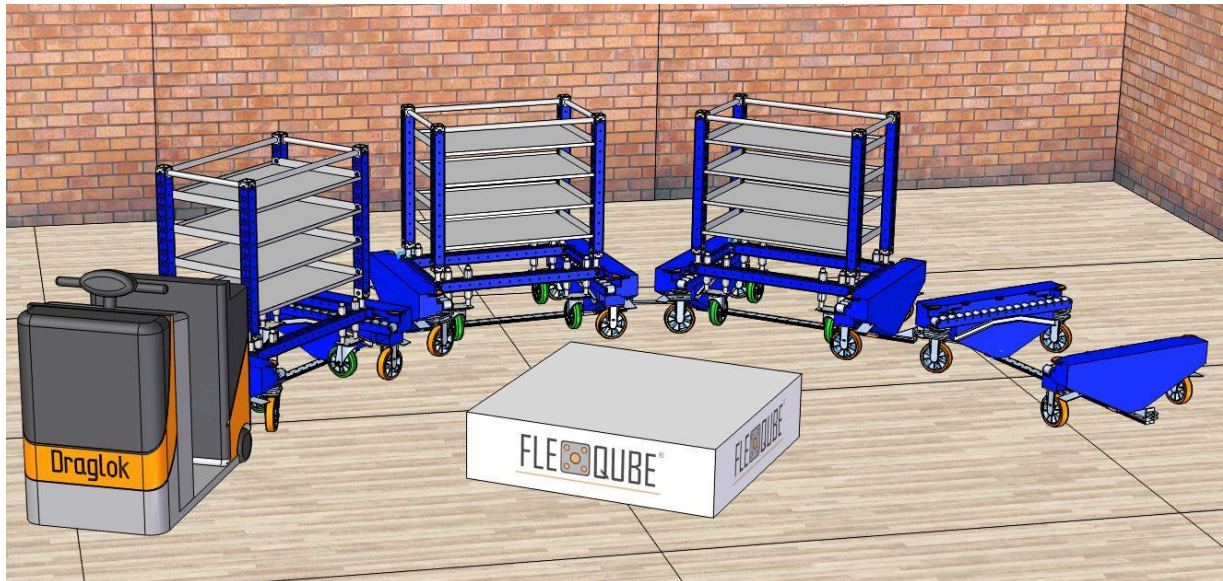


CHALMERS



Materialvagnstransport

Material Cart Transportation System

*Examensarbete för högskoleingenjörsexamen inom
Maskiningenjörsprogrammet*

Daniel Lindell

Joel Sjöberg

Förord

Följande rapport är ett resultat av studenterna Daniel Lindell och Joel Sjöbergs examensarbete (15 hp) för Maskiningenjörprogrammet (180 hp) på Chalmers Tekniska Högskola i Göteborg. Arbetet har genomförts på företaget FlexQube i Göteborg.

”Vi skulle vilja tacka företaget FlexQube för att vi fick möjligheten att genomföra ett intressant och givande examensarbete hos dem. Speciellt skulle vi vilja tacka Per Agustsson på FlexQube för hans goda bemötande och givande vägledning genom hela projektet, vilket vi är mycket tacksamma för. Förutom den tidigare nämnda vill vi tacka Alexander Jakobsson, Julia Gorbunova, Christian Thiel och Anders Fogelberg på FlexQube för trevligt bemötande och den hjälp vi fått.

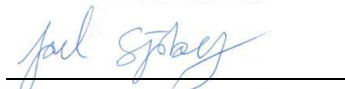
Vi vill även tacka Gert Persson, docent vid Chalmers Tekniska Högskola, för ett mycket gott bemötande och bra vägledning under hela projektets gång. ”

Göteborg, 30 maj 2014.

Daniel Lindell och Joel Sjöberg, Chalmers Tekniska Högskola.



Daniel Lindell



Joel Sjöberg

Sammanfattning

FlexQube, ett växande företag i Göteborg och Georgia, säljer och tillhandahåller ombyggbara materialvagnar/kittingvagnar till industrier så som Volvo, Scania etc. Materialvagnarna transporteras internt i fabriker mellan huvudsakligen lagerområde och arbetsstationer. Idag används vanligen ett transportsystem som kallas ”Tugger Train” för att frakta FlexQube-vagnarna. Detta transportsystem är ett litet tågssystem. Problemet som denna rapport behandlar är att FlexQubes materialvagnar idag transporteras med transportsystem från andra företag än just FlexQube, eftersom att FlexQube inte har ett eget transportsystem.

Syftet med detta arbete är att utveckla och ta fram ett transportsystem som passar in i FlexQubes produktsortiment och som kan transportera FlexQubes materialvagnar i industrimiljö mellan lager och arbetsstation.

I arbetet har en kravspecifikation genererats med krav och önskemål som ställs på den framtagna transportanordningen. I framtagandet av kravspecifikationen användes FlexQubes egen erfarenhet inom materialhantering samt svaren från ett frågeformulär som skickades till några stora företag inom fordonsindustrin i Sverige och USA. En benchmarking genomfördes för att få en översikt av vilka transportanordningar som används idag.

Den transportanordning som genererades i arbetet består av ett draglok samt eftersläpande tågvarnar. FlexQubes materialvagnar lastas på transportanordningens tågvarnar och låses fast automatiskt samtidigt som dess hjul fälls upp från marken. Detaljkonstruktion genomfördes på tågvarnarna samt två stycken hjulupphöjningskonstruktioner som materialvagnens hjul sitter på.

Det framtagna konceptet och dess konstruktion medför flera fördelar. Genom att använda sig av ett tågkoncept kan anordningen röra sig bra i industrimiljö samtidigt som de fraktar flera varnar samtidigt. Den uppfällbara hjulkonstruktionen medför att hjulen inte slits på materialvagnen samt att ljudnivån blir behagligare. Men de största fördelarna med den framtagna transportanordningen är att materialvagnarna går att lasta och lossa från båda sidor av tågvarnen, att tågvarnen kan hantera flera olika storlekar på materialvagnar samt att transportanordningen enkelt kan kombineras ihop med andra typer av materialhanteringssystem.

Inga ekonomiska- eller hållfasthetsberäkningar har genomförts.

Arbetet har genomförts på FlexQube i Göteborg, Sverige.

Summary

FlexQube, an expanding company in Gothenburg and Georgia, is a supplier of material/kitting carts to industries like Volvo, Scania etc. The carts are used for intra-logistic purposes and are mainly used between the stock area and work stations at the lines. Today FlexQube's carts are usually transported by a transportation system called "Tugger Train", this solution can be compared with a train pulling their train carriages. The problem to be solved in this assignment is that FlexQube's carts are being transported intra-logistic by other companies transporting systems than FlexQube's, because FlexQube have not developed an intra-logistic system of their own.

The purpose with this assignment is to develop an intra-logistic transportation system for FlexQube's carts which fits well with FlexQubes product.

In this assignment a requirement specification has been generated from the requirements and demands that a transportation system expect to deliver. The requirements specification was based on FlexQube's own experience of material handling and the questionnaire that was send to a few major companies in Sweden and USA. A benchmarking was made to get a good insight in the intra-logistic systems that are most common today.

The transportation system that was generated in this project is built on a concept with a towing tractor pulling several carriages. When loading the FlexQube carts on the transport system the carts' wheels will be lifted from the ground and the carts will automatically be secured by locking pins. Detail design has been generated on two wheel-lifting constructions and on the carriage in the transporting system.

The generated concept with its construction has many benefits. By having train-carriage concept the cart transportation system can smoothly move in industry environments an also transport several carts at the same time. The generated wheel-lifting construction will make the noise more comfortable and the cart's wheels will not be worn out. The major benefits whit this transportation system is that it will enable loading and unloading of the carts at both sides of the train, it can handle carts with different sizes and this transportation system can be used together with other types of transporting systems.

No economic- or strength calculations have been generated in this report.

This assignment and report have been performed by Daniel Lindell and Joel Sjöberg.

Innehållsförteckning

| | | |
|-------|--|----|
| 1 | INLEDNING | 2 |
| 1.1 | Bakgrund | 2 |
| 1.2 | Företaget FlexQube | 2 |
| 1.3 | Syfte..... | 4 |
| 1.4 | Avgränsningar | 4 |
| 1.5 | Precisering av frågeställningen..... | 5 |
| 2 | METOD..... | 5 |
| 2.1 | Förstudie | 5 |
| 2.2 | Produktspecificering..... | 5 |
| 2.3 | Koncept- & lösningsgenerering..... | 5 |
| 2.4 | Konceptval & Konceptutvärdering..... | 6 |
| 2.5 | Konstruktionsfas | 6 |
| 3 | FÖRSTUDIE..... | 6 |
| 3.1 | Litteraturstudie..... | 7 |
| 3.2 | Frågeformulär | 7 |
| 3.3 | Studiebesök..... | 8 |
| 3.4 | Benchmarking..... | 9 |
| 3.4.1 | Tuggertrain | 9 |
| 3.4.2 | Gaffeltruck | 10 |
| 3.4.3 | Automatiska/semiautomatiska vagnsystem..... | 10 |
| 3.4.4 | Transportband/rälssystem..... | 11 |
| 4 | PRODUKTSPECIFICERING..... | 11 |
| 4.1 | Delfunktioner..... | 11 |
| 4.2 | Kravspecifikation..... | 12 |
| 5 | KONCEPT- & LÖSNINGSGENERERING..... | 12 |
| 5.1 | Dellösningförslag | 12 |
| 5.2 | Konceptpresentation | 13 |
| 5.2.1 | Lösningförslag A: Integrerade system..... | 13 |
| 5.2.2 | Konceptförslag B: Hjul i skenor..... | 14 |
| 5.2.3 | Konceptförslag C: Låg platta med lyftkolvar..... | 16 |
| 5.2.4 | Konceptförslag D, Själdrivande vagn | 17 |

| | | |
|-------|---|----|
| 5.2.5 | Konceptförslag E, AGV | 19 |
| 5.2.6 | Konceptförslag F, Teleskoparm | 21 |
| 5.2.7 | Koncept G: Roterande hjul-lösning..... | 22 |
| 5.2.8 | Konceptförslag H | 24 |
| 5.2.9 | Konceptförslag I..... | 26 |
| 6 | KONCEPTVAL & KONCEPTUTVÄRDERING..... | 28 |
| 6.1 | Konceptval med Kesselringmatis | 28 |
| 7 | KONSTRUKTION..... | 30 |
| 7.1 | Hjulupphöjning..... | 30 |
| 7.1.1 | Hjulupphöjning 1..... | 31 |
| 7.1.2 | Hjulupphöjning 2..... | 34 |
| 7.2 | Transportanordning | 38 |
| 8 | PROTOTYPTILLVERKNING..... | 45 |
| 9 | RESULTAT | 46 |
| 9.1 | Erfarenheter och lärdommar | 47 |
| 9.2 | Noggrannhetsbedömning och problemanalys | 47 |
| 9.3 | Rekommendationer för fortsatt arbete | 49 |
| | Referenser..... | 51 |

Bilagor

Beteckningar

Kitting – En materialvagn förbereds för att skickas ut i produktion till arbetsstation med rätt antal skruv, sladdar etc. för ett visst arbetsmoment. Ökar arbetstakt och kvalitet.

FQ – Företaget FlexQube

Vagn- Definitionen av en vagn har i det här projektet fastslagits till en ram av FlexQube-delar och fyra hjul.

AGV- Automatic Guided Vehicle, Självgående fordon som navigerar sig runt på egen hand. Används ibland vid materialhantering.

Förbrukningsplats – Plats där delar och material monteras eller används. Ex. monteringsstation längs en monterings-line.

Flexbeam – FlexQubes karakteristiska stålbalkar som används för att bygga ihop underreden och annat på materialvagnarna.

Tåg vagn – En vagn som ingår i ett tågliknande transportsystem kallat ”Tugger Train” och fraktar materialvagnar.

Swivelhjul – Hjul som kan rotera runt en vertikalaxel och alltså ändra körriktning. Dessa kan ses på till exempel kundvagnar.

Interface - Standardiserat mönster på hålbild

1 INLEDNING

I inledningen beskrivs bakgrunden till arbetet, syftet med arbetet, vilka avgränsningar som finns samt den preciserade frågeställningen.

1.1 Bakgrund

FlexQube är ett företag, grundat 2011, som utvecklar och tillhandahåller materialvagnar/kittingvagnar till produktionsanläggningar inom huvudsakligen fordonsindustrin. Då en vagn är lastad med material kan den väga upp till 900 kg och har ofta storleken som en lastpall. Fram tills för några år sedan fanns det endast svetsade och klumpiga materialvagnar inom industrierna till ändamålet materialhantering och kitting. Dessa svetsade vagnar får ofta kort livslängd eftersom deras låsta konstruktion inte möter upp de allt mer frekventa förändringar som sker i produktioner. När de svetsade vagnarna inte passar till flera ändamål kasseras de efter en kort tid, vilket leder till stort slöseri. FlexQubes materialvagnar har blivit mycket populär p.g.a. sin flexibilitet och ombyggnadsförmåga. Dessa uppskattade egenskaper erhålls genom att vagnarna är uppbyggda med standardkomponenter vilket medför att man kan bygga om vagnen för att användas på flera olika sätt, om och om igen.

Ett stort problem inom dagens industri är att användandet av gaffeltruckar orsakar mycket skador på både människor och material. Därför försöker man inom de flesta industrier avveckla användandet av gaffeltruck.

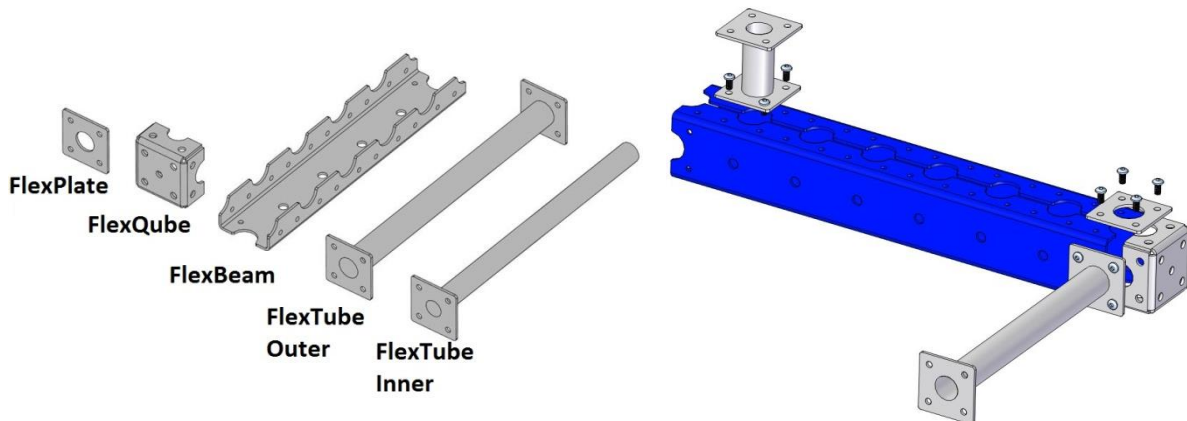
För att förflytta material från lagerplats till arbetsstationerna vid line-produktion, utan att använda gaffeltruck, finns det idag olika förflyttningsanordningar som tillhandahålls av andra företag än FlexQube. Vissa av dessa förflyttningsanordningar används i kombination med FlexQubes materialvagnar och andra är uppbyggda efter helt andra system. FlexQube vill nu utveckla en egen anordning som möjliggör förflyttning av FlexQube-vagnar från lagerplatser till arbetsstationer inom industrin.

1.2 Företaget FlexQube

Per Augustsson, Anders Fogelberg och Christian Thiel är namnen på de tre personer som för tre år sedan grundade och startade bolaget FlexQube. Ett företag som idag, tre år senare, fått in sina produkter på företag som Volvo, Scania, Caterpillar etc.

Det började med att Per, som då jobbade med produktionsplanering, såg en stor brist med materialhanteringen inom industriernas produktion. För att hantera material och kittade vagnar användes svetsade vagnar. Dessa ritades upp, tillverkades och slängdes efter en kort tid p.g.a. den idag allt större variation som sker i produktionen inom industrierna. De svetsade vagnarna var oftast anpassade för en speciell produkt och fick därför kort livslängd då produkten snart uppdaterats mot en ny upplaga. Detta gör användandet av svetsade vagnar ohållbart. Per såg då behovet av en vagn som var flexibel och ombyggbar, en vagn som FlexQubes. De tre grundarna, som är ingenjörer och ekonomer, utvecklade då ett koncept som skulle vara enkelt att montera ihop och bygga om. Konceptet bygger på att man med några få

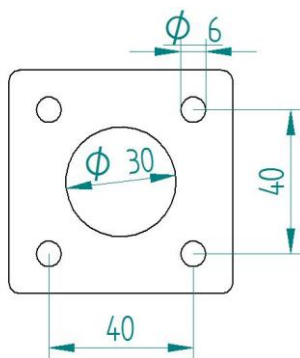
komponenter i standardlängder skall kunna bygga många olika vagnar med olika storlekar och utseende. Standardkomponenterna som utvecklades blev FlexQube, FlexTube, FlexBeam samt FlexPlate, se Figur 1.1. Dessa komponenter tillsammans med endast 4 stycken hjul och ett antal fingängade skruvar kan alltså uppfylla de flesta av kundernas behov. Värt att nämna är också att det finns vissa andra liknande materialvagnssystem, men FlexQubes vagnar är stabilare och klarar större vikter, vilket ofta efterfrågas.



Figur 1.1 FlexQubes grundkomponenter

Figur 1.2 Exempel på hopsättning av komponenter

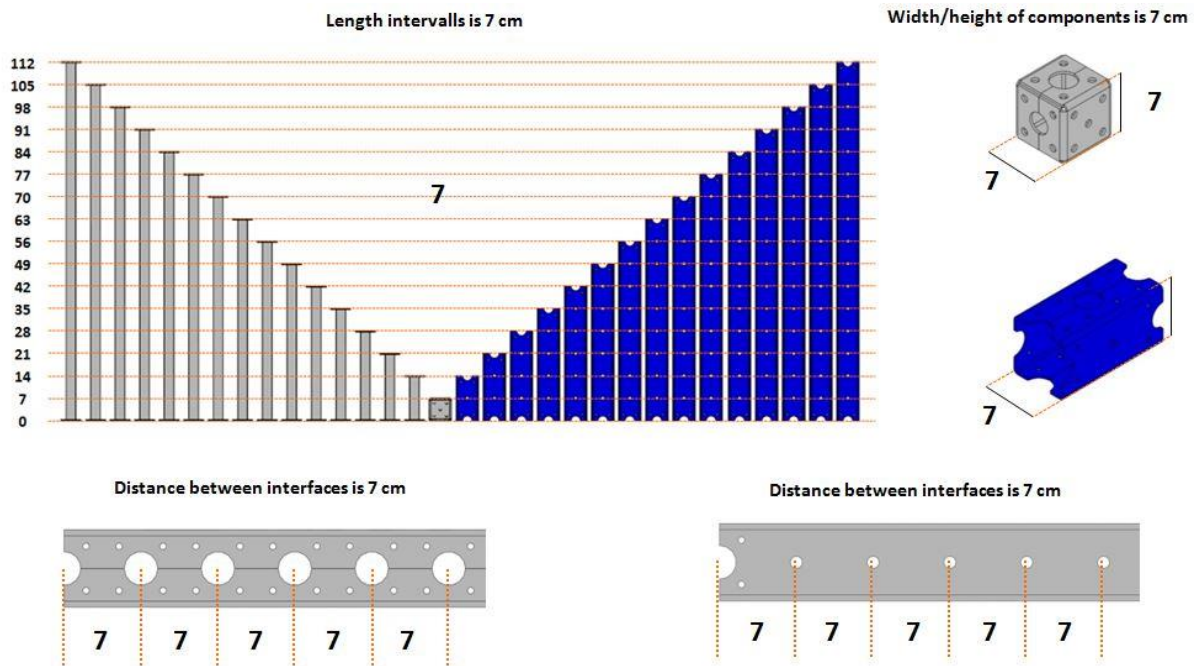
Förutom de smarta komponenterna så utvecklade FlexQube även ett smart interface som återfinns på alla standardkomponenter. Interfacet består av fyra stycken 6 mm hål, ibland gängade, som bildar en 40x40 mm kvadrat med ett hål i mitten som har diametern 25 eller 30 mm. Se Figur 1.3.



