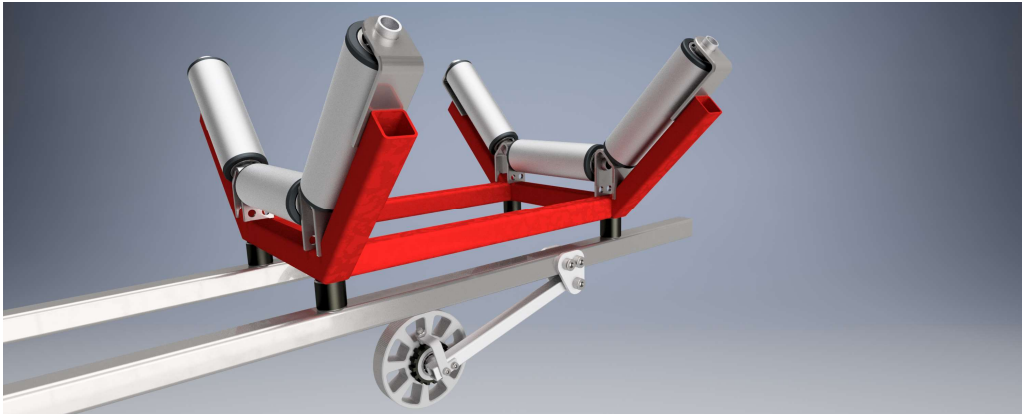
Figur 15. Returrullarna.

4.5 Vågen

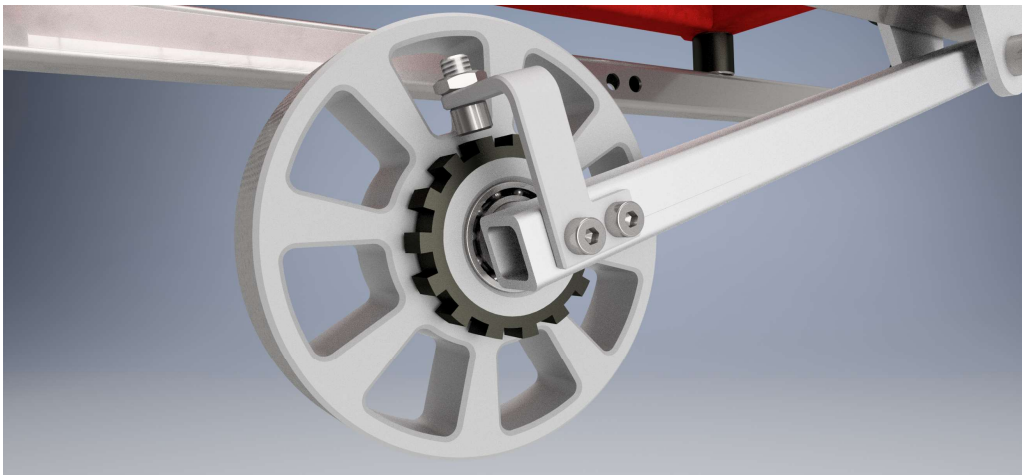
Som tidigare poängterats, är det mycket viktigt att det finns ett sätt att mäta flödet över transportbandet. En potentiell lösning till detta skulle vara att använda sig av en sensor som fästs i sidan på ett vertikalt rör med fritt fallande materia i. Denna lösning skulle vara mycket exakt i dagens läge men eftersom höjden på konstruktionen är begränsad så ryms inte det vertikala röret någonstans.

Den näst bästa lösningen till problemet är något som observerats i verkliga livet och har en simpel funktionsprincip. Lösningen består av en liten skild ram med samma rullar som resten av transportbandet består av. Denna ram bärs upp av fyra lastsensorer, en i varje hörn, som registrerar lasten med hög intervall. På detta vis fås hur många kilogram som finns på en viss sträcka av bandet. För att få hastigheten på bandet så används ett hjul som med hjälp av en hävarm och en fjäder som trycker hjulet emot undre sidan av bandet och registrerar

hastigheten. Hastighetsregistreringen uppnås med hjälp av en induktiv givare som känner av ett kugghjul infäst i sidan av själva hjulet.



Figur 16. Vågen i helhet.



Figur 17. Hastighetsregistreraren.

Med hjälp av massan, m , längden, l , samt hastigheten, v , kan man använda formeln:

$$\frac{m \times v \frac{[kg][m/s]}{[m]}}{l} = [kg/s] \quad (11)$$

för att få ett flöde i enheten kg/s.