Figur 1.3 FlexQubes interface (alla mått i mm)

Tillsammans med interfacet har de valt att jobba med måttintervallet 70 mm. Stängerna (FlexTube) och balkarna (FlexBeam) har varierande längder från 70 mm upp till 1190 mm med 70 mm intervall. Sätts två stycken FlexQube eller FlexBeams ihop så blir även dess yttermått i profil 70x70 mm. I figur 1.4 beskrivs de hålintervall samt de olika längder som Flexbeams och FlexTubes tillverkas i. I figur 1.4 illustreras även hopmonterade FlexQubes och Flexbeams som tillsammans får yttermått 70x70 mm.

Eftersom att alla komponenter i detta koncept har samma interface och längdintervall så har byggsatstänket och flexibiliteten uppnåtts.



Figur 1.4 FlexQubes interface och längdintervall

1.3 Syfte

FlexQube vill få presenterat för sig tre olika konstruktioner, som löser problemet beskrivet i bakgrundskapitlet 1.1. För att komma fram till de tre lösningsförslagen skall en kravspecifikation genereras utifrån kunders behov och önskemål. Vidare skall en mindre benchmarking genomföras för att kartlägga hur konkurrenter transporterar materialvagnar idag och genom dem få idéer och inspiration till detta utvecklingsarbete.

1.4 Avgränsningar

Arbetet skall omfatta ca 18 veckors halvtidsarbete per person. Tre olika konstruktionsförslag skall presenteras som lösningar på ovan nämnda problem som beskrivs i kapitel 1.1. Inga större hållfasthetsberäkningar skall utföras. Inga ekonomiska beräkningar skall genomföras, utan studenterna skall med företagets hjälp som mest uppskatta kostnaderna för de olika lösningarna och dess komponenter så att komplexa och dyra lösningar kan väljas bort.

1.5 Precisering av frågeställningen

Arbetet kan delas upp i fyra större frågor som vi utgått ifrån och som den här rapporten ger svar på.

1. Vilka krav (kostnad, funktion, säkerhet etc.) borde enligt studenterna och FlexQube finnas på en lösning/produkt som löser transportproblemet som beskrivs i bakgrundskapitlet 1.1?
2. Vilka huvudprinciper/metoder finns för att transportera material inom industrier idag? (Benchmarking)
3. Hur ser tre möjliga lösningar ut, hur uppfyller de kraven och vilka fördelar/vinster ger de?
4. I mån av tid skall också tankar och idéer som FlexQubes kunder har om de tre lösningarna undersökas.

2 METOD

Under metodkapitlet beskrivs de olika steg som har genomgåts under uppgiftens utförande. Övergripligt är dessa steg förstudie, produktspecificering, konceptgenerering, konceptval, konstruktionsfas. I detta kapitel beskrivs endast övergripligt hur arbetet utförts. Resultat och ingående arbetsbeskrivning kan ses i senare huvudkapitel.

2.1 Förstudie

För att få grundlig förståelse av uppgiften och den metod som skulle komma att användas vid utförandet startades arbetet med litteraturstudie. Syftet med denna litteraturstudie var att bestämma det arbetssätt och de verktyg som skulle användas i produktutvecklingsarbetet. Förstudien fortsatte sedan med undersökning av vilka förflyttningsanordningar som finns ute i industrierna idag och hur väl de fungerar. Denna undersökning genomfördes genom ett frågeformulär som skickades till några av FlexQubes kunder, studiebesök på en modern produktionsanläggning inom fordonsindustrin samt egen informationssökning på internet (benchmarking).

2.2 Produktspecificering

Produktspecificeringen syftar till att göra problemet genomskådligt och hanterbart. Detta uppnåddes genom nedbrytning av huvudproblemet till mindre överskådliga delsteg enligt metoden som beskrivs i boken Produktutveckling, kap.5.1.2 (Johannesson 2004). Dessa delsteg analyserades vidare var för sig, mot bland annat kundönskemålen, och ett antal krav och önskemål kunde kopplas till respektive delsteg. Sammansatt utgjorde dessa krav och önskemål den kravspecificering produktframtagningen grundar sig på.

2.3 Koncept- & lösningsgenerering

I konceptgenereringsfasen har den huvudsakliga arbetsmetoden varit brainstorming. Denna metod användes för att förutsättningslöst tänka ut olika lösningar till delfunktionerna som

genererades under produktspecificeringen. Efter en övergripande utvärdering av dessa lösningar sammanställdes vissa huvudkoncept för kommande tekniska lösningar. Arbetet fortskred sedan genom brainstorming för mer precisa tekniska lösningar inom de olika koncepten. Enkla skisser togs fram som visualisering av de olika lösningsförslagen vilket gjorde det lättare att utvärdera dem.

2.4 Konceptval & Konzeptutvärdering

Konzeptutvärdering genomförs för att rangordna olika lösningsförslag mot varandra och bestämma vilka lösningsförslag som går vidare till konstruktionsfasen enligt Produktutveckling s.138-140 (Johannesson 2004). I detta utvecklingsarbete har de olika lösningsförslagen bedömts med hjälp av Kesselrings matris. För att kunna rangordna önskemålen genom Kesselringmatrisen måste först önskemålen i kravspecifikationen vara poängsatta. Detta gjordes med en viktbestämningsskema (Johannesson 2004).

I viktbestämningsskematilldelas varje önskemål ett värde mellan 1-5, som representerar hur viktigt önskemålet är. Dessa värden används sedan i Kesselringmatrisen för utvärdering av de olika koncepten. Nästa steg i processen är att betygsätta hur väl varje koncept uppfyller de olika önskemålen. Precis som önskemålen, skall konceptens uppfyllandegrad av önskemålen betygsättas i skalan 1-5. T.ex. om "Koncept B" uppfyller "Önskemål A" mycket väl kommer den att få en 5:a i uppfyllnadsbetyg. Efter dessa två moment multipliceras önskemålets viktighetsbetyg med konceptets uppfyllandegrad. Efter att ett koncept multiplicerade betygsättning utav de olika önskemålen summerats ihop kan man utläsa vilket konceptförslag som var det bästa genom att det fått högst poäng.

2.5 Konstruktionsfas

Det konceptförslag som valdes att gå vidare med till konstruktionsfasen var det som fick högst poäng i Kesselringmatrisen. Eftersom att detta förslag kräver nya hjulkonstruktioner på materialvagnarna så utvecklades två hjulupphängningskonstruktioner samt en tågagnskonstruktion där samtliga tre ritades upp i CAD-programmet "Solid Edge". När detaljkonstruktionerna genererades så lades mycket tid på att försöka att inte få för dyra komponenter samt att de skulle bli så enkla att tillverka som möjligt. Då komponenter kan tillverkas enkelt så blir de i regel billigare.

Förutom att rita egna komponenter till konstruktionerna så har underleverantörer letats upp till vissa delar så som skenhjul, rullar, lager etc. Dessa underleverantörer har då haft färdiga Cad-filer på sina komponenter, vilka då direkt kunde användas i studenternas ritade konstruktioner.

3 FÖRSTUDIE

I början av ett utvecklingsprojekt är det viktigt att insamla nödvändig information om hur produkten kommer att användas hos kund, vilka egenskaper som potentiella kunder gärna skulle se hos produkten och vilka liknande produkter som finns på marknaden i dagsläget etc. I det här kapitlet finns beskrivet hur sådan förkunskap har inskaffats till det här projektet.

3.1 Litteraturstudie

De olika verktyg och metoder som kom att användas i utvecklingsarbetet hämtades ur boken "Produktutveckling- effektiva metoder för konstruktion och design" (Johannesson 2004). I denna bok skaffade sig studenterna förståelse för hur produktutvecklingsarbete kan genomföras samt förståelse för vissa matriser och verktyg som med fördel användas i utvecklingsarbetet. Att använda sig utav olika matriser och verktyg är viktigt för att i möjligaste mån säkerställa att problemet genomarbetas grundligt och att inga steg glöms bort eller arbetas med för snävt. En annan viktig fördel med användandet utav dessa verktyg är att utvecklingsprocessen blir nogra dokumenterad. Dokumentation av arbetet inom vissa delar av utvecklingsprocessen kan annars bli väldigt knapphändig vilket medför att tagna beslut och arbete senare i processen kan vara svåra att förstå bakgrunden till.

3.2 Frågeformulär

För att verkligen få förståelse för vilka egenskaper FQ:s kunder skulle vilja se hos en transportlösning för deras vagnar samt förstå hur vagnarna används idag genomfördes en undersökning i form av ett frågeformulär som skickades till utvalda personer på större företag. De personer som kontaktades var sådana som medarbetarna på FQ visste har mycket insikt och kunskap om vagnhanteringen på respektive företag. Frågeformuläret togs fram i samråd med handledaren på FQ, och frågorna var konstruerade så att de tillsammans skulle ge en så god bild av vagnhanteringen som möjligt. Frågeformuläret skickades via mail och kan ses tillsammans med svaren i bilaga 1.

Utifrån svaren som gavs på frågeformulären kunde flera användbara aspekter kring dagens transportsystem konstateras. Dessa aspekter är bra att ha i åtanke under produktutvecklingsarbetet då en inblick i kundernas önskemål höjer sannolikheten för att det i slutändan blir en attraktiv produkt. Aspekterna som konstaterades utifrån frågeformuläret sammanfattas i punktform här nedan.

- Materialvagnarna fraktas oftast sträckor från 100 m upp till 400 m, ibland flera gånger per dag, vilket sliter på materialvagnens hjul. Då en fabrik har materialvagnar i stora kvantiteter och endast ett fåtal Tugger Trains så vore det bra om vagnens hjul inte var i kontakt med marken under transport för att minska detta slitage på hjulen. Då kan hjulen vara av lite bättre kvalitet (dyrare) på Tugger Trainet och billigare på alla materialvagnar. Förutom billigare hjulpriser på vagnarna så slipper vagnarna att repareras lika ofta (byte av slitna hjul). En annan fördel med att inte materialvagnarnas hjul rullar på marken är att både rullmotståndet samt ljudnivån blir lägre. När hjulen är uppfällda så uppstår ingen så kallad "eftersläng" vid inbromsning utan all massa bromsas med en gång.
- En fördel med konceptet Tugger Train är att de till skillnad från trucken är effektivare och framför allt säkrare.
- Det finns önskemål om att lastningen skall gå smidigare och automatiskt, då de idag använder truck. Antingen att lastningen på transportsystemet sker automatiskt eller att de finns någon typ av draghjälp som placerar vagnarna på Tugger Trainet.

- Materialvagnarna står också mycket stilla på samma plats och fungerar som pallställ.
- Idag använder de flesta tre stycken vagnar på sitt transportsystem Tugger Train. Önskemålet är helt enkelt att kunna dra så många vagnar som möjligt. Är det möjligt så är det en fördel att hålla nere vikten vid Tugger Train-lösningar, då det är onödigt att transportera onödig vikt.
- Ett starkt önskemål är att kunna lasta och lossa vagnen från två håll. Det skulle skapa en smidighet, speciellt vid trång utrymmen.

3.3 Studiebesök

För att få förståelse och mer inblick i miljön som transportanordningen skall användas i så genomfördes ett studiebesök på en modern produktionsanläggning inom fordonsindustrin. Studiebesökets syfte var att ge mer förståelse för FlexQube-vagnen, transportereringen utav vagnarna, lagerhantering, lastning utav vagnarana etc. P.g.a. att ingen fotografering fick ske i lokalen visas inga förklarande bilder. Erfarenheterna från studiebesöket beskrivs därför endast med förklarande text nedan.

FlexQube-vagnarna hade en robusthet som var god. Denna insikt medförde förståelse och en viss känsla för hur en ev. hjulkonstruktion skulle kunna appliceras på dagens vagn. Speciellt grundramen på vagnarna var mycket stabila. Hjulen rullade lätt och vagnarna var därför smidig att hantera.

Pallar med material kom från lagret via transportband i taket och anlände till en uthämningsstation. Pallarna rullade sedan ner på en lätt lutande rullbana mot en stoppsarg där de sedan var redo att hämtas. Pallarna låg då på en höjd om ca 0,5 meter över marken. Pallarna som låg i uthämningsstationen lossades med en truck som efter att ha lyft upp vagnen körde ca 5 meter för att lastas materialpallen på FlexQubes materialvagnar.

När materialvagnarna var lastade med material rullade en operatör vagnen ca 3 meter fram till en transportanordning. Transportanordningen som användes var ett "Tugger Train E-frame" från företaget Still. Den fungerade på sådant vis att den då vagnen placerats i rätt position automatiskt låste materialvagnen genom att sprintar fjädrade upp då en arm tryckts in utav materialvagnen. Då materialvagnarna var rätt placerade så tryckte chauffören på en knapp som aktiverade anordningens hydraulik och höjde anordningens tågagnar. Då tågagnar höjdes så lämnade materialvagnarnas hjul marken och anordningen var redo att köra iväg. Den anordningen hade 3 stycken tågagnar, vilket möjliggjorde transport av 6 stycken halvpallar eller 3 stycken helpallar. Transportanordningen som användes idag kunde endast lasta och lossa materialvagnar på vänster sida i dess körriktning

I övrigt fanns det mycket truckar och truckgångar i fabriken, vilket arbetarna och besökare fick se upp för. Speciellt vid avhämningsstationen där materialet kom från lagret var det mycket trucktrafik.

3.4 Benchmarking

För uppgiften att förflytta material, lastpallar och lådor etc. inom industrin idag finns det en uppsjö med olika lösningar att tillgå. Alla anpassade för att fungera optimalt under vissa specifika förutsättningar. Några av de befintliga lösningarna på marknaden är sådana som skulle kunna lösa även vårt problem, till största delen, men de flesta är inte applicerbara under våra förutsättningar. Ofta är det lite för komplicerade system som kräver stora förändringar i de befintliga industrilokalerna vilket är något som inte accepteras inom detta utvecklingsarbete. Konkurrenters lösningar används dock som inspirationskällor och därför är det väl befogat att studera dem lite närmare. Detta gjordes via konkurrenters hemsidor men även fotat material från materialhanteringsmässan Logimat i Tyskland var mycket givande.

Några av de, för oss, mest relevanta materialförflyttningssystemen på marknaden idag är olika former av tåg/vagnsystem (Tugger Train), automatiska/semiautomatiska vagnsystem (AGV), olika former av transportband/rälssystem och gaffeltrucksrelaterade lösningar.

3.4.1 Tugger Train

Ett ”Tugger Train” är ett redskap inom industrin som möjliggör transport av flera materialvagnar samtidigt. Principen bygger på att ett dragfordon drar ett antal fraktvagnar bakom sig, vilket liknar ett lok som drar sina tågvagnar. Anordningen består ofta av 3 stycken sammanlänkade ramar på hjul, då varje ram (tågvagn) kan lastas med en eller två materialvagnar. I denna anordning kan vagnar oftast lastas och lossas i oberoende ordning. Alltså så skulle den kunna frakta materialvagnar i tågvagn 1 och 3, även om tågvagn 2 är tom. Dessa tågliknande anordningar med sammanlänkade ramar har oftast en mycket bra svängradie, vilket medför att de klarar snäva kurvor och passager mycket bra. Dessa tågkoncept har blivit mycket populära då de inte nödvändigtvis kräver några ombyggnationer i befintliga industrilokaler. Det som ändå krävs är att industrins gångar inte är för smala. Materialvagnarna lastas och lossas ofta från tåget för hand, vilket kan vara en nackdel vid hantering av tunga vagnar. De idag vanligaste tågvagnarna är formad som ett E eller C sett ovanifrån. De E-formade tågvagnarna kan antingen frakta en stor eller två små materialvagnar. Materialvagnarna är de blågråa vagnarna och tågvagnarna är de orangea i Figur 3.1.



Figur 3.1 Tugger Train av modellen E-frame med FQ-vagn

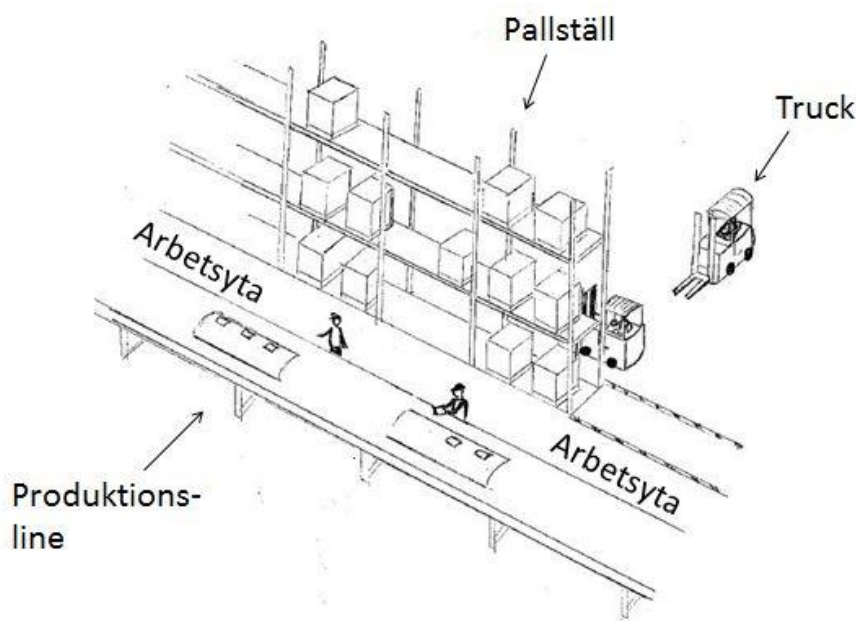
Viktiga trender gällande Tugger Train uppfattas vara förmågan att kunna lasta vagnar från båda sidor, kunna lasta vagnar i oberoende ordning, förmågan att kunna hantera olika

materialvagns storlekar, anordningarna är tystgående och om de utnyttjar hydraulik eller liknande i sin konstruktion (Guenther, Dewitz 2013).

3.4.2 Gaffeltruck

Gaffeltrucken används idag flitigt vid materialhantering inom olika industrier och fordonsindustrin är inget undantag. Det finns olika typer av truckar så som ledstaplare, motviktstruck etc. men principen att förflytta material med gafflar är den samma. Inom industrin används ofta eldrivna truckar istället för diseldrivna p.g.a. deras förorenande av industrimiljön. Inom industrin är dock trucken den i särklass största orsaken till personskador ibland även dödsfall. Bara i USA orsakar trucken 100 dödsfall och 20000 allvarligare skador årligen (Seegrid 2014). Den orsakar också materialskador för stor belopp varje år. Med vetenskap om detta är det enkelt att förstå varför företag vill ersätta trucken på så många områden som möjligt, vilket inte alltid är så lätt. Trucken har fördelar som är ganska enastående då den är relativt flexibel, kan lyfta och placera pallar på höga höjder samt lyfta mycket tunga föremål.

Ett exempel på hur man idag utformar fabriker för att skilja människor från truckar illustreras i figuren nedan, se Figur 3.2. Där går det en produktions-line med arbetsområde löpande efter den. Utanför arbetsområdet finns det ett högt pallställ med lagrat material. Utanför på andra sidan av pallstället, d.v.s. skilt från människor, finns truckarna som lyfter ner önskat material till marknivå där arbetarna kan hämta materialet.



Figur 3.2 Exempel på truckens användningsområde

3.4.3 Automatiska/semiautomatiska vagnsystem

Automated Guided Vehicle (AGV) är benämningen på självgående fordon som i industrin idag mest används för att frakta material mellan olika platser så som lager och förbrukningsstation. Fordonen är självnavigerande och två stora fördelar med systemet är minskningen av arbetarnas gångsträckor och ökad effektivitet i framforslandet av material.

Dessa system finns också som semiautomatiska och då finns också möjligheten att styra fordonet ungefär som en gaffeltruck eller liknande men samtidigt kan fordonet köra långa sträckor och utföra uppdrag för egen maskin. Utvecklingen inom AGV har kommit relativt långt men för att självnavigeringen skall fungera krävs vissa åtgärder i industrilokalerna.

3.4.4 Transportband/rälssystem

Olika transportband och rälssystem är idag vanligt förekommande inom industrin. Ofta är dessa integrerade i stora materialtransporteringslösningar där även andra materialhanterande robotar och maskiner samverkar. Transportband och rälssystem tar ganska mycket ytor i anspråk och medför stora ingrepp i lokaler då de installeras. Dock möjliggör de väldigt effektiva och driftsäkra lösningar för transporter av material inom industrin idag. System med transportband och rälssystem återfinns idag inom vitt skilda områden så som bagagehantering på flygplatser till ”goods to person”-system vid olika distributionscenter.

4 PRODUKTSPECIFICERING

I detta kapitel beskrivs nedbrytningen av huvudfunktionen till de mindre delfunktionerna samt hur kravspecifikationen tagit form och på vilka grunder den baserats.

4.1 Delfunktioner

I arbetet att ta fram ett flertal lösningsalternativ som löser en huvudfunktion kan det vara fördelaktigt att bryta ner denna i mindre delfunktioner som tänks igenom och lyftas fram (Johannesson 2004). Vikten av att genomföra detta är stor då det ökar sannolikheten att inget problem eller delmoment glöms bort. Att ”brainstorma” fram dellösningar då man bara fokuserar på en delfunktion och sedan kombinera dessa dellösningar på olika sätt till fullständiga lösningar, är enklare än att ta fram ett helt lösningsförslag på en gång. Studenterna tillsammans med FQ delade upp huvudproblemet enligt punkterna som visar här nedan, nämligen:

1. Placera full vagn på utrustning
2. Säkra full vagn på utrustning
3. Förflytta utrustning med vagn
4. Osäkra vagn från utrustning
5. Avlägsna vagn från utrustning
6. Förflytta full/tom vagn till/från förbrukningsplats
7. Placera tom vagn på utrustning
8. Förflytta tom vagn till lager
9. Avlägsna tom vagn

De nio punkterna ovan är då de delproblem som måste lösas för att ett koncept skall bli komplett. Dock kan det hända vissa delproblem inte existerar för vissa typer av lösningar. Vissa delproblem är också identiska och löses således på samma sätt. De identifierade delproblemen ger en grund att utgå ifrån då en kravspecifikation skapas.

4.2 Kravspecifikation

Ett framtida koncept måste tilltala kunden, d.v.s. uppfylla hans önskemål och krav för att konceptet skall vara intressant. Därför är det ytterst viktigt att ta reda på vad exakt kunden vill ha och sedan skapa en kravspecifikation utifrån det. Kravspecifikationen i denna rapport har baserats på FQ:s kunskap och rutin inom området samt de uppgifter som framkom genom frågeformulären. Kravspecifikationen utformades och visualiserades på sådant vis att huvuduppgiften först delas upp i delfunktionerna. Efter varje delfunktion följer ett flertal krav som måste uppfyllas och önskemål som vid möjlighet skall uppfyllas. Det finns även generella krav och önskemål som kan avläsas i samma kravspecifikation. Kravspecifikationen kan ses i Bilaga 2.

5 KONCEPT- & LÖSNINGSGENERERING

I detta kapitel presenteras dellösningförslagen. De olika dellösningarna kombineras sedan till olika generella koncept som presenteras med förklaring och skisser.

5.1 Dellösningförslag

Ett önskemål för det här projektet från FQ:s sida var att i denna idégenereringsfasen tänka väldigt fritt och ha ”högt i tak”. Detta ansågs viktigt eftersom man inte ville att studenterna skulle påverkas för mycket av vad konkurrenter har för produkter på marknaden utan istället tänka på andra sätt att lösa huvudproblemet och alla delfunktioner. På detta sätt ville man skapa förutsättningar för nytänkande innovationer istället för att utvecklingsarbetet skulle utgå från hur marknaden inom internlogistik på industrier ser ut idag.

Idégenereringsarbetet startades därför med att systematiskt fokusera på varje delfunktion till huvudproblemet och fritt försöka tänka ut olika sätt att lösa de olika delfunktionerna på. Vid utförandet av det här arbetet låg alltså vikten vid att tänka ut så många olika lösningssätt som möjligt, men huruvida de olika lösningssätten uppfyller krav och önskemål för projektet bortsågs ifrån avsiktligt. Denna brainstorming resulterade i ett antal olika dellösningar som kan ses i den bifogade morfologiska matrisen Bilaga 3.

En utvärdering utav den morfologiska matrisen gentemot kravspecifikationen resulterade i att de flesta olika lösningssätt till delfunktionen ”Förflytta utrustning med vagn” föll bort. De primära anledningarna till detta var att lösningssätten inte ansågs vara applicerbara i befintliga industrilokaler, lösningssätten var alltför tekniskt avancerade och alltså dyra eller lösningssätten klarade inte ergonomikrav. Utvärderingen illustreras med färger i den morfologiska matrisen, se Bilaga 3. Efter denna utvärdering kunde några olika huvudspår fastslås som alltså kommande totallösningförslag skulle ligga inom. Det fortsatta arbetet kunde alltså koncentreras till brainstorming av tekniska lösningkoncept inom Tugger Trains och självdrivande vagnar samt hybrider av dessa två. I kapitel 6.2 följer en presentation av de olika tekniska lösningkoncepten som genererats.

Under konceptgenereringen har mycket fokus legat på att generera lösningkoncept som skulle klara lastning och avlastning av materialvagnar från två håll. Detta eftersom det är en mycket fördelaktig egenskap som skulle spara mycket arbete och minska körsträckorna för en tågförare då denna inte behöver vända ett tåg för att kunna lasta av vagnen på rätt sida. Detta

är också en egenskap som många av de Tugger Trains som redan finns på marknaden inte har och således skulle egenskapen kunna ge FQ konkurrenskraft gentemot dessa tillverkare. Önskemålet att klara lastning från två håll var inte det som föll ut som det viktigaste när de olika önskemålen viktbestämdes mot varandra. Eftersom lastning från två håll är det önskemål som kräver mest av designen på förflyttningsutrustningen bedömdes att fokus ändå borde ligga på detta önskemål under konceptgenereringsarbetet. Detta för att det skulle vara möjligt att möta önskemålet överhuvudtaget. De andra önskemålen är enklare att uppfylla genom mindre förändringar i designen.

5.2 Konceptpresentation

Den morfologiska matrisen var till stor hjälp då de generella koncepten genererades. Här nedan ses de olika koncepten med beskrivning av hur de fungerar samt vilka för- och nackdelar de har.

5.2.1 Lösningförslag A: Integrerade system

Konceptet bygger på att alla system är integrerade. D.v.s. lagerhållning, transport av vagn och lossningsanordning vid arbetsstationen skall vara anpassade för att fungera med varandra.

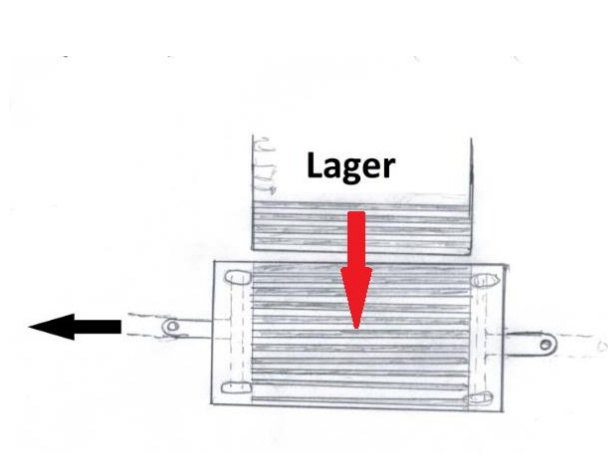
Tabell 5.1 *Dellösningar för konceptförslag A.*

| Konceptförslag A | | Integrerade system | |
|------------------|------------|---|---|
| Problem | Dellösning | Beskrivning | Kommentar |
| 1 | D | Rullar över från lagersystem på transportanordningens rullar. | |
| 2 | B (Ev. C) | "Sprintar" fjädrar ut och låser vagn | |
| 3 | B | Dragfordon | |
| 4 | A | Sprint lossas manuellt | |
| 5 | A | Vagnen avlägsnas för hand | Den rullas från tågets rullar till cirkelskivans rullar (d.v.s. lätt) |
| 6 | I | Roterande cirkulär platta | |
| 7 | A | Vagn placeras för hand | Samma som ovan fast omvänt |
| 8 | B | Dragfordon | |
| 9 | A | Vagnen avlägsnas för hand | D.v.s Rullar. Ev. lageranordning greppar och drar av |

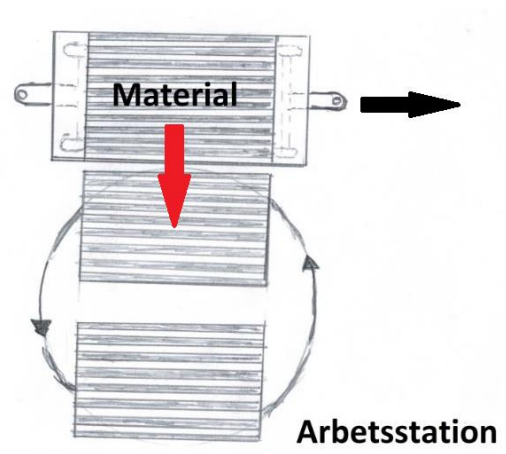
Tanken är att alla system är integrerade med varandra och materialvagnarna skall rullas på rullar inom det egna systemet samt över till andra system så som exempelvis till transportanordningen. Materialvagnen behöver då inte nödvändigtvis ha hjul utan dess underrede är i kontakt med systemens rullar och rullar på dessa.

Principen är då att en materialvagn står kittad och klar på lagret. Sedan rullas vagnen på en bana av rullar till hämtningsplats. Då kommer en tåganordning med draglok och placerar sig bredvid hämtplatsen. Materialvagnen rullas då över till tåganordningen som sedan fraktar

materialvagnen till önskad arbetsstation. Framme vid arbetsstationen finns en cirkulär roterbar platta med två stycken vagnplatser (avlastningsplatta). Tåganordningen parkerar bredvid avlastningsplattan och rullar över vagnen på den. Då den har två vagnplatser kan den roteras, vilket rotationspilarna i Figur 5.2 visar, och en använd och således tom vagn rullas över till tåganordningen för att tas med därifrån. Vagnarna låses på tåget genom att sprintar automatiskt fjädrar ut underifrån och låser. Vid lossning pressas en pedal enkelt ner och sprintarna fälls ner igen. Det här konceptet kan lasta och lossa materialvagnar från båda sidor i dess körriktning. Konceptet illustreras i Figur 5.1 och Figur 5.2 där de röda pilarna illustrerar materialets rörelse och de svarta pilarna transportvagnens rörelse. Låssprintarna syns dock inte i dessa figurer.



Figur 5.1 Koncept A, material från lager.



Figur 5.2 Koncept A Material till arbetsstation.

Tabell 5.2 För- och nackdelar för konceptförslag A

| Fördelar: | Nackdelar: |
|---|--|
| Bra för FQ om de blir leverantörer av alla system från lager till arbetsstation Materialvagnarna som finns i hög kvantitet kan hållas enkla och billiga | Medför stor förändring i industriernas materialhantering, vilket kan bli svårt att få igenom och sälja |
| Ergonomiskt hanterbart | Vagnarna kan inte hanteras lika flexibelt |
| Ingen elektronik eller liknande | |
| Robust | |
| Bra svängradie | |

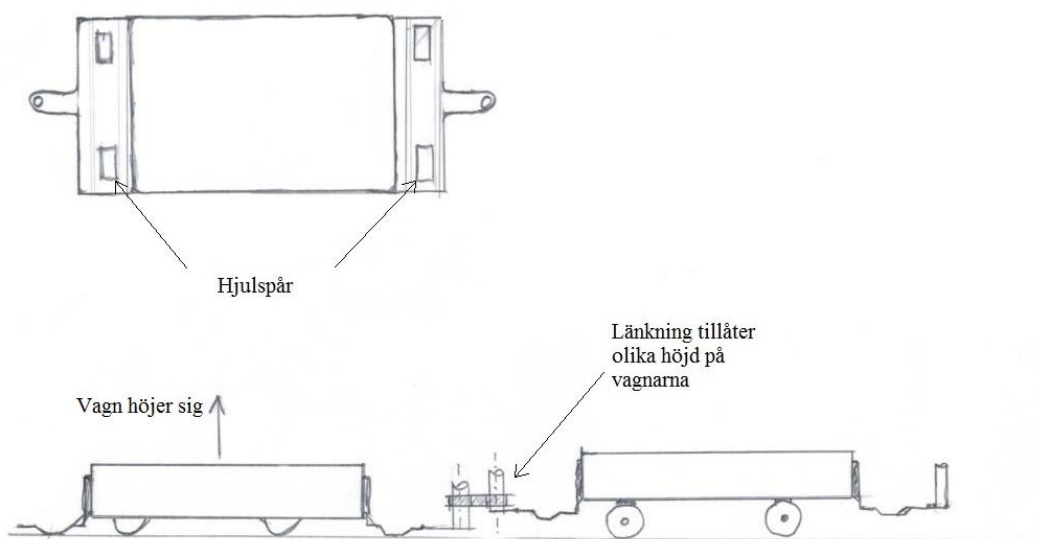
5.2.2 Konceptförslag B: Hjul i skenor

Det här förslaget är ett Tugger Train-liknande koncept som medför lastning och lossning från båda håll. Materialvagnens hjul rullas upp på låga plattor på tåget. När tåget sedan höjer sig från marken lyfts också materialvagnen.

Tabell 5.3 *Dellösningar för konceptförslag B.*

| Konceptförslag B | | Hjul i skenor | |
|------------------|------------|--------------------------------|----------------------------|
| Problem | Dellösning | Beskrivning | Kommentar |
| 1 | A | Vagn placeras för hand | |
| 2 | I | Vagnens hjul åker ner i gropar | Gropar bildas vid lyftning |
| 3 | B | Dragfordon | |
| 4 | I | Gropar utjämnas | I samband vid nedsänkning |
| 5 | A | Dras för hand | |
| 6 | A | Rullas för hand | |
| 7 | A | Vagn placeras för hand | |
| 8 | B | Dragfordon | |
| 9 | A | Vagnen avlägsnas för hand | |

Konceptet består av ett draglok och cirka 4 stycken tågvagnar som har inbyggda lyftanordningar. Materialvagnen placeras då för hand på anordningen. Materialvagnens hjul rullas upp på en platta med urtag som medför att den hamnar i rätt läge på anordningen. När materialvagnen är på plats lyfts hela anordningen genom att tågvagnens hjulaxlar förlängs m.h.a. pneumatiskt tryck som laddas upp under färd. På detta vis är inte materialvagnens hjul i kontakt med marken under transport. När tågvagnen lyfts blir groparna som materialvagnen står i ännu djupare, vilket förhindrar vagnrörelse under transport och medför en säker förflyttning. Framme vid arbetsstationen sänks anordningen ned, hjulgroparna blir mindre och materialvagnen kan lätt rullas på valfri sida. En svårighet med detta koncept är att skapa styrning på tågvagnens hjul eftersom länkningen mellan vagnarna är monterad fast på den låga plattan. Se Figur 5.3.



Figur 5.3 *Skisser för konceptförslag B.*

Tabell 5.4 För- och nackdelar för konceptförslag A

| Fördelar: | Nackdelar: |
|--|---|
| Vagnen placerar sig enkelt rätt på anordningen | Använder sig av pneumatiskt system |
| Kompakt lösning | Sämre svängradie p.g.a. låsta hjulaxlar |

5.2.3 Konceptförslag C: Låg platta med lyftkolvar

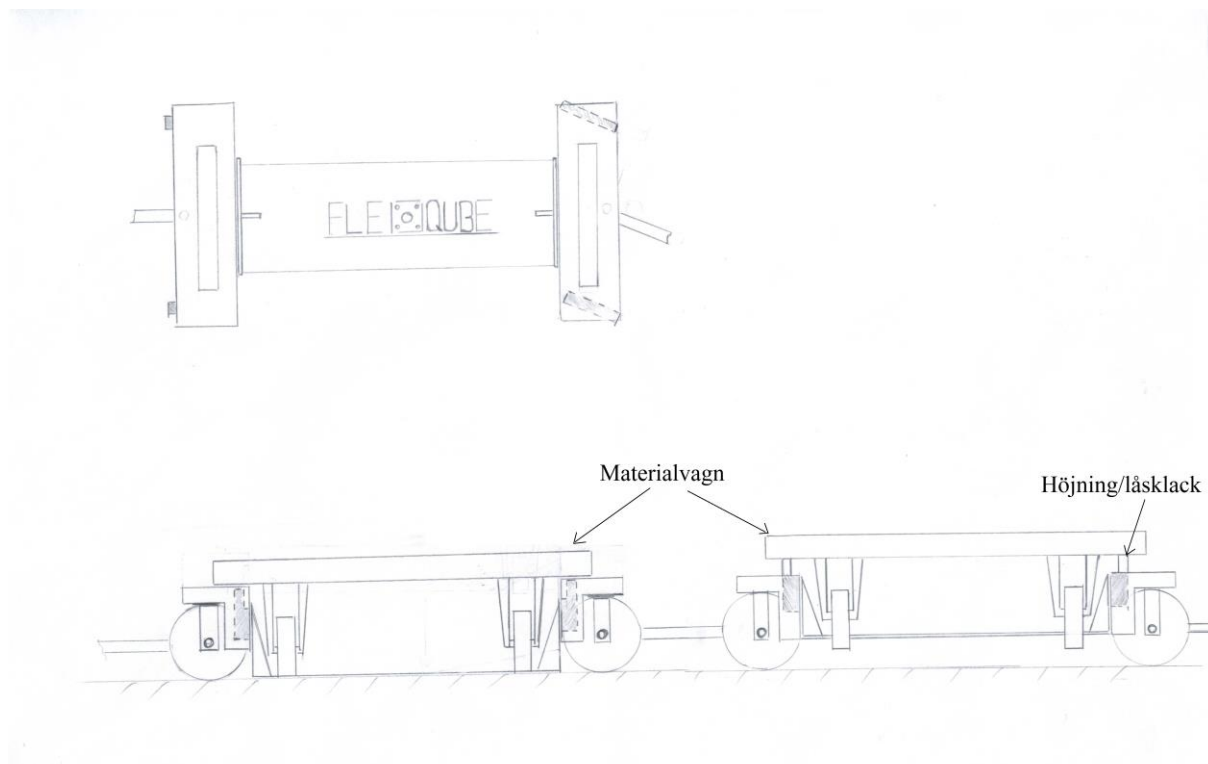
Detta konceptförslag är en vagnmodell som skall användas i ett tågsystem med dragfordon. Konceptet liknar Konceptförslag B och fokus har även här varit möjliggörandet av lastning från två håll. Konceptet bygger också på att lastning och avlastning av materialvagnarna skall kunna göras för hand således är det viktigt att materialvagnen inte måste knuffas över någon hög kant eller liknande.

Tabell 5.5 Dellösningar för konceptförslag C.

| Konceptförslag C | | Låg platta med lyftkolvar | |
|------------------|------------|-----------------------------------|---------------------------|
| Problem | Dellösning | Beskrivning | Kommentar |
| 1 | A | Vagn placeras i position för hand | Hjul fälls upp |
| 2 | B | Sprint fjädrar ut och låser | |
| 3 | B | Dragfordon | |
| 4 | A | Sprint lossas manuellt | |
| 5 | A | Avlägsnas för hand | Hjul fjädrar ut och låser |
| 6 | A | Vagn rullas för hand | |
| 7 | A | Vagn placeras för hand | Hjul fälls upp |
| 8 | B | Dragfordon | |
| 9 | A | Avlägsnas för hand | Hjul fjädrar ner |

I detta koncept möjliggörs lastning från två håll på grund av att en tunn mittplacerad platta i tågagnen kan sänkas ner till golvet. Mittplattan är bara någon centimeter tjock och har fasade kanter för att materialvagnen skall kunna rullas över den med lätthet. Materialvagnen låses i tågagnen genom att pneumatiskt styrda klossar åker upp i anpassade urtag i materialvagnen och lyfter denna från marken. Lyftklossarna och mittplattan är en och samma enhet och lyfts alltså samtidigt när materialvagnens hjulpar står på var sin sida om mittplattan. Det pneumatiska system som utför detta lyft laddas upp mellan lyften genom att ta till vara på rörelseenergin då dragfordonet kör tåget.