4.6 Transportbandet

I detta kapitel behandlas själva transportbandet.

4.6.1 Bandet

Själva transportbandet som löper över rullarna och bär materialet som lastas är gjort av gummi med förstärkningar i. Valet av vilken sorts band som används baserar sig på några olika faktorer.

Den första faktorn är att det skall krävas så lite service som möjligt för att det inte skall uppstå situationer var en container är färdig att lastas men det fallerade bandet orsakar oönskade fördröjningar i form av service. Detta leder till att det måste väljas en sorts band som klarar omständigheterna så som en relativt lätt last, böjning kring de relativt små ändrullarna samt fuktbeständighet ifall det regnar vid transport.

Det finns en hel del olika material som man förstärker transportband med och alla de olika alternativen har sina egna starka och svaga sidor. Några av de vanligaste materialen för förstärkning är bomull, rayon, glas, nylon, polyester, stål och kevlar. I detta examensarbete valdes ett band som är förstärkt genom att det i tillverkningsprocessen vulkaniseras trådar av polyester in i bandet som löper längs hela bandets längd. Polyester valdes eftersom det är mycket starkt, mycket slittåligt och absorberar mycket lite fukt vilket i sin tur leder till att det har en mycket god dimensionell stabilitet. (Fenner Dunlop, 2009).

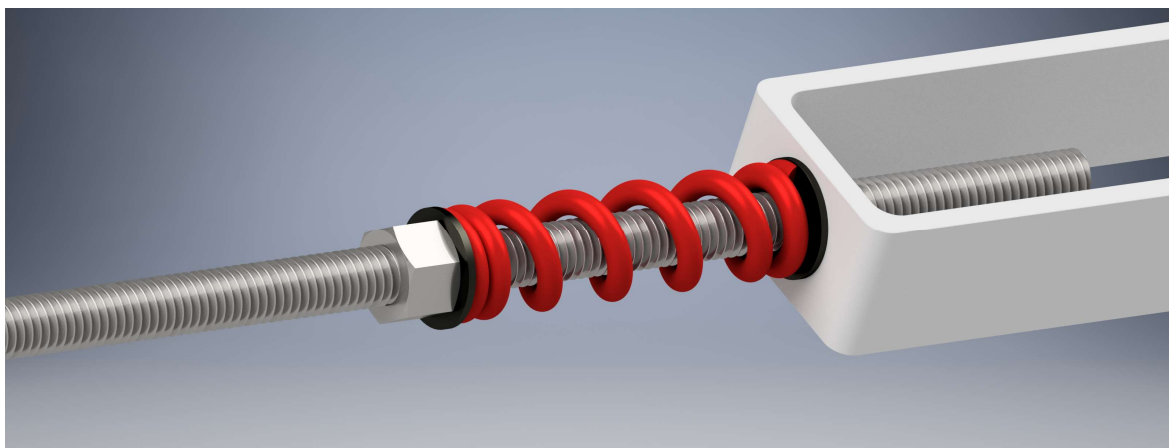
Den andra faktorn är att godset som lastas inte får röra sig hemskt mycket så länge det är på bandet eftersom då kan vågen visa fel. Den största oron om detta kommer från att hastigheten på bandet kan nå rätt så höga hastigheter vilket kan leda till att spannmålet vill rulla bakåt medan det åker på bandet. Detta kontrastas med hjälp av upphöjningar på bandet i V-form.



Figur 18. Transportband med V-formation. (Chevron Belts, u.d.)

4.6.2 Förspänning

För att bandet inte skall slira vid last så krävs det en förspänning. Förspänning betyder att man töjer ut, i detta fall, bandet och på så vis skapas det en spänning som gör att det trycks hårdare emot den drivande rullen. Spänningen kan uppnås på flera olika sätt som till exempel med hjälp av fjädrar eller gängade axlar. För att minska behovet av att kontrollera och justera spänningen så ofta så används här en variation av de båda metoderna nämnda ovan, nämligen en gängad axel med god spännmån ifall bandet skulle töjas ut med tiden samt en fjäder över denna axel som håller upp spänningen. Detta koncept presenteras i Figur 19.



Figur 19. Förspänningskoncept.

Den erforderliga förspänningen måste kalkyleras genom samband mellan drivkraften och transportbandet. I figur 20 presenteras beräkningarna utförda med hjälp av formlerna 7 till 10 i vilka resultatet för förspänningen fastställs till cirka 585 N. (Fenner Dunlop, 2009).