För operatören innebär denna modell att all vagnhantering runt tågagnen sker manuellt. När materialvagnen lastas i tågagnen skjuvar operatören materialvagnen i läge och trycker på en knapp som genom det pneumatiska systemet höjer mittplattan och lyftervagnen. Tåget kan nu köras till ett avlastningsställe där operatören istället trycker på en knapp för att sänka ner både mittplattan och materialvagnen till marken. Se Figur 5.4.



Figur 5.4 Skisser för konceptförslag C

Tabell 5.6 För- och nackdelar för konceptförslag C

| Fördelar: | Nackdelar: |
|---------------------------------|--|
| Lätt hanterat för operatör | Ganska tekniskt komplicerad lösning på grund av det pneumatiska systemet |
| Möjligt att lasta från två håll | Dyr |
| | Den höj och sänkbara plattan kan innebära problem så som att tåg vagnen inte blir tillräckligt styv då dessa delar är samman satta på så sätt att de kan röra upp och ner. |

5.2.4 Konceptförslag D, Självdrivande vagn

Detta är ett koncept som liknar många AGV-lösningar på marknaden idag och istället för att ta fram en förflytningsutrustning som transporterar materialvagnen riktar detta koncept in sig på att vagnen skall kunna transportera sig själv.

Tabell 5.7 *Dellösningar för konceptförslag D.*

| Konceptförslag D | | Självdrivande vagn | |
|------------------|------------|--|--|
| Problem | Dellösning | Beskrivning | Kommentar |
| 1 | C | Vagnen kör själv => Måste inte positioneras i annan utrustning | Krävs drivning på hjul och positioneringssystem. (GPS) |
| 2 | | Vagnen kör själv => ingen låsning | |
| 3 | C | Vagnen kör själv | |
| 4 | | Vagnen kör själv => ingen låsning att lossa | |
| 5 | C | Vagnen inte placerad i annan utrustning | |
| 6 | B | Vagnen kör själv | |
| 7 | C | Vagnen kör själv | |
| 8 | C | Vagnen kör själv | |
| 9 | C | Vagnen kör själv | |

Detta koncept bygger på en drivenhet som monteras undertill på varje materialvagn. Materialvagnen kan alltså packas med sitt innehåll och när vagnen skall ge sig av till förbrukningsplatsen väljs slutdestination på styrenheten och vagnen tar sig dit själv. Se Figur 5.5.



Figur 5.5 *Skiss för konceptförslag D.*

Tabell 5.8 För- och nackdelar för konceptförslag D

| Fördelar: | Nackdelar: |
|---|---|
| Krävs ingen operatör som kör vagnarna. | Väldigt dyr lösning eftersom dyra komponenter för hjulens drivning och positioneringssystem måste monteras på varje vagn. |
| Eftersom olika materialvagnar inte är sammanlänkade kan dessa köras ut till förbrukningsplatser helt oberoende av varandra. | Inte realistiskt att batteri skulle klara av att förse drivsystemet med den energi som skulle krävas för att för flytta de tunga materialvagnarna långa sträckor. |
| | Vagnens hjul, som är dyra, slits mycket då vagnen kör långa sträckor själv. |
| | Vagnarna skulle ur säkerhetssynpunkt behöva hålla ganska låg hastighet. Transporttiden skulle därför, eventuellt bli lång. |

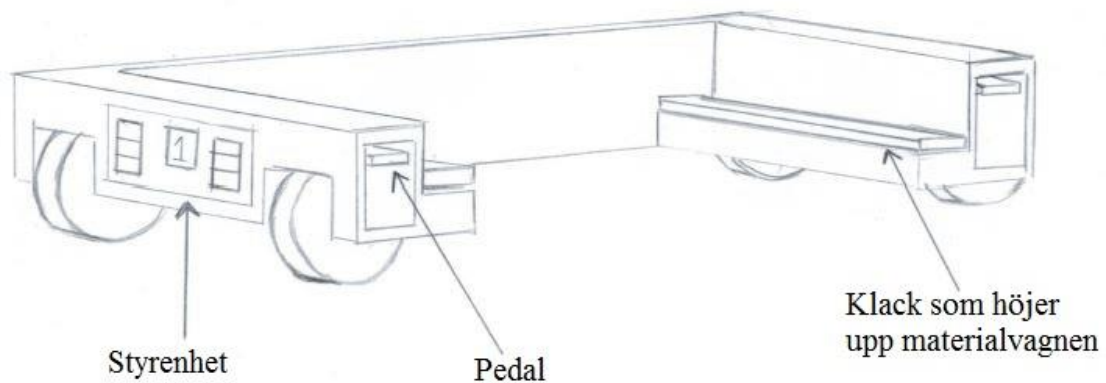
5.2.5 Konceptförslag E, AGV

Detta koncept bygger likt konceptförslag D på att vagnarna skall ta sig till sin förbrukningsplats utan en operatör. Här är dock tanken att inte ha dyra driv- och positioneringssystem på varje materialvagn utan istället lasta materialvagnen i en annan AGV-vagn som transporterar materialvagnen till sin förbrukningsplats. Jämfört med konceptförslag D så är detta billigare eftersom kostnaden inte ligger hos de flertaliga materialvagnarna utan istället hos de mycket färre AGV-vagnarna.

AGV-vagnen borde också lyfta upp materialvagnen från marken under transporten för att minska slitaget på dess hjul. Detta skulle kunna göras genom en mekanisk lösning med en pedal som trampas ned och som sedan lyfter vagnen genom hävstångsprincip. Se Figur 5.6.

Tabell 5.9 Dellösningar för konceptförslag E.

| Konceptförslag E | | AGV | |
|------------------|------------|------------------------------------|--|
| Problem | Dellösning | Beskrivning | Kommentar |
| 1 | A | Vagn placeras i AGV för hand | Vagnen placeras i en separat AGV vagn som transporterar kittingvagnen till förbrukningsplats |
| 2 | C | Vagn lyfts av klaffar | Man trampar på en pedal eller liknande |
| 3 | C | AGV-vagnen kör från punkt A till B | |
| 4 | C | Klaffar sänks ned | Samma pedal |
| 5 | A | Vagn avlägsnas för hand | |
| 6 | A | Vagnen rullas för hand | |
| 7 | A | Vagnen placeras i AGV för hand | |
| 8 | C | AGV-vagnen kör från punkt A till B | |
| 9 | A | Vagnen lastas av för hand | |



Figur 5.6 Skiss konceptförslag E

Tabell 5.10 För- och nackdelar för konceptförslag E

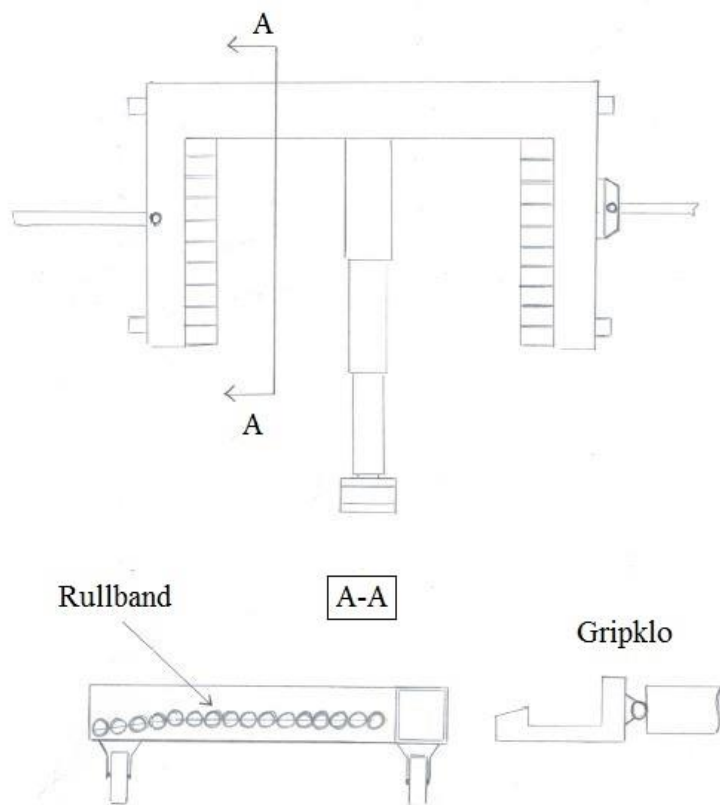
| Fördelar: | Nackdelar: |
|--|--|
| Krävs ingen operatör som kör vagnarna | Ganska dyr lösning med tanke på all dyr elektronik som krävs i AGV-vagnarna. |
| De dyra kostnaderna för driv- och positioneringssystem ligger hos AGV-vagnen och inte materialvagnen | Om omsättningen på materialvagnarna är hög krävs många AGV-vagnar för att hinna transportera fram materialvagnarna i tid. Detta medför att konceptet blir dyrare ju högre arbetstakt man har i fabriken. |

5.2.6 Konceptförslag F, Teleskoparm

Konceptförslag F är en tågagn som är utrustad med en pneumatisk styrd teleskoparm. En operatör placerar materialvagnen framför tågagnens öppning och aktiverar teleskoparmen med en pedal eller knapp. Teleskoparmen sträcker ut sig till materialvagnen och hakar automatiskt fast sig i dess underrede. Operatören använder en annan pedal för att teleskoparmen skall dra ihop sig och då också dra materialvagnen med sig upp för ett lutande rullband i tågagnen. På detta sätt lyfts materialvagnen upp ifrån golvet. Det pneumatiska system som får teleskoparmen att röra sig in och ut laddas upp av rörelse energin som skapas då dragfordonet drar tågagnarna.

Tabell 5.11 Dellösningar för konceptförslag F.

| Konceptförslag F | | Teleskoparm | |
|------------------|------------|--|--|
| Problem | Dellösning | Beskrivning | Kommentar |
| 1 | B | Teleskoparm på utrustningen greppar vagnen och drar den till sig | Teleskoparmen kan styras från både dragfordon och tågagn |
| 2 | | Teleskoparmen "håller kvar vagnen" | |
| 3 | B | Dragfordon (tåg) | |
| 4 | | Teleskoparmen släpper vagnen | Släpper efter att vagnen skjutits ut |
| 5 | B | Teleskoparmen puttats ut vagnen från utrustningen | |
| 6 | A | Vagnen rullas för hand | |
| 7 | B | Teleskoparm på utrustningen greppar vagnen och drar den till sig | |
| 8 | B | Dragfordon (tåg) | |
| 9 | B | Teleskoparmen puttats ut vagnen från utrustningen | |



Figur 5.7 Skisser Konceptförslag F

Tabell 5.12 För- och nackdelar för konceptförslag F

| Fördelar: | Nackdelar: |
|--|---|
| Operatören slipper att placera materialvagnen i tågagnen för hand vilket är väldigt bra om materialvagnarna skulle vara tunga. | Väldigt tekniskt avancerad och dyr lösning på grund av det pneumatiska systemet och elektriska komponenter. |
| | Svårt att kombinera med lastning från två håll. |

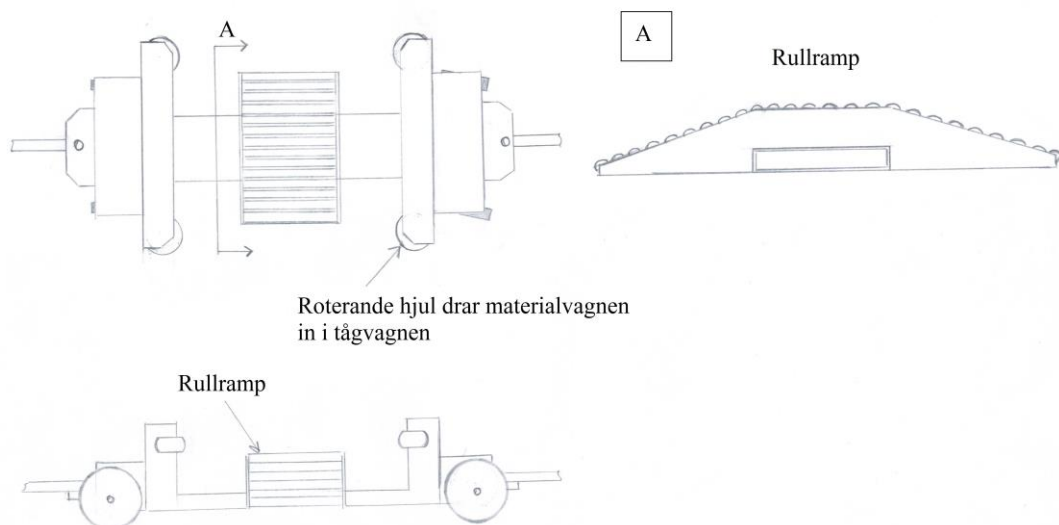
5.2.7 Koncept G: Roterande hjul-lösning

Konceptet bygger på en Tugger Train-liknande lösning med draglok och efterföljande tågagnar som materialvagnar körs upp på för att fraktas till användningsplats.

Tabell 5.13 *Dellösningar för konceptförslag G.*

| Koncept G | | Roterande hjul-lösning | |
|-----------|------------|--|-------------------------|
| Problem | Dellösning | Beskrivning | Kommentar |
| 1 | O | Gummihjul på utrustningen rullar vagnen i position | |
| 2 | | Gummihjulen "håller kvar vagnen | |
| 3 | B | Dragfordon (tåg) | |
| 4 | | Gummihjul "släpper" vagnen | Roterar åt andra hållet |
| 5 | N | Gummihjulen rullar av vagnen | |
| 6 | A | Vagnen rullas för hand | |
| 7 | O | Gummihjul på utrustningen rullar vagnen i position | |
| 8 | B | Dragfordon (tåg) | |
| 9 | N | Gummihjulen rullar av vagnen | |

Varje tågagn kan lastas med en materialvagn. Materialvagnen skall dras upp på tågagnen m.h.a. eldrivna liggande hjul som greppar mot materialvagnens sidor. Materialvagnens underrede dras då upp på ett rullband som först har lite stigande lutning för att få upp vagnhjulen över marken. Tågagnen har stigning på båda sidor fast planar ut på mitten till en horisontal linje så materialvagnen kan ligga plant mitt på tågagnen. Detta medför lastning och lossning från båda sidor, då materialvagnens hjul kommer en bit över marken och kan åka över mittbalken som håller ihop tågagnen. När materialvagnen når mittenläge på tågagnen, d.v.s. den horisontella rulldelen, stannar de roterande hjulen och håller still materialvagnen. Samtidigt som materialvagnen når mittläget fälls spärrar ut automatiskt och säkrar vagnen. Transport kan då ske. Framme vid arbetsstationen lossas materialvagnen genom att operatören trycker på en knapp och låssprintarna fälls ner och de roterande hjulen skjuvar ner materialvagnen på önskad sida av tågagnen. Se Figur 5.8



Figur 5.8 Skisser för konceptförslag G.

Tabell 5.14 För- och nackdelar för konceptförslag G

| Fördelar: | Nackdelar: |
|---|------------------------|
| Möjliggör lastning/lossning från båda sidor | Klämrisk |
| Operatör slipper dra tunga vagnar upp på tågagn | Ev. slirrisk |
| | Elektriska komponenter |

5.2.8 Konceptförslag H

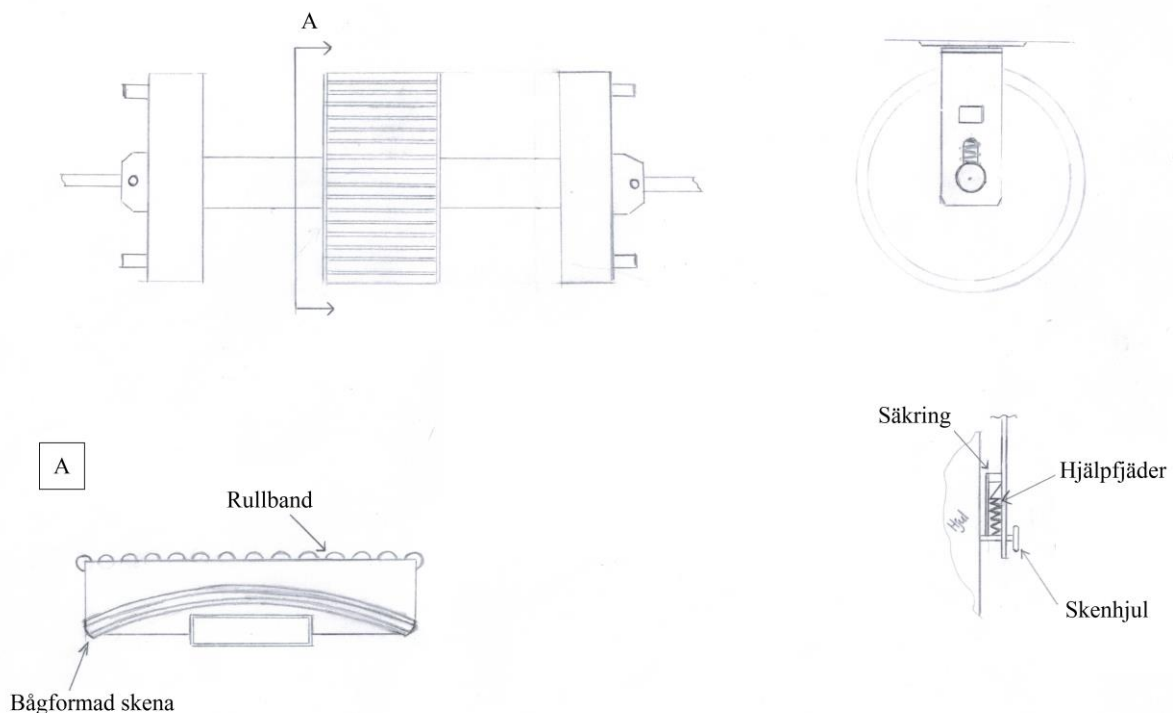
Konceptförslag H är en vagnlösning som skall användas i ett tåg med dragfordon. Det speciella med detta förslag är att det inriktar sig på att bara lyfta materialvagnens hjul från marken fast själva vagnen med all sin tyngd inte lyfts i vertikalled.

Tabell 5.15 Dellösningar för konceptförslag H.

| Konceptförslag H | | | |
|------------------|------------|-----------------------------------|---------------------------|
| Problem | Dellösning | Beskrivning | Kommentar |
| 1 | A | Vagn placeras i position för hand | Hjul fälls upp |
| 2 | B | Sprint fjädrar ut och låser | |
| 3 | B | Dragfordon | |
| 4 | A | Sprint lossas manuellt | |
| 5 | A | Avlägsnas för hand | Hjul fjädrar ut och låser |
| 6 | A | Vagn rullas för hand | |
| 7 | A | Vagn placeras för hand | Hjul fälls upp |
| 8 | B | Dragfordon | |
| 9 | A | Avlägsnas för hand | Hjul fjädrar ner |

Idén som det här konceptet bygger på är som sagt att lyfta materialvagnens hjul och inte hela materialvagnen. Att bara lyfta hjulen på vagnen medför att man lyfter det som är lätt och inte där all vikt ligger vilket är väldigt energieffektivt. Mekanismen för att lyfta hjulen kan också göras helt mekanisk vilket blir ganska billigt.

Funktionen bygger på att materialvagnens fyra hjul skall vara möjliga att förflytta upp och ned i vertikalled. När materialvagnen rullar för sig själv på golvet är hjulen i sitt nedre läge och låsta med låssprintar. När sedan materialvagnen skall lastas i tågagnen rullas materialvagnens underrede upp på rullband i tågagnen samtidigt som låsningarna på materialvagnens hjulupphängning frigörs och hjulen är således fria att röra sig uppåt. Hjulen rörelse i vertikalled åstadkommes genom att ett mindre skenhjul rullar i en bågformad skena på tågagnen. Dessa skenhjul är monterade på materialvagnens hjulupphängning. Då materialvagnens tyngd vilar på tågagnens rullband lyfts alltså materialvagnens hjul med hjälp av skenhjulen. Materialvagnens hjul följer alltså den bågformade skenan och når sin högsta punkt mitt i tågagnen. Väl ute på andra sidan tågagnen har hjulen arbetat sig nedåt igen med hjälp av skenan. Att hjulen lyfts från marken ger två fördelar. Dels så slits de inte när tåguppsättningen rör sig de långa sträckorna i industrilokalen. Men det är också så att hjulen når sin högsta punkt mitt på tågagnen vilket möjliggör att man här kan låta tågagnens sammanhållande mittbalk gå eftersom hjulen kan röra sig över denna. Konceptet kan dock göras i flera olika utföranden.



Figur 5.9 Skisser för konceptförslag H

Tabell 5.16 För- och nackdelar för konceptförslag H

| Fördelar: | Nackdelar: |
|---|---|
| Konceptet är energieffektivt då man lyfter de delar som är lätta och inte de tunga. | Det blir en kostnadsökning på varje vagn. |
| Helt mekanisk lösning. | |
| Billig, då inga dyra el- eller trycklufts komponenter ingår. Dock blir det en kostnadsökning på varje vagn. | |
| Troligtvis möjligt att använda en del produkter ur FQ:s sortiment. | |
| En lösning som endast fungerar med både FQ-vagn och FQ-tåg vilket medför att FQ knyter kunderna till sig på ett bra sätt. | |
| För att sätta samman konstruktionen finns mycket delar redan på marknaden och behöver således inte tillverkas nya | |

5.2.9 Konceptförslag I

Detta koncept liknar Koncept H och bygger också på en Tugger Train-likande lösning. Materialvagnens underrede rullar upp på tågagnens horisontella rullar medan materialvagnens hjul fälls upp vertikalt vilket möjliggör lastning från båda sidor.

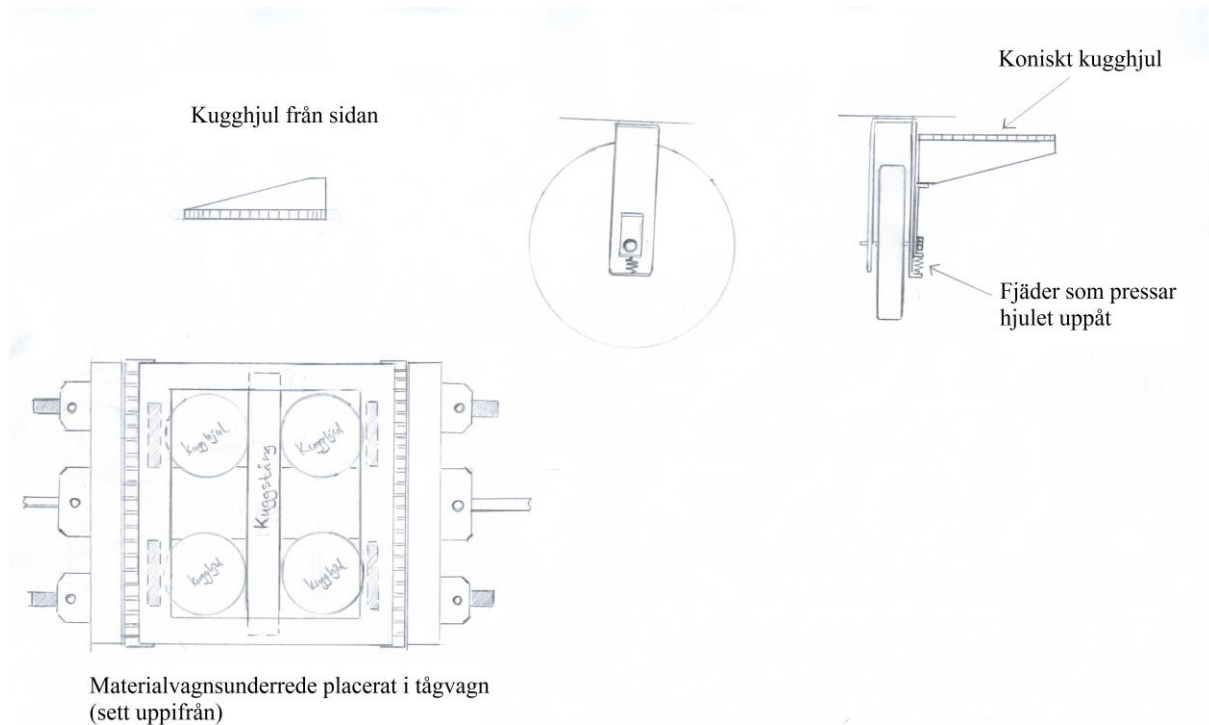
Tabell 5.17 Dellösningar för konceptförslag I.

| Lösningförslag: I | | Uppfällbara hjul 2 | |
|-------------------|------------|-------------------------|-----------|
| Problem | Dellösning | Beskrivning | Kommentar |
| 1 | A | Vagn placeras för hand | |
| 2 | A | Vagn låses med sprint | |
| 3 | B | Dragfordon | |
| 4 | A | Sprint lossas manuellt | |
| 5 | A | Vagn avlägsnas för hand | |
| 6 | A | Vagn rullas för hand | |
| 7 | A | Placeras för hand | |
| 8 | B | Dragfordon | |
| 9 | A | Vagn avlägsnas för hand | |

I detta koncept skall materialvagnen dras för hand fram till tåganordningen. Materialvagnens underrede rullar upp på tågagnens horisontella rullar och skall ha uppfällbara hjul som fungerar på följande sätt: Varje hjul har ett horisontellt liggande kugghjul kopplat till sig. När dessa kugghjul roterar så höjs och sänks hjulen på materialvagnen. Kugghjulen skall ha en så stor diameter att ett rotationsvarv är lika långt som tågagnens bredd. Det möjliggör att

materialvagnens hjul kan ha sitt högsta läge precis över tågvagnens mittbalk och återfå sitt lägsta och säkra läge lagom tills hjulet kommer ut på andra sidan av tågvagnen.

Det som får kugghjulen att rotera och då tvinga upp hjulen vertikalt är en kuggstång som sitter i mitten av varje tågvagn. Det är kuggstången och kugghjulens diameter som skall anpassas korrekt så att hjulen åker upp och ner på korrekt sätt. Se Figur 5.10.



Figur 5.10 Skisser för konceptförslag I

Tabell 5.18 För- och nackdelar för konceptförslag I

| Fördelar: | Nackdelar: |
|---|--|
| Medför lastning/lossning från båda sidor | Mycket av den tekniska lösningen sitter på materialvagnen. Då det är vagnarna som har hög kvantitet, kommer lösningen att bli dyr. |
| På och avrullning av vagn sker relativt lätt då endast materialvagnens hjul måste höjas vertikalt och inte hela vagnen. | |

6 KONCEPTVAL & KONCEPTUTVÄRDERING

En konceptutvärdering med Kesselringmatris genomförs för att hitta de mest attraktiva koncepten som sedan skall föras vidare till konstruktionsfasen. Denna process behandlas i detta kapitel.

6.1 Konceptval med Kesselringmatis

En välkänd metod att använda som verktyg vid konceptval är Kesselringmatrisen, vilken även användes i det här projektet. För att kunna använda sig av Kesselringmatrisen behöver alla önskemålen vara viktade. Ett smart och lämpligt sätt att göra detta på är att använda sig av en Viktbestämningssmatris samt skalade vikt faktorer, enligt Produktutveckling s.138-139.

Viktbestämningssmatrisen jämför varje önskemål mot varandra parvis för att sedan få ett procentuellt värde på varje önskemål. Detta resultat presenteras i Figur 6.1

| Kriterium | A | B | C | D | E | F | G | H | I | J | K | Summa | Sum/Tot | |
|------------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-------------|---------|---|
| Önskemål A | - | 0 | 0,5 | 1 | 1 | 0 | 0,5 | 0,5 | 0 | 0,5 | 0,5 | 4,5 | 0,08 | |
| Önskemål B | 1 | - | 1 | 1 | 1 | 0,5 | 1 | 1 | 0,5 | 1 | 1 | 9 | 0,16 | |
| Önskemål C | 0,5 | 0 | - | 1 | 1 | 0 | 0,5 | 0,5 | 0 | 0 | 0 | 3,5 | 0,06 | |
| Önskemål D | 0 | 0 | 0 | - | 0,5 | 0 | 0,5 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0,02 | |
| Önskemål E | 0 | 0 | 0 | 0,5 | - | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0,5 | 0,01 | |
| Önskemål F | 1 | 0,5 | 1 | 1 | 1 | - | 1 | 1 | 0 | 0,5 | 1 | 8 | 0,15 | |
| Önskemål G | 0,5 | 0 | 0,5 | 0,5 | 1 | 0 | - | 0,5 | 0 | 0 | 1 | 4 | 0,07 | |
| Önskemål H | 0,5 | 0 | 0,5 | 1 | 1 | 0 | 0,5 | - | 1 | 0 | 0 | 4,5 | 0,08 | |
| Önskemål I | 1 | 0,5 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 0 | - | 0,5 | 0 | 7 | 0,13 | |
| Önskemål J | 0,5 | 0 | 1 | 1 | 1 | 0,5 | 1 | 1 | 0,5 | - | 0 | 6,5 | 0,12 | |
| Önskemål K | 0,5 | 0 | 1 | 1 | 1 | 0 | 0 | 1 | 1 | 1 | - | 6,5 | 0,12 | |
| | | | | | | | | | | | | Tot: | 55 | 1 |

Figur 6.1 Viktbestämningssmatris.

Det procentuella värdet valdes att översättas till värden inom skalan 1-5, där 5 representerar det bästa värdet. Det slutgiltiga viktningvärdet för varje önskemål kan avläsas i Figur 6.2.

| Kriterium | $\Delta_i = \text{Sum}/\text{Tot}$ | Skala 1-5 Viktfaktor |
|------------|------------------------------------|----------------------|
| Önskemål A | 0,08 | 3 |
| Önskemål B | 0,16 | 5 |
| Önskemål C | 0,06 | 2 |
| Önskemål D | 0,02 | 1 |
| Önskemål E | 0,01 | 0 |
| Önskemål F | 0,15 | 4 |
| Önskemål G | 0,07 | 2 |
| Önskemål H | 0,08 | 3 |
| Önskemål I | 0,13 | 4 |
| Önskemål J | 0,12 | 4 |
| Önskemål K | 0,12 | 4 |

| |
|---|
| A: Möjliggöra lastning från två håll |
| B: Driftsäker och okomplex lösning |
| C: Svängradie max. 2 meter |
| D: Skall vara energieffektiv |
| E: Skall kunna förflytta 5 vagnar samtidigt |
| F: Vagnens hjul skall inte användas under transport |
| G: Osäkkring skall ske med endast en rörelse |
| H: Klara olika storlek på vagnar |
| I: Ingen elektronik |
| J: Ej för hög kostnad |
| K: Tilltalande design med FlexQube-DNA |

Max. Summa(max. Δ_i) : 0,16

Viktfaktor = $(\Delta_i / \Sigma \Delta_i) * 5$

Figur 6.2 Skalade vikt faktorer.

De koncept som testas i Kesselringmatrisen är de som är mest realiserbara med en enklare teknik, inte för avancerade och dyra eller som passar in i dagens industrimiljöer. Koncept A är bra på flera plan och skulle kunna vara ett alternativ, men det krävs en stor förändring i dagens materialhantering, vilket inte var acceptabelt i detta projekt. Koncept D, E och J är spännande och intressanta att fundera vidare på, men kommer att bli komplicerade lösningar med för många elektriska komponenter. Priset för sådana lösningar som koncept D och E beskriver kommer att bli för högt med tanke på att varje materialvagn kommer att appliceras med mycket komponenter.

De koncept som kommer att utvärderas vidare i en Kesselringmatris är koncepten B,C,F,G,H och I. Utvärderingen kan utläsas i Figur 6.3

| Kriterium | Lösningalternativ | | | | | | | | | | | | | | |
|--------------------|-------------------|-------|----|---------|----|--------|----|---------|----|-----|----|-------|----|--------|----|
| | W | Ideal | | B | | C | | F | | G | | H | | I | |
| | | v | t | v | t | v | t | v | t | v | t | v | t | v | t |
| Önskemål A | 3 | 5 | 15 | 5 | 15 | 5 | 15 | 0 | 0 | 5 | 15 | 5 | 15 | 5 | 15 |
| Önskemål B | 5 | 5 | 25 | 2 | 10 | 2 | 10 | 1 | 5 | 1 | 5 | 5 | 25 | 4 | 20 |
| Önskemål C | 2 | 5 | 10 | 2 | 4 | 3 | 6 | 3 | 6 | 3 | 6 | 4 | 8 | 3 | 6 |
| Önskemål D | 1 | 5 | 5 | 4 | 4 | 4 | 4 | 2 | 2 | 2 | 2 | 5 | 5 | 5 | 5 |
| Önskemål E | 0 | 5 | 0 | 4 | 0 | 4 | 0 | 4 | 0 | 4 | 0 | 4 | 0 | 4 | 0 |
| Önskemål F | 4 | 5 | 20 | 5 | 20 | 5 | 20 | 5 | 20 | 5 | 20 | 5 | 20 | 5 | 20 |
| Önskemål G | 2 | 5 | 10 | 5 | 10 | 4 | 8 | 5 | 10 | 5 | 10 | 3 | 6 | 3 | 6 |
| Önskemål H | 3 | 5 | 15 | 2 | 6 | 1 | 3 | 4 | 12 | 2 | 6 | 3 | 9 | 2 | 6 |
| Önskemål I | 4 | 5 | 20 | 3 | 12 | 3 | 12 | 0 | 0 | 1 | 4 | 5 | 20 | 5 | 20 |
| Önskemål K | 4 | 5 | 20 | 2 | 8 | 2 | 8 | 1 | 4 | 2 | 8 | 3 | 12 | 1 | 4 |
| Önskemål J | 4 | 5 | 20 | 1 | 4 | 1 | 4 | 3 | 12 | 1 | 4 | 3 | 12 | 3 | 12 |
| T= $\sum t_j$ | | 160 | | 93 | | 90 | | 71 | | 80 | | 132 | | 114 | |
| T/T _{max} | | 1 | | 0,58125 | | 0,5625 | | 0,44375 | | 0,5 | | 0,825 | | 0,7125 | |
| Rangordning | | | | 3 | | 4 | | 6 | | 5 | | 1 | | 2 | |

Figur 6.3 Kesselringmatris.

Utvärderingen som genomfördes i Kesselringmatrisen visade att lösningförslag H, ”Uppfällbara hjul 1”, var det alternativ som uppfyllde önskemålen bäst. Valet som gjordes, i samråd med FlexQube, var att gå vidare med detta koncept till konstruktionsfasen. Denna lösning kräver mer utveckling än bara en tågagn, även en anordning för att fälla upp materialvagnens hjul måste konstrueras.

Nästa steg var att komma på mer precisa konstruktioner som löser de önskade funktionerna samt att göra detaljkonstruktioner i CAD-programmet Solid Edge, på både hjulupphöjningen samt tågagnen.

7 KONSTRUKTION

I detta kapitel kommer detaljkonstruktioner att presenteras för två olika hjuluppfällningsförslag samt för en tågagn. Presentationen kommer att ske genom en beskrivande text av dess funktioner samt genom bilder från detaljritade CAD-modeller.

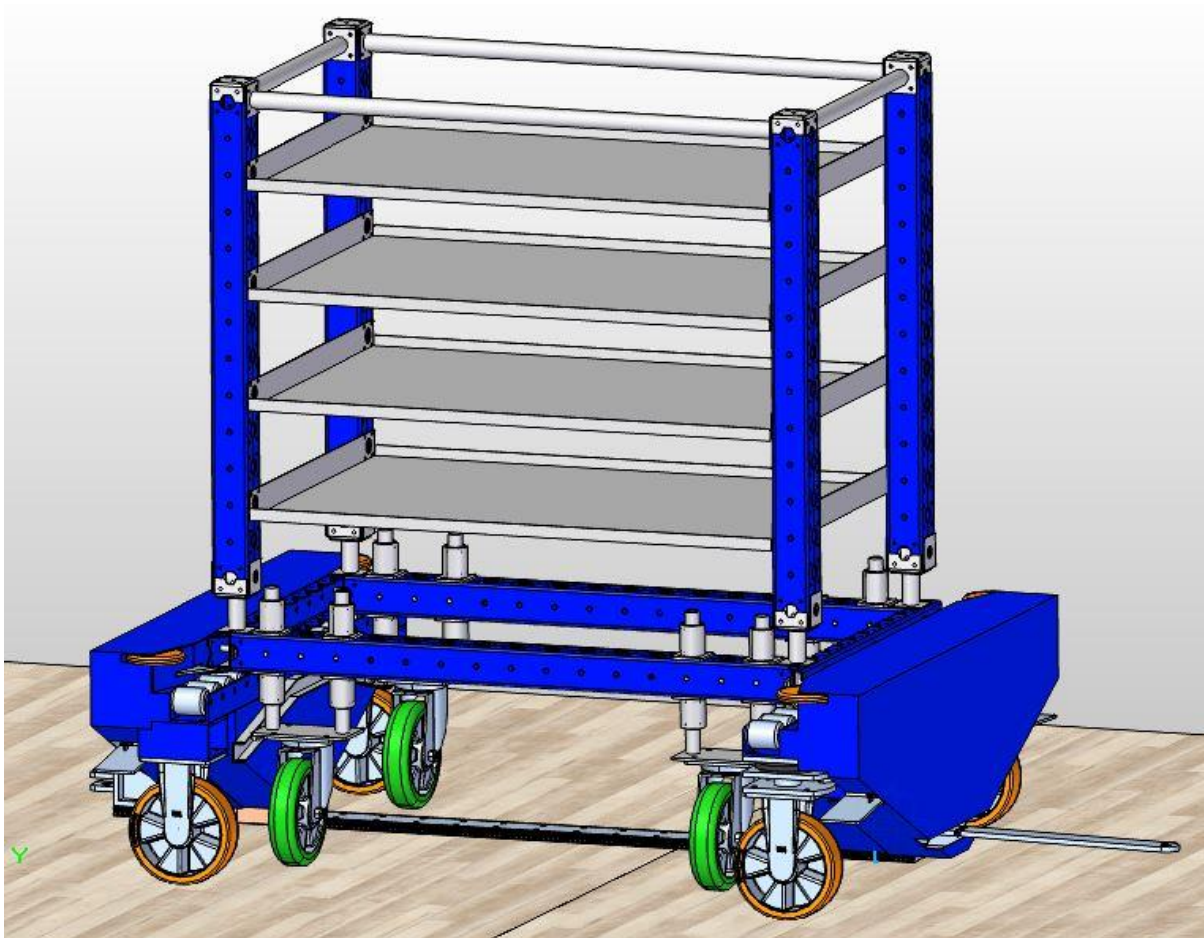
7.1 Hjulupphöjning

Konceptet som vi har valt att jobba vidare med är alltså ett system där materialvagnen och tågagnen är integrerade och endast fungerar ihop. Konceptet skulle kunna utformas lite olika beroende på vilka funktioner man väljer att fokusera på eller avstå från. Konceptet bygger dock på vissa principer som är ganska karakteristiska jämfört med de Tugger Train som finns på marknaden idag.

Den huvudsakliga principen grundar sig i att materialvagnens tyngd skall då den lastas i tågagnen ledas över från att gå genom materialvagnens hjulupphängning till att istället gå genom rullbandet och chassit på tågagnen. När väl materialvagnens hjul är avlastade kan dessa fällas upp för att skapa frigång över marken och även möjligheten att lasta och lossa vagnen från båda håll. I detta projekt har två olika anordningar för uppfällningen av materialvagnens hjul framarbetats och dessa presenteras nedan. I båda konstruktionerna skall hjulens vertikala rörelse uppnås genom att ett skenhjul fäst på hjulplattan rullar i en lutande hjulskena och där med tvingar hjulet uppåt. Innan hjulet kan höjas vertikalt måste en säkring lossas. I förslagen som presenteras utgörs säkringen av en sprint som låser upp i kontakt med tågagnen.