$u := 0.2$	Friktionsfaktor för drivande rullen (Tabellvärde)
$\theta := 180 \text{ deg} = 3.142$	Kontaktvinkel mellan bandet och drivande rullen, radianer
$F_p := \frac{P}{v} = 255.56 \text{ N}$	Effektiva spänningen på bandet
$F_1 := F_p \cdot \frac{e^{u \cdot \theta}}{e^{u \cdot \theta} - 1} = 547.811 \text{ N}$	Spänningen på den bärande sidan av bandet
$F_2 := F_p \cdot \frac{1}{e^{u \cdot \theta} - 1} = 292.251 \text{ N}$	Spänningen på retursidan av bandet
$F := F_1 - F_p + F_2 = 584.501 \text{ N}$	Förspänningen på bandet
$e^{u \cdot \theta} = 1.874$	Kontroll
$\frac{F_1}{F_2} = 1.874$	Kontroll
$F_1 - F_2 = 255.56 \text{ N}$	Kontroll

Figur 20. Beräkningar för förspänningen utförda i Mathcad.

5 Diskussion

Jag är mycket tacksam att jag fått äran att utveckla en så pass viktig maskin för Farm-XPort. Det har varit mycket intressant eftersom jag själv är väldigt intresserad av mekaniska maskiner och det är mitt livs dröm att få utveckla sådana. Egentligen har jag mest baserat de första tankarna, om hur de olika komponenterna skall se ut och fungera ihop, på mina egna erfarenheter och observationer. Med hjälp av den kunskap jag fått under mina studier vid Yrkeshögskolan Novia har jag kunnat förbättra komponenterna så att de rent fysiskt i praktiken kan fungera felfritt.

I början av arbetet verkade det som om det inte behövdes ändras hemskt mycket på den befintliga lösningen men vid vidare eftertanke så bestämdes det att den måste göras om helt och hållet. Det faktum att jag fick planera någonting så pass meningsfullt alldeles från grunden, motiverade mig mycket och det i sin tur har lett till en riktigt saklig och genomtänkt lösning.

Arbetet har pågått i ungefär 17 månader men under stora delar av den tiden har det kunnat bli paus i själva arbetet. Tidtabellen för dokumenteringen har därför blivit knapp och det skapade en del stress på slutrakan. När det verkade som mest omöjligt att bli klar inom utsatt tid fick jag hjälp och stöd av min goda vän Robert S som gav idéer och motivation till skrivandet så att det blev klart i tid.

Även om det tagit länge och varit stressigt mot slutet så är jag nöjd med vad jag åstadkommit och vet att Farm-XPort kommer att ha stor nytta av den nya maskinen då den tillverkas.

Jag vill till slut ge ett stort tack till alla som medverkat på olika sätt och ge ett extra stort tack till min handledare Kaj Rintanen som alltid hjälpt då jag kört fast.

6 Källförteckning

Bridgestone, u.d. *Conveyor belt design manual*. [Online]
<https://www.scribd.com/doc/28382884/Conveyor-Belt-Design-Manual-Bridgestone-1>
[Använd 16 1 2019].

Chevron Belts, u.d. *Made-In-China.com*. [Online]
<https://yokohamarubber.en.made-in-china.com/product/CSlQvjwrEAUH/China-Ep200-Chevron-Conveyor-Belt-V-Shaped-Conveyor-Belt-Made-in-China.html>
[Använd 9 5 2019].

DSV , 2019. *DSV*. [Online]
<http://www.se.dsv.com/vagtransport/transportinformation/maxvikter>
[Använd 21 5 2019].

Fenner Dunlop, 2009. *Conveyor belt manual*. [Online]
https://www.fennerdunlopamericas.com/sites/default/files/u562/conveyor_belt_manual.pdf
[Använd 16 1 2019].

Fenner Dunlop, 2009. *Conveyor handbook*. [Online]
http://www2.hcmuaf.edu.vn/data/dangnh/file/5_Fenner%20Dunlop_%202009_%20Conveyor%20Handbook.pdf
[Använd 16 1 2019].

Virginia Tech, 2010. *Virginia Tech*. [Online]
https://web.archive.org/web/20100601161015/http://www.enge.vt.edu/terpenny/Smart/Virtual_econ/Module2/pugh_method.htm
[Använd 21 5 2019].