Under detta arbetes framskridande har vikten av att ha en symmetrisk konstruktion uppmärksamats. En symmetrisk konstruktion är viktig för att möjliggöra lastning från två håll. Låssprintar, skenhjul och andra funktionsdelar skall med fördel placeras så att de håller sig längs en vertikal symmetrilinje genom konstruktionen. Om konstruktionen inte utformas på detta sätt kommer den inte fungera åt båda hållen. En låssprint som t.ex. inte ligger längs denna symmetrilinje kommer att vid lastning av materialvagnen i tågagnen osäkra konstruktionen precis som den ska. Skulle vagnen sedan rullas ur tågagnen på motsatta sidan kommer låssprinten inte att låsa hjulen i nedfällt läge innan hjulkonstruktionen belastas och materialvagnen kommer således trilla ihop.

I utformandet av de olika lösningarna har också mycket tanke ägnats åt att försöka använda detaljer som antingen redan finns färdiga att köpa in eller är enkla att tillverka. Vidare beskrivning av de tekniska lösningarna finns underkapitlen 7.1.1 och 7.1.2.



Figur 7.1 Förflyttningsanordning med FQ-vagn

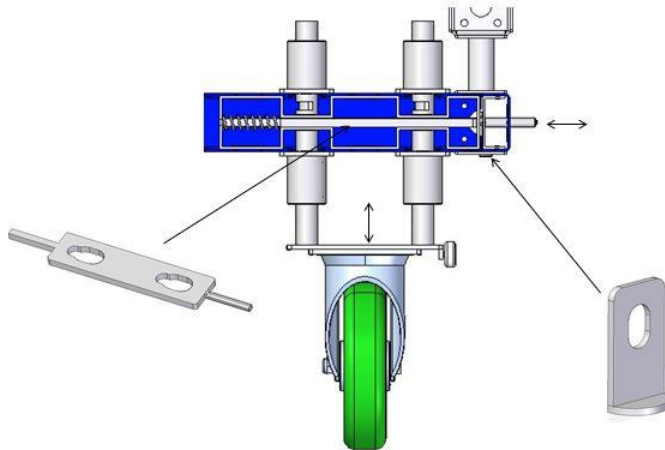
7.1.1 Hjulupphöjning 1

Denna konstruktion bygger på att materialvagnens hjul skall röra sig rakt upp i vertikalled. Konstruktionen är delvis integrerad inuti materialvagnens underrede och har på Figur 7.2 synliggjorts genom borttagande av den ena Flexbeamen i vagnsunderredet. Materialvagnens hjul är fästa på en platta med två vertikalt stående axlar. Dessa axlar löper igenom de stora hålen på materialvagnens underrede och rör sig friktionsfritt i vertikalled med hjälp av kulbussningarna monterade på över och undersidan utav Flexbeamen.

På vertikalaxlarna finns urtag frästa och det är dessa som tillsammans med låsplattan utgör den säkring som låser hjulen i nedfällt läge. Låsplattan har urfrästa nyckelhålsformade hål vilket medför att när en fjäder tillåts pressa låsplattan mot vertikalaxlarna går låsplattan in i urtagen på vertikalaxlarna och konstruktionens vertikala rörelse är låst. Låsplattan har en pinne som sticker ut ur beamen på kortändan och i änden på denna pinne sitter en kulrulle för att kontakten med en glidyta skall kunna ske med så lite friktion som möjligt. Låsplattan skall alltså med sin pinne glida mot en snedställd vägg på tågagnen och alltså tvingas inåt i beamen och osäkra konstruktionen för vertikal rörelse. När detta sker är alltså hjulupphängningen obelastad av materialvagnens tyngd. Låsplattan är förmonterad i ett insatschassi som genom sitt utformande skall kunna leda kraften från materialvagnens tyngd från beamen till låsplattan.

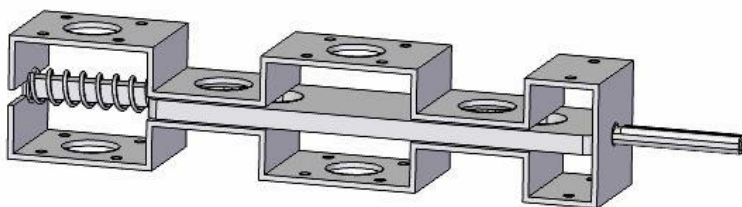
Kraftflödet genom konstruktionen blir således ganska rakt och symmetriskt i vertikalled vilket

jämnar ut påfrestningarna på de ingående komponenterna. Då materialvagnen rullas omkring utanför tågagnen utgör låsplattans utstickande pinne en säkerhetsrisk eftersom den om till exempel vagnen körs emot en vägg skulle kunna tryckas in och således orsaka att hela materialvagnen kollapsar. Som säkring mot detta har därför en säkringsbricka byggts in i konstruktionen som utav gravitationen faller ner i ett urfräst spår på låsplattans pinne och alltså hindrar denna från att kunna tryckas in då materialvagnen inte står på rullbanan i tågagnen. Konstruktionen är tänkt att vara god ur både tillverkningsynpunkt och monteringsynpunkt.



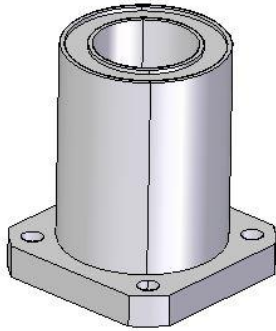
Figur 7.2 Hjulupphöjning 1 med beskrivning av låsplattan och säkringsbrickans position

Ur monteringsynpunkt kan insatsen bestående av låsplattan, insatschassi och fjäder monteras ihop separat för att sedan monteras som en enhet inuti beamen. Säkringsbrickan kan monteras på låsplattans pinne och en mothållande chassidel monteras i kortsidans beam innan materialvagnens underrede montereras ihop. Kulbussningar och resterande delar monteras sedan utanpå vagnsunderredet. Fjäders som använts i konstruktionen har tagits från fjädertillverkaren Sodemann Industrifjedre A/S, och skall ge en maximaltryckkraft på cirka 70 N (Sodemann 2014). Denna tryckkraft uppskattas vara väl anpassad för att säkerställa att låsplattan åker tillbaka till säkringsläge samt att det inte blir för jobbigt att komprimera fjädern då materialvagnen lastas i tågagnen.



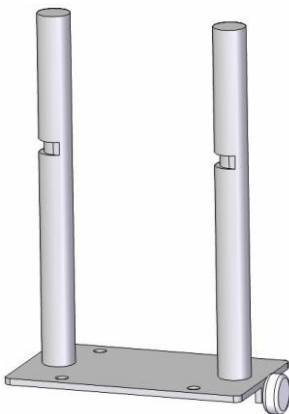
Figur 7.3 Insats hopmonterad

Kulbussningarna som vi har använt i denna konstruktion tillhandahålls av företaget Rollco. Bussningarna är väldigt stabila och klarar statisk sidobelastning på 1 600 N (Rollco 2014) samtidigt som de endast ger en vinkeländring hos axlarna på någon grad.



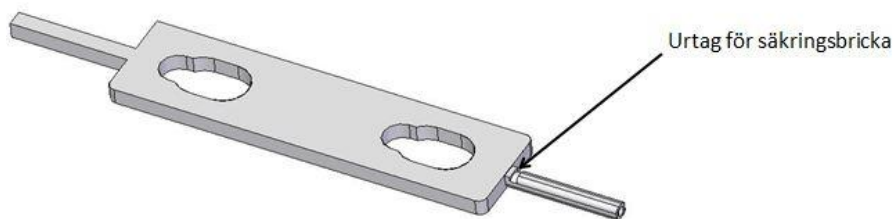
Figur 7.4 Kulbussning

I axlarna, som också kan beställas från Rollco, skall ett spår för låsplattan fräsas ur och ett gängat hål tas upp i kortänden. Axlarna skruvas sedan fast på hjulinfästningsplattan med försänkta M10 skruv. Hjulinfästningsplattan har en nedböckad kant med ett gängat hål i. Här skruvas skenhjulet, som skall glida i en bågformad skena på tågvagnen, fast.



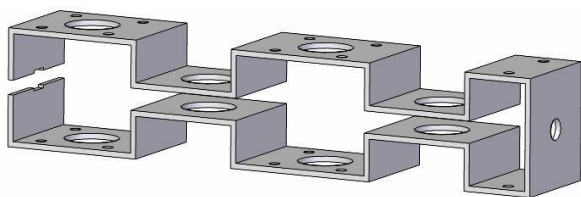
Figur 7.5 Hjulinfästningsplatta, vertikalaxlar och skenhjul

Låsplattan som skall låsa konstruktionens vertikallrörelse är utformad för att kunna skäras eller fräsas ur en tjockare plåt. Därför är pinnarna i båda ändar av låsplattan kvadratiska i tvärsnittet trots att de gärna hade fått ha ett cirkulärt tvärsnitt då de skall passa i cirkulära hål. Den änden som skall komma ut ur materialvagnens underrede behöver dock rundas till lite för att tvärsnittet skall vara tillräckligt stort samtidigt som den passar i hålet. Ett urtag för säkringsbrickan fräses också ut.



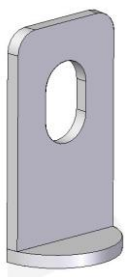
Figur 7.6 Låsplatta

För att få en enkel tillverkning av insatschassit utformades detta så att det enkelt kan skäras ur en tre millimeters plåt och sedan bockas till rätt utseende.



Figur 7.7 Insatschassi

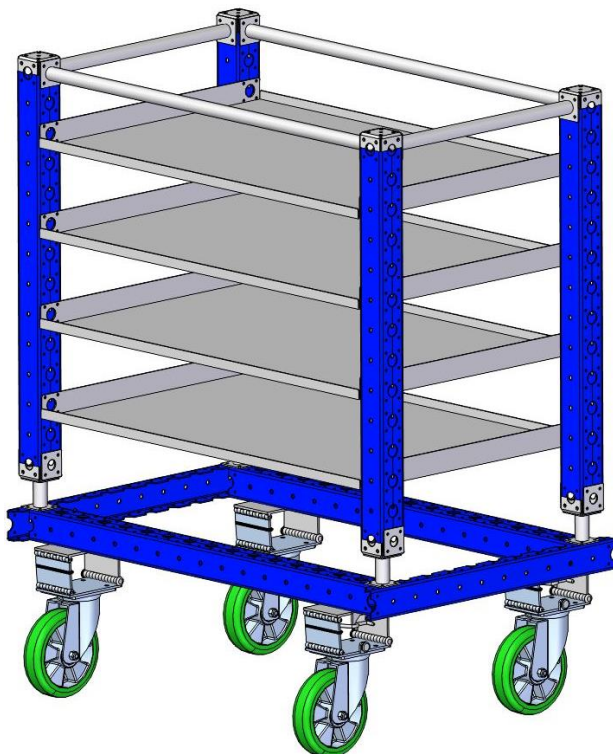
Säkringsbrickan kan stansas ur en tre millimeters plåt och sedan bockas i rät vinkel. Dess utseende bestämdes till största delen av att den skulle passa inuti en FlexPlate.



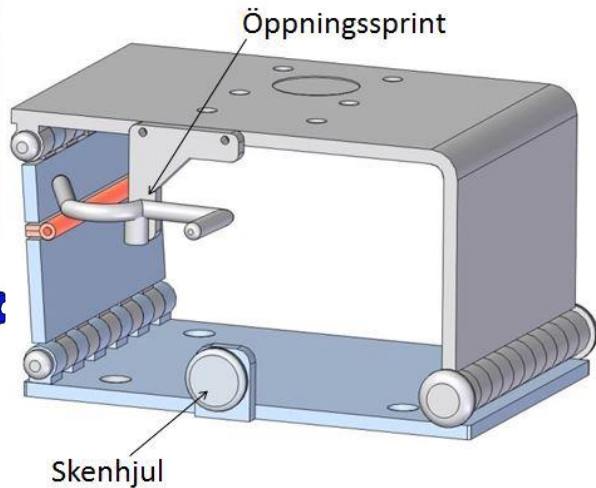
Figur 7.8 Säkringsbricka

7.1.2 Hjulupphöjning 2

Denna konstruktions upphöjningsidé skiljer sig lite från "Hjulupphöjning1". Hjulet kommer att röra sig uppåt från marken fast inte i samma raka vertikala rörelse. I denna konstruktion kommer hjulet att roteras upp. Dock så kommer fortfarande skenhjulet och upplåsningssprinten att ligga i samma vertikala linje mitt på hjulaxeln så att lastning och lossning kan ske från båda sidor utav tågagnen. Vagnshjulet kommer att vara fäst på en hjulplatta som i sin tur har ett gångjärn efter ena sidan som den då kommer att rotera runt. På andra sidan finns en vägg med dragspelsfunktion som först ger stöd för att sedan vikas ihop och möjliggöra rotation. Förutom att dragspelsväggen har en lutning så finns ett hopfjädrande gångjärn i dragspelsväggen som gör det säkert och förvissar att hjulet inte vikas ihop under användning.



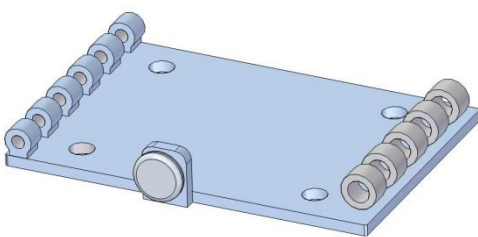
Figur 7.9 Hjulupphöjning 2 med FQ-vagn



Figur 7.10 Hjulupphöjning 2 utan FQ-vagn

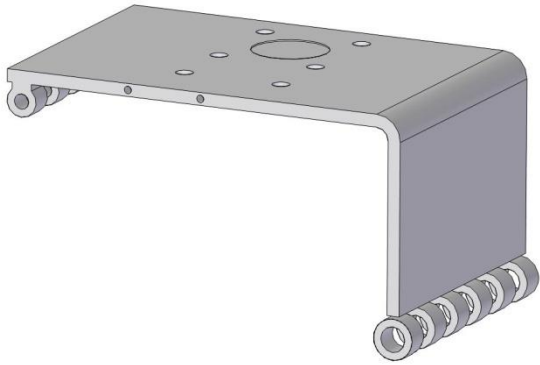
Konstruktionen som Figur 7.10 visar är en ganska simpel men smart konstruktion, med så få komponenter som möjligt. Tanken är att den skall vara enkel och billig att producera. Lösningen kräver endast en böjd plåt med enkla bockar, några plåtar som endast är utstansade ur en plan plåt, påsvetsade ringar som bildar gångjärnen, sprintar till gångjärnen samt ett fjädrande gångjärn.

I hjulplattan skall vagnens hjul fästas in. Den har stansade hål som passar med hjulets interface så de lätt kan skruvas ihop. Mitt på hjulplattans långsida sitter skenhjulet på en uppbockad flik. På ena kortsidan av hjulplattan sitter gångjärnet som plattan roterar runt och på andra kortsidan ett gångjärn som den hopfällbara väggen sitter på. Se Figur 7.11.



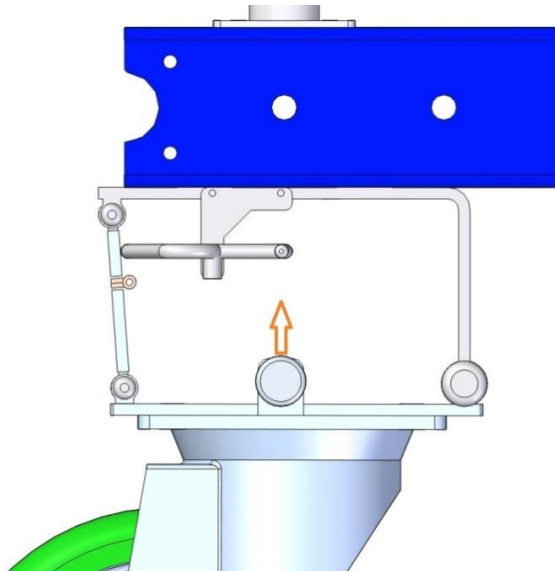
Figur 7.11 Hjulplatta

I Figur 7.12 visas den bärande stomme som sitter närmast Flexbeamen. Det är en tjock plåt som bockats 90 grader. På ovansidan finns det utstansade hål som har samma interface som Flexbeamen vilken medför smidig infästning. På ändarna finns påsvetsade gångjärnsringar. Öppningssprinten sitter ledad i änden på en plåt som har fästs på mitten utav stommen, se Figur 7.13.

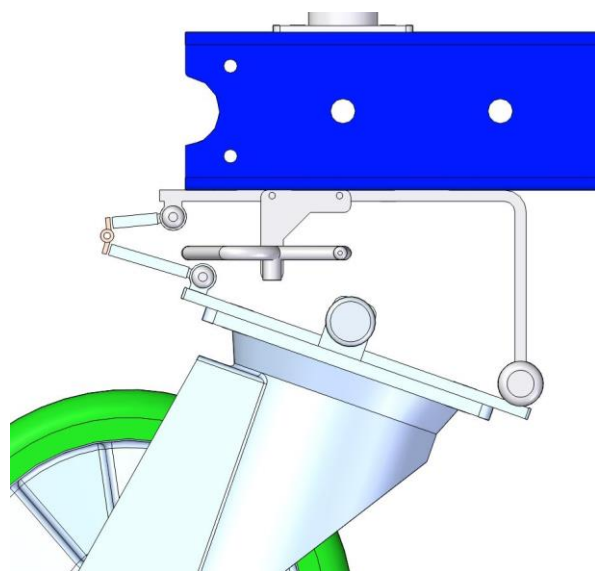


Figur 7.12 Stommen

Det som möjliggör en roterande upphöjning och säker låsning är den specialgjorda dragspelsväggen. Vilket kan ses i figur 7.13 så lutar väggen något samt att det hopfjädrande gångjärnet sitter till höger om väggen. Detta medför att hjulet måste någon millimeter nedåt samt att det fjädrande gångjärnet pressas ca 1 cm åt vänster för att kunna öppnas och vikas ihop då skenhjulet dras uppåt. Då det är tyngd på vagnen kommer hjulupphängningsanordningen alltså vara självlåsande och inte fällas ihop. För extra säkerhet



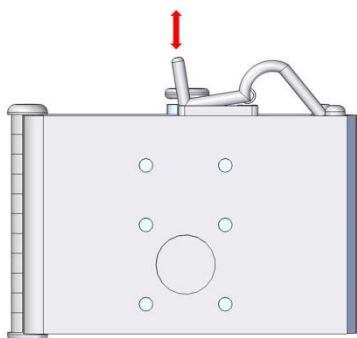
Figur 7.13 Konstruktionen i nedfällt läge (användningsläge)



Figur 7.14 Konstruktionen i uppfällt läge (transportläge).

är det rödmarkerade gångjärnet, som ses tydligast i Figur 7.10, lätt fjäderbelastat (Tryggve Olson Normdetaljer 2010) vilket gör att gångjärnet vill pressa ihop sig även om vagnen hoppar till vid exempelvis ojämna underlag eller liknande.

Vilket nämndes tidigare, måste dragspelsväggen vara säkert stängd då den används. Det gör det alltid svårare att på ett bra sätt osäkra och fälla upp hjulet. I de båda hjulupphöjningsförslagen krävdes mycket tid just åt att komma på lösningar som skulle vara säkra samtidigt som de går att lösgöra. Det som skall pressa dragspelsväggen åt sidan är öppningssprinten som visas i Figur 7.15.



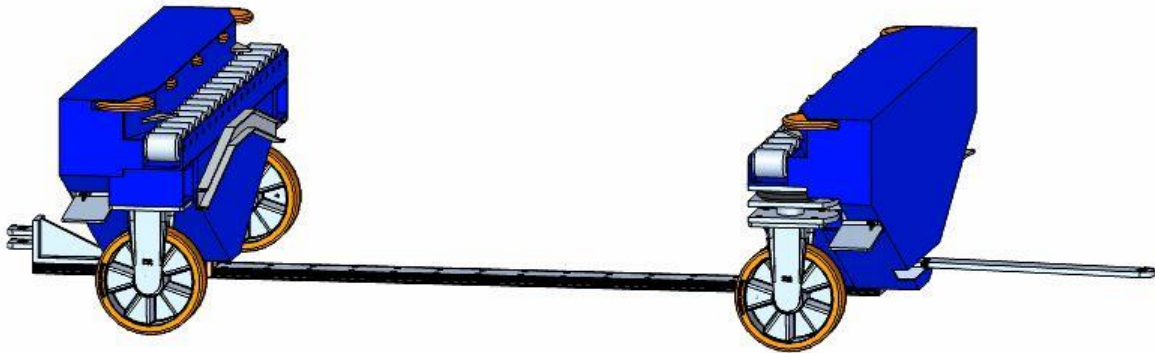
Figur 7.15 Öppningssprinten i vy ovanifrån

När öppningssprinten trycks inåt (vilket den röda pilen i Figur 7.15 illustrerar) så roterar den och trycker på så vis dragspelsväggen åt sidan. Det som skall trycka in öppningssprinten är en utåtbuktande skena på tågagnen. Den skena finns inte på transportanordningen som konstruerats här, då den är anpassad för "Hjulupphöjning 1", utan måste monteras ovanför den bågformade hjulskenan. Skenan som skall trycka in öppningssprinten samt hjulskenan måste vara anpassade så att de låser upp och lyfter vid rätt tillfälle. Så fort vagnens underrede är på tågagnens rullar så öppnar alltså först öppningssprinten dragspelsväggen, sedan lyfts hjulet uppåt. Då öppningssprinten och skenhjulet sitter rakt ovanför varandra kan skenorernas tajming med varandra vara lika på båda sidor vilket medför att anordningen fungerar symmetriskt, vilket i sin tur möjliggör lastning/lossning från båda sidor av tågagnen.

Alla delar i denna konstruktion är robusta och stabila. Plattorna på sidorna sitter i stort sett helt vertikalt vilket gör att de tar upp tryckkrafterna mycket bra. Eftersom att gångjärnen är fastsvetsade ringar kommer de att bli stabila och klara stora krafter.

Denna lösning kommer att i jämförelse med "hjulupphöjning 1" vara en relativt billig lösning. Alla delar förutom öppningssprinten kan tillverkas på ett mycket enkelt och billigt sätt. Stommen i konstruktionen är endast stansad ur plåt och bockad, väggarna är också de utstansade ur plåt, och hjulplattan är utstansad med fyra gängade hål och bockas i efterhand där skenhjulet skall sitta. De grova gångjärnsdelarna är kapade ur ett rör som sedan fästs med plattorna i en svetsoperation. Sprinten i gångjärnet kan enklast göras av en stålpinne som stansas till i änden så allt håller ihop. Det fjädrande gångjärnet i dragspelsväggen samt skenhjulet köps färdiga direkt från underleverantör.

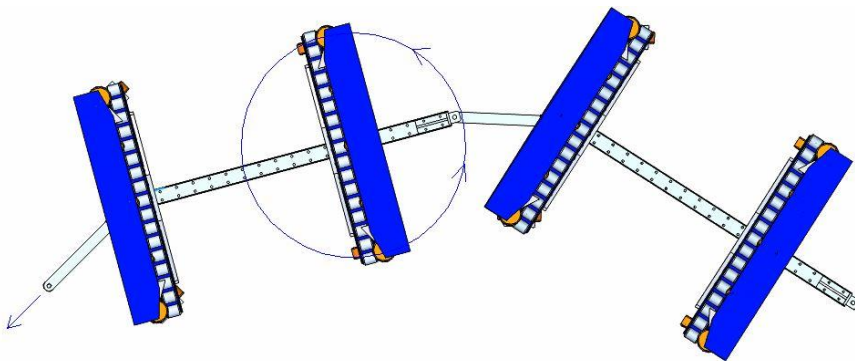
7.2 Transportanordning



Figur 7.16 Den framtagna transportanordningen.

Vid utvecklingen av tågagnen har fokus legat på att ta fram en fram- och bakvagn som är väldigt modulära och som enkelt kan anpassas så att de klarar av att hantera de storlekar på materialvagnar man använder i den aktuella industrin. Då man önskar att tågagnen skall kunna hantera flera olika längder på materialvagnar kan en glidskena monteras som länk mellan fram- och bakvagn. Glidskenan kan enkelt anpassas så att den låser sig i olika förbestämda lägen. Avståndet mellan fram- och bakvagn kan då alltså anpassas fritt i sju centimeters intervaller. Denna konstruktion kan ses i Figur 7.16. Eftersom bakvagnen har hjul med fast körriktning är det den som kan flyttas längs glidskenan. Hjulen riskerar då inte att låsa bakvagnens rörelse i och med friktionen som uppkommer mot golvet, vilket framvagnens roterande swivelhjul skulle kunna göra. En nödvändighet är att de drag- och tryckkrafter som uppkommer då tågsystemet körs omkring kan gå rakt igenom glidskenan. Önskat moment som bryter och sliter i de ingående delarna minskas då mycket. Av denna anledning valdes dragöglor och länkstag i konstruktionen att fästas in direkt på glidskenan.

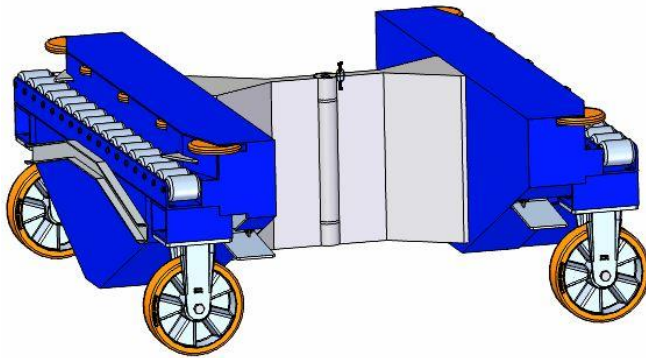
Svängradien hos tågsystemet är svår att uppskatta men då vagnarna generellt inte är större än andra vagnar som finns på marknaden idag borde den ändå var tämligen god. Konstruktionen är också utformad för att så lite som möjligt gena i kurvor. Då en vagn, som genom sina styrande framhjul, svänger kan den sägas rotera runt en centrumpunkt mellan de båda bakhjulen. Dragöglans utstick bildar då en hävarm som drar nästkommande vagn i en vidare bana än om kopplingspunkten till nästkommande vagn skulle sitta i chassit på bakvagnen. Detta medför att vagnarna följer bättre i framförvarande vagns hjulspår.



Figur 7.17 Illustration av transportanordnings svängsystem

På grund av modulerbarheten i konstruktionen finns även möjligheten att använda samma fram- och bakvagn men förändra hur de förbinder sig med varandra och andra vagnar. I detta projekt har diskuterats att man, om behovet av att kunna ändra avståndet mellan fram och bakvagn inte är så viktigt, skulle kunna byta ut glidskenan mot en fast metallbalk. Detta blir en billigare och stabilare lösning som skulle kunna bli nödvändig om man skall frakta väldigt tunga materialvagnar. Ofta har man bara ett par olika storlekar på sina materialvagnar på en speciell industrianläggning och flexibilitetsbehovet skulle således kunna tillgodoses genom att ha ett tågsystem med två olika storlekar på tågvagnarna.

Systemet skulle också kunna anpassas på så sätt att det inte har någon sammanlänkning mellan fram- och bakvagn utan att materialvagnen utformats så att den då den är lastad i en tågvagn själv utgör sammanlänkningen. Systemet skulle då utformas som sektioner med en fram- och bakvagn i varje som då verkar mot olika materialvagnar i tåget. Ett exempel på detta kan ses i Figur 7.18.

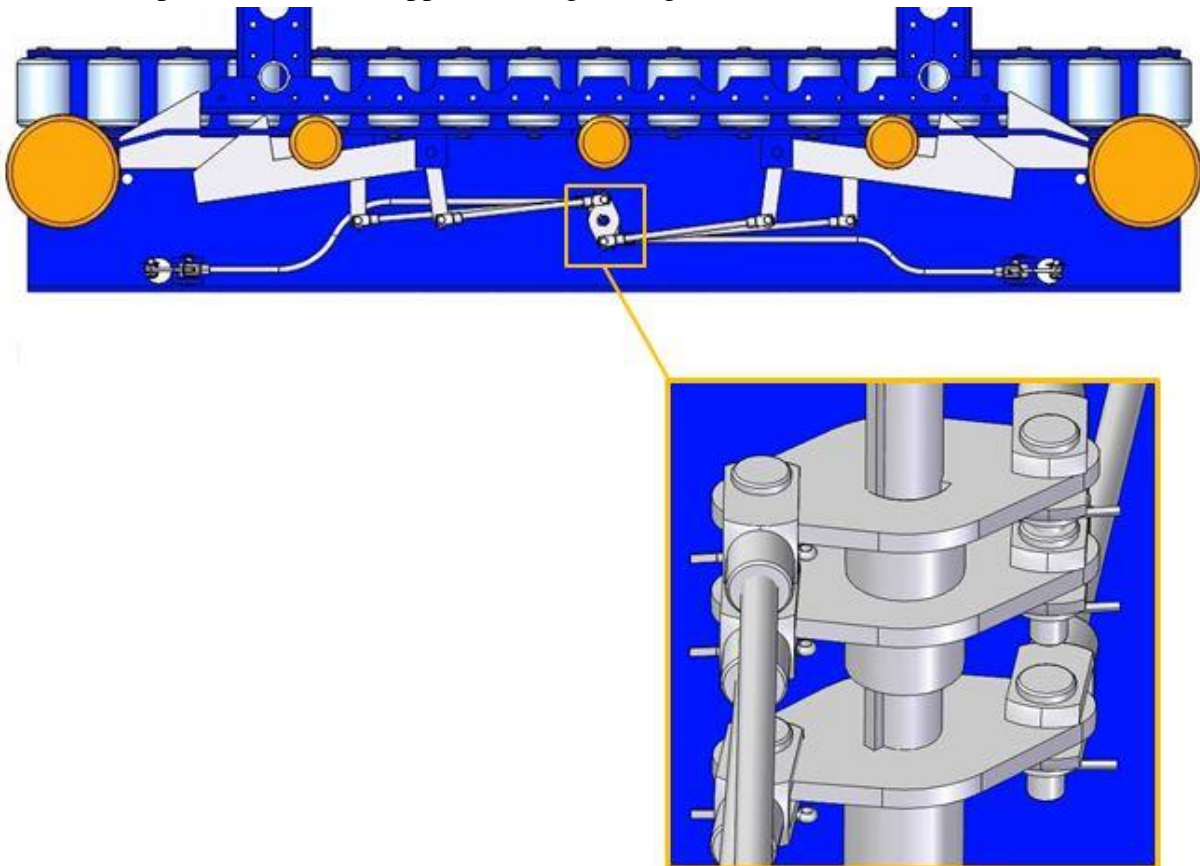


Figur 7.18 Sektion med fram- och bakvagn

En önskad egenskap som framkom under förstudien var att förflytningsutrustningen skulle kunna lastas automatiskt. Genom att det utvecklade tågsystemet inte kräver många olika grepp och moment då en materialvagn lastas i det har denna automatiska lastning möjliggjorts. Systemet som låser en materialvagn i tåget är helt automatiskt under lastning och detta kan således ske säkert. Rullbanden som tågvagnen är utrustad med möjliggör att en materialvagn rullar från en extern enhet och rakt på tågvagnen utan att hjulen rullar på marken. Om en industri använder materialhanteringssystem där lastpallar eller liknande utan hjul skall hanteras, kan den bågformade skenan tas bort. Då skulle enbart tågets egenskaper knutna till rullbandet och lastsäkringssystemet utnyttjas. Modulerbarheten i det här projektets konstruktion öppnar som synes upp för många olika användningssätt av tågsystemet.

För att tågvagnarna också skulle kunna hantera vagnar med olika bredd utvecklades ett lastsäkringssystem som kan anpassas till att hantera de olika vagnbredder som önskas. Systemet kräver ingen manuell hantering för att låsa vid pålastning av en materialvagn. En materialvagn kan således bara köras rakt in och låses centrerat på tågvagnen. Detta åstadkoms genom fjäderbelastade låshaspar som pressas undan av vagnen då denna passerar förbi. Låshasparna fjädrar sedan ut igen då vagnen helt passerat och materialvagnen står då i det säkrade området. För att detta system ska fungera måste låshasparna arbeta i par. Alltså, om vagnen pressar in en låshasp på ena sidan av tåget så måste motsvarande låshasp på andra

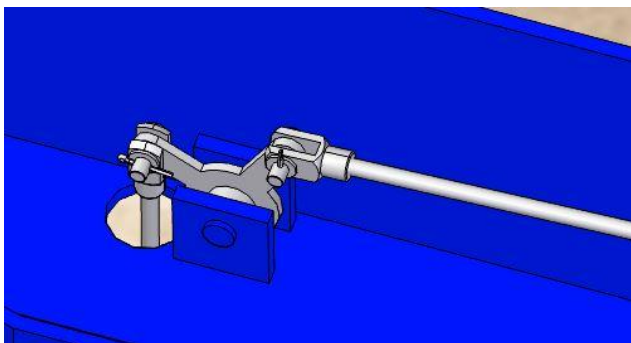
sidan också fjädra in. Likaså fjädrar båda låshasparna ut då vagnen passerat förbi den ena av dem. De båda låshasparna måste alltså vara sammanlänkade. Detta löses genom systemet av stänger som kan ses i Figur 7.19. Två låshaspar och dess stänger är sammanlänkade genom en mittedel som roterar runt en stång. På detta sätt ändras riktningen på stångrörelsen och de båda låshasparna gör då samma rörelse fast åt motsatt riktning. Detta helt mekaniska system är tänkt att kunna anpassas till att hantera olika vagnsbredder genom att montera ytterligare låshaspar med mindre avstånd emellan. De olika haspsektionerna monteras då i olika horisontella plan vilket visas i uppförstoringen i Figur 7.19



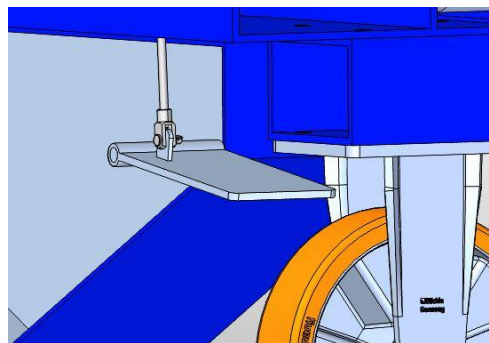
Figur 7.19 Låsmekanism

Låshasparna är fjäderbelastade genom vridfjädrar vid deras infästning i karossen. Detta medför att de fjädrar ut och låser vagnen i rätt läge. Genom att rotationshylsan i varje hasp-system har ett utbrett urtag tillåts de rotera runt axeln de är monterade på trots att denna är utrustad med en styrfläns, se Figur 7.19. Den undre hylsan i Figur 7.19 ingår inte i ett haspsystem utan är istället genom sina stänger förbunden med pedalerna på sidorna av tågvagnen. Denna hylsa har inte heller ett utbrett urtag utan är anpassad för att passa på styrflänsen. Med de ingående komponenterna utformade på detta sätt möjliggörs att låshasparna kan fjädra in och rotera runt centrumaxeln utan att pedalerna på utsidan tåget rör sig.

Om däremot en pedal trampas ned kommer hela centrumaxeln att rotera och alltså dra in alla låshasparna samtidigt. Mellan pedalerna och centrumaxeln sitter en länkhylsa som möjliggör att pedalstångens vertikala rörelse blir en horisontell rörelse i nästa stång, se Figur 7.20.

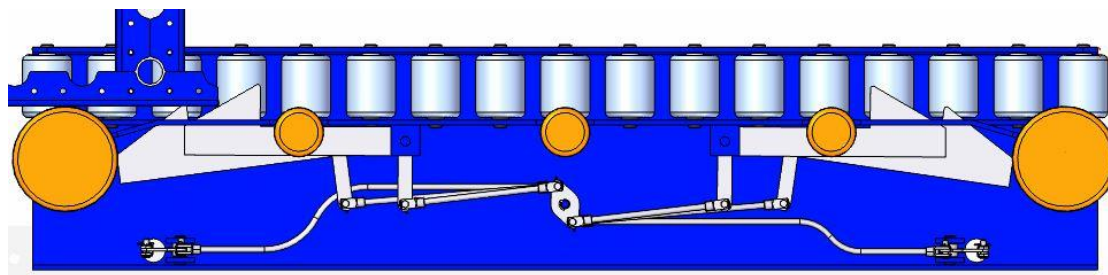


Figur 7.20 Pedalens länkning till knutpunkten

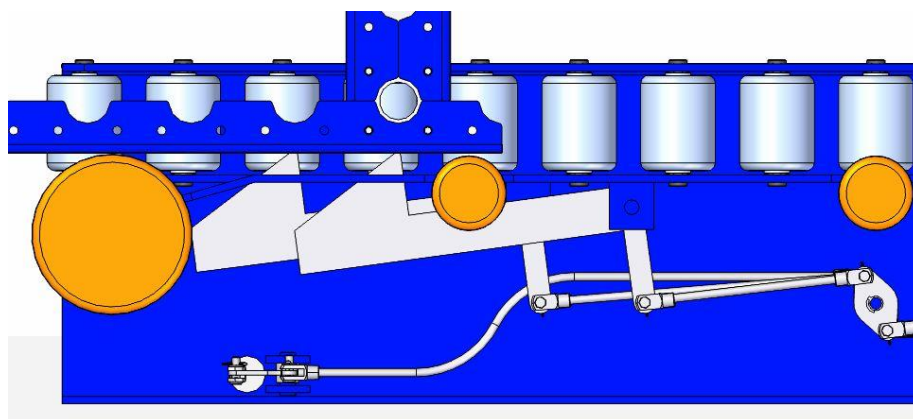


Figur 7.21 Pedalen som öppnar låsningen.

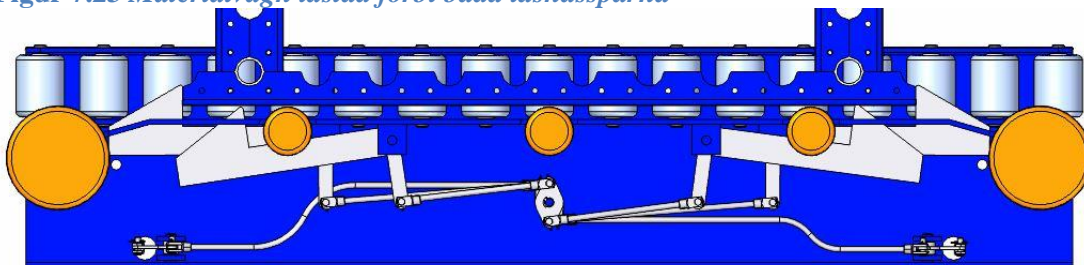
Låssystemets beteende då en materialvagn lastas i en tågagn visas i Figur 7.22-7.24.



Figur 7.22 Materialvagn delvis lastad på transportanordningen.



Figur 7.23 Materialvagn lastad förbi båda låshassparna

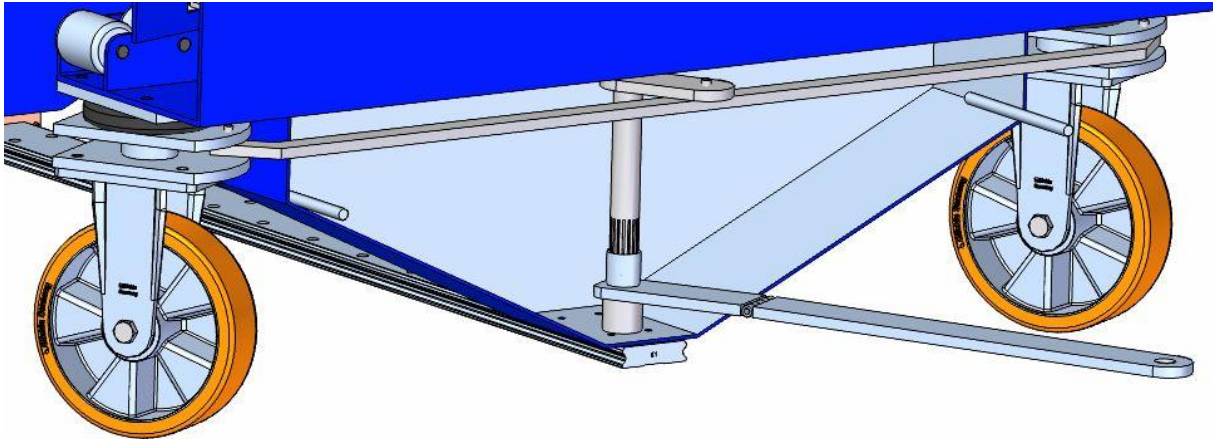


Figur 7.24 Materialvagn i låst läge och redo för transport

I Figur 7.22-7.24 syns också de orangea positioneringshjulen som skal styra in materialvagnen i tågagnen och hindra att materialvagnen glider under inbromsning.

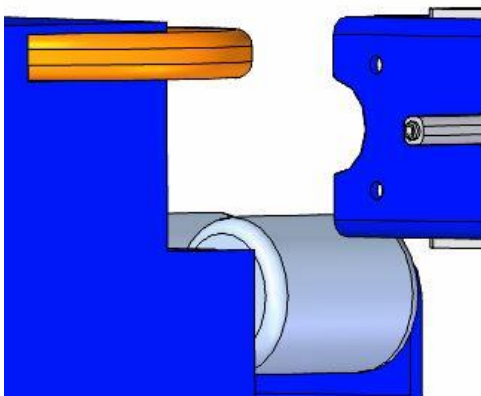
För att få tågagnarnas framhjul att styra ordentligt utvecklades en enkel styranordning. Styranordningen är utformad så att framhjulen alltid pekar i samma riktning som länkstaget. Hjulen som används i tåget kommer ifrån företaget Blickle och valdes på grund av att de klarar stor belastning. Hjulen har en diameter på 200 millimeter och klarar att belastas med 800 kg (Blickle 2014). Detta bedöms räcka för att bära upp tyngden från materialvagnen samt tågagnens egen tyngd. Hjulen fästs in på en rotationsplatta som genom att den är uppdelad i två nivåer möjliggör att styrstaget kan röra sig i området där emellan. Styrstagets krökning och rotationsplattans utformning syftar till att möjliggöra stor vinkelställning utav hjulen. Ovanför rotationsplattan ligger ett vridlager, som i Figur 7.25 färgats svart. Anordningen fästs

sedan in i tågchassit genom en infästningsplatta. Länkstaget i styrordningen är ledat för att klara höjdskillnader mellan vagnar och ojämnheter i marken. Länkstaget är fäst i chassit där chassit fästs in i glidskenan för att få drag- och tryckkrafter att gå en så rak väg som möjligt genom glidskenan. Detta för att minska oönskat böjmoment i denna. Länkstaget förbinds också med en styrarm genom splines-förband. Styrarmens horisontella del är lika lång som avståndet mellan hjulens rotationspunkt och styrstagets infästning i rotationsplattan. Detta gör att hjulen alltid håller samma riktning som länkstaget. Infästningen mellan styrarm och styrstag samt styrstag och rotationsplatta är alla lagrade så att delarna kan rotera relativt varandra. Hela styrordningen visas i Figur 7.25.



Figur 7.25 *Styrordning*

Rullbandet på tågvagnen har rullar med en diameter på 50 mm och kan beställas från företaget Hjulex. Höjden till rullbandets ovansida ifrån marken är något högre än höjden till materialvagnens underrede. Detta för att inte tyngden på hjulupphängningen skall göra att låsplattan är låst av friktionen samt att hjulen går lätt att fälla ner igen då materialvagnen körs ut ur tågagnen. Se Figur 7.26.

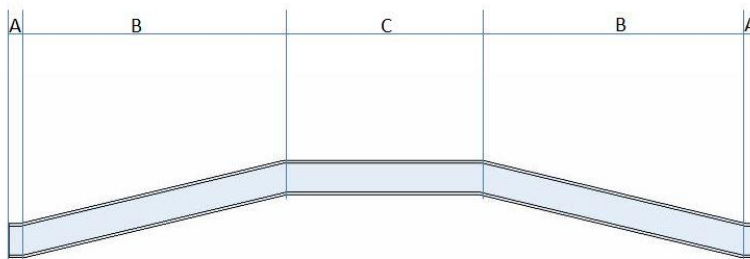


Figur 7.26 *Höjdskillnad mellan rullband och materialvagn*

Chassit som rullarna är monterade i tillverkas utav 5 millimeters plåt för att tåla kraften av den lastade materialvagnen. Täckåpan som monteras utanpå chassit har endast som uppgift

att skydda konstruktionen och ge ett finare utseende på tågagnen. Täckåpan kan enkelt skäras ut ur 3 millimeters plåt och bockas till sitt rätta utseende.

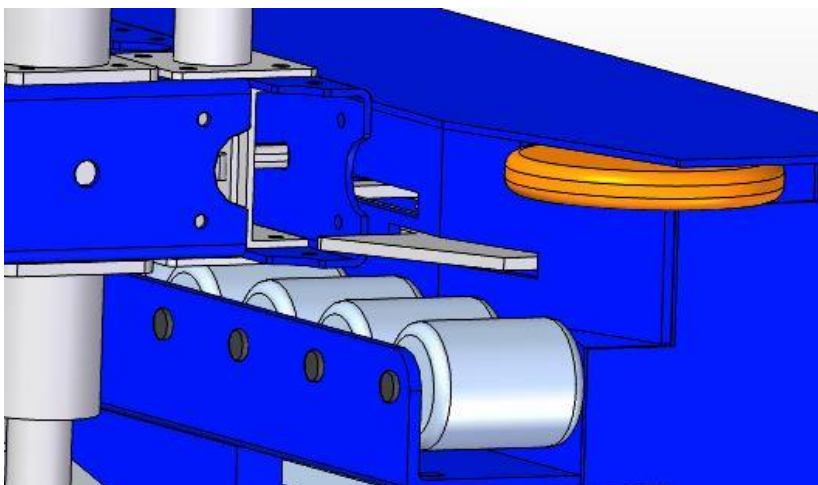
Den bågformade skenan som hjulupphängningens skenhjul skall rulla i är utformad för att skapa en bra rörelse hos materialvagnens hjul. I zon A skall skenan se till så att hjulupphängningen står i rätt läge för att låsa samt osäkra hjulupphängningen genom låsplattan. Zon B är stigningszonen och det är här som materialvagnens hjul skall lyftas för att dels skapa markfrigång samt passera över tågagnens mittbalk. I den konstruktion som presenterats i det här arbetet behöver hjulen höjas cirka 7 centimeter och sträckan de har på sig för att göra detta är cirka 30 centimeter. Lutningsvinkel blev då ungefär 13° . I zon C skall hjulupphängningen hålla höjdnivån under det att hjulet passerar över mittbalken.



Figur 7.27 Hjulskena

Företaget Rollco har färdiga skenor med tillhörande skenhjul som de kan kröka i det efterfrågade svängda utförandet. Förbehållet är då att krökningsradien inte är för liten. Önskas alltså att de skall tillverka skenan måste denna utformas med mjukare övergångar mellan zonerna. Skenan kan emellertid tillverkas genom att svetsa ihop de tre olika plåtyorna med 3 millimeters plåt.

Då materialvagnen lastas i en tågagn skall låsplattans pinne tryckas inåt genom att pinnens ände glider/rullar mot en snedställd vägg i tåget. Denna vägg kan ses i figur 7.28 och har en lutning på ungefär 16° .

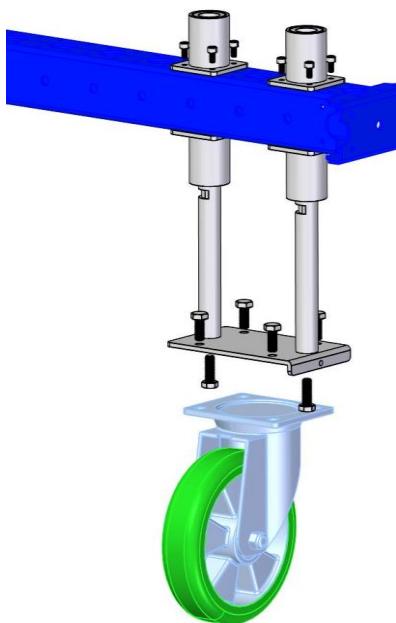


Figur 7.28 Snedställd vägg

8 PROTOTYPTILLVERKNING

I denna rapport har en lösningssidé vuxit till en detaljerad konstruktion som skapats och presenterats i CAD-programmet Solid Edge. För vidare utvärdering utav konstruktionen är det passande att ta fram en prototyp. Genom denna prototyp är det lättare att avgöra hur väl konstruktionen fungerar i verkligheten och tester på hållfasthet eller liknande kan genomföras. Många problem, som inte uppmärksammats innan, upptäcks först när en prototyp tillverkas och monteras så som tillverkningskomplikationer, monteringsvårigheter etc. Förutom att se hur väl allt fungerar i verkligheten är tanken att kunna visa upp så mycket som möjligt av prototypen då projektet presenteras.

I detta projekt valdes att börja prototypillverka delar till Hjulupphöjning 1. De delar som tidsmässigt gick att ta fram innan projektets deadline var hjulinfästningsplattan, vertikalaxlar samt kulbussningar. Anledningen till att just dessa komponenter prioriterats i prototypframtagningen var för att se om anordningen ”nyper” på grund av vinkelavvikelse hos vertikalaxlarna, hur tungt det kommer att vara att hissa upp hjulet och alltså om en hjälpande dragfjäder behöver läggas till i konstruktionen samt hur stort böjmoment skruvförbandet mellan hjulinfästningsplatta och vertikalaxlar klarar. Från fabriken WTAB i Torsby (fabriken där FQ tillverkar sina vagnsdelar) beställdes hjulinfästningsplattan. Det ritningsunderlag som togs fram på hjulplattan, och skickades till WTAB, kan ses i Bilaga 4. De vertikala axlar som skall fästas med M10 skruv i hjulplattan måste ha ett 35 millimeter djupt, gängat, hål i den ena kortänden som ligger an mot hjulplattan. Företaget Rollco, som skall tillverka axeln till prototypen, gör det gängade hålet men inte urfräsningen för låsplattan. Denna urfräsning får såldes göras i efterhand och kommer därför inte att finnas med på den första prototypen. Ritning på axlarna kan ses i Bilaga 5. Kulbussningarna som används är lagervara på företaget Rollco (Artikelnummer: LMEK25UU). Infästningshålen på kulbussningarna måste dock borras upp, eftersom att de inte har samma hålbild som FQ:s interface. I Figur 8.1 visas en sprängskiss över den framtagna prototypen.



Figur 8.1 Sprängskiss över prototyp

9 RESULTAT

Det här projektet inleddes med en förstudie inom ämnet materialhantering. Denna förstudie genomfördes genom studiebesök, frågeformulär och informationssökning på internet. Ur denna förstudie framkom att fokus för utvecklandet av en anordning för materialvagnshantering utifrån användarsynpunkt skulle ligga på enkelheten vid lastning och lossning samt på möjligheten att kunna lasta och lossa vagnar från båda håll. Utifrån den kravspecifikation som togs fram i samarbete med FQ kunde det tydligt avgöras att ett tågsystem var det mest passande konceptet. Då fokus skulle ligga på enkelhet och flexibilitet landade den slutgiltiga lösningen på ett helt mekaniskt system bestående av ett tåg som samverkar med materialvagnarna. Enkelheten har i den slutgiltiga lösningen speglats i de mekaniska lösningarna där de ingående komponenterna skapats med tanke på så enkel produktion som möjligt. För slutanvändarna kommer enkelheten igen i det att materialvagnarna kan köras rakt in i tågagnarna medans de nödvändiga operationerna som till exempel uppfällning utav hjulen och låsning utav materialvagnen sker helt automatiskt. Flexibiliteten innebär för slutanvändarna att de kan hantera flera olika storlekar utav vagnar. Dessa vagnar kan även lastas och lossas från båda hållen. Också det att systemet kan kombineras med andra materialhanteringssystem där till exempel materialvagnarna hanteras på rullband även vid sidan av tågagnarna ökar flexibiliteten för slutanvändarna.

Syftet med detta arbete var att presentera tre olika konstruktionsförslag som löser förflyttningen utav FlexQubes materialvagnar. Vi presenterade 9 stycken lösningsförslag på konceptuell nivå och ett av dessa togs sedan vidare till detaljkonstruktionsnivå. Eftersom detta koncept byggde på att materialvagnarnas hjul skulle fällas upp krävdes även ett utvecklande utav materialvagnarnas hjulupphängning. Därför genomfördes inte konstruktion av 3 stycken transportanordningar, utan då endast av 1 transportanordning samt 2 stycken uppfällbara hjulupphängningar.

En viktig del av arbetet var att utifrån förstudien ta fram en kravspecifikation för de efterfrågade konstruktionslösningarna. Denna kravspecifikation kan ses i bilaga 2 och genom den kan fråga 1 i den preciserade frågeställningen anses vara besvarad. Vid kontroll av huruvida den framtagna lösningen uppfyller kravspecifikationen bedöms alla krav vara uppfyllda. Några utav kraven så som ergonomi, kostnad och säkerhet är ju sådana som varierar något utefter vilken industri transportanordningen skall verka i. Genom jämförelse med andra tågsystem på marknaden, som alltså klarar dessa krav, bedöms den framtagna lösningen också klara kraven bra. De önskemål som sattes upp för lösningen bedöms vara uppfyllda till största delen. Kravet om energieffektivitet anses vara mycket väl uppfyllt då lösningen bygger på att bara den relativt lätta hjulupphängningen på materialvagnarna lyfts från marken istället för att hela materialvagnen lyfts vilket kräver mycket mer energi. Önskemålen om ett starkt FQ-DNA uppfylls i den mening att lösningen följer samma färgsättning och samma modulära tänk. Önskemålet om en maximalsvängradie på två meter har varit svårast att avgöra uppfyllnaden av, men bedöms ändå vara uppfyllt till stor del. Önskemålet om låg kostnad bedöms vara det som uppfylldes allra minst. Dock så är bedömningen att den slutgiltiga lösningen var den som blev minst kostsam. Enligt medarbetarna på FQ ligger vikten inte så mycket vid att ha en väldigt billig lösning utan det är

priset i förhållande till vad kunderna får som är av betydelse. Bedömningen är ur det perspektivet att vid en lösning som fungerar enligt vad som beskrivits i denna rapport så är kostnaden acceptabel.

Vid den benchmarking som genomfördes under detta arbete undersöktes hur den mesta materialhanteringen går till ute på industrierna idag. Ur denna framkom att materialhantering då den inte sker med gaffeltruck i huvudsak sker genom olika former av rullband/transportband, automatiska självstyrande fordon (AGV), monorail eller liknade system. Men den kanske starkast växande trenden är att material flyttas genom materialvagnar som körs omkring i ett tågsystem. Denna trend är också något som uppmärksammas utav medarbetarna på FQ som därför nu delvis genom detta arbete försöker utveckla ett eget tågkoncept.

9.1 Erfarenheter och lärdomar

Erfarenheter som införskaffats under detta projekt är bland annat hur svårt det kan vara att driva en givande utvecklingsprocess framåt. På grund av begränsad erfarenhet av utvecklingsprojekt har det varit svårt att avgöra hur arbetet fördelas bäst i en utvecklingsprocess. Det är lätt att arbeta lite för länge med vissa utvecklingsverktyg vilket kan göra att man blir eftersatt i tidsplaneringen. Vikten av att dokumentera arbetets framfart är också något som har kommit som en lärdom. Konstruktionsarbetet har varit en ganska krävande del av arbetet där mycket bedömningar utav tillräckligt tjocka material eller hur starka fjädrar som behövs är exempel på sådant som tagit mycket tid. En van konstruktör upplever nog detta som enklare och gör det arbetet snabbare. Nyttan av att följa den satta tidsplaneringen samt att hålla på de begränsningar som från början är bestämda för ett projekt har också varit en lärdom.

9.2 Noggrannhetsbedömning och problemanalys

Det tågsystem som utvecklades under detta arbete har många fördelar som nämnts tidigare i detta kapitel. En noggrannhetsbedömning och problemanalys av den framtagna lösningen är dock nödvändig och följer här näst.

Det finns några olika delar hos den framtagna lösningen vars funktion i praktiken är svår att bedöma. Då detta arbete inte heller skulle innefatta några avancerade beräkningar är sådant som böjmoment och friktion hos olika delar och kontaktytor något man inte vet så mycket om utan får uppskatta. I och med detta så kan man inte utesluta risken att de böjmoment som kan uppstå runt mittbalkens infästning i bak- och framvagn på tågagnen blir så stora att någonting knäcks eller böjs vid start och stop.

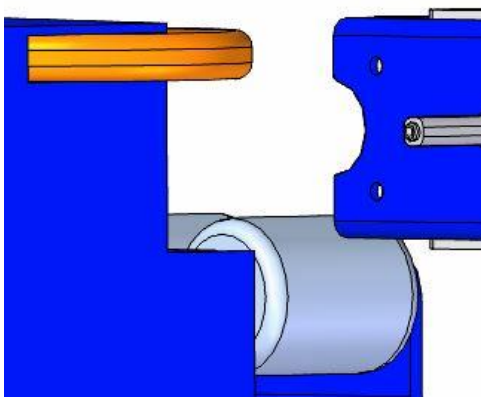
Om en materialvagn är väldigt tungt lastad finns också en risk att tågagnen komprimeras något då materialvagnen lastas. Detta skulle i sådana fall kunna leda till att materialvagnens hjulupphängning inte avlastas tillräckligt för att låsplattan skall gå att lösgöra. Om detta händer kommer alltså materialvagnen inte gå att lasta i tågagnen.

Trots att konstruktionen är väldigt enkel mekaniskt sett så kräver den ändå att många olika delar samarbetar. För att vagnen skall kunna lastas enkelt i tågagnen måste den lilla säkringsbrickan vara upptryckt utav en rulle i tågagnens rullband samtidigt som pinnen på

låsplattan möter den snedställda väggen och börjar röra sig inåt i beamen. Det är inte förens låsplattan har rört sig så långt in att vertikalaxlarna kan löpa fritt som skenhjulet kan börja sin stigande bana i skenan. Ett system som kräver att så många olika operationer sker i rätt tid är lite känsligt. Vår bedömning är ändå att det är en fråga om anpassning utav de olika delarna för att få systemet att fungera optimalt.

En väldigt viktig funktion på tågvagnen är ju den låsanordning som låser materialvagnen i ett centrerat läge. Detta system är ju uppbyggt med låshaspar som låser runt materialvagnen. Dessa är utformade för att då materialvagnen trycker emot dem inte fjädra tillbaka och osäkra vagnen. Dessutom är de ju svagt fjäderbelastade så att de hela tiden vill ut i låsningsposition. Dock så är geometrin runt de här låshasparna sådan att ett litet vridande moment kan bildas då materialvagnen trycker emot dem. Detta moment är inte beräknat och att låshasparna inte fjädrar tillbaka på grund av detta, kan inte helt säkert uteslutas. Om detta moment skulle bli för stort finns alltid möjligheten att använda starkare vridfjädrar som trycker ut låshasparna. Detta är dock ett vridmoment som måste övervinnas då materialvagnen lastas i tåget och därför är det önskvärt att det är så lågt som möjligt.

När materialvagnen skall lastas i tågvagnen krävs det att vissa krafter övervinnas. Materialvagnen skall pressa undan låshasparna och låsplattans pinne skall glida mot den snedställda väggen samtidigt som styrrullar trycker mot vagnen. Dessa olika delar ger alla ett visst motstånd då materialvagnen skall lastas. Dessutom måste den kraft som skall lyfta hjulen genom att de rullar upp för den bågformade skenan också anbringas under lastningen. För att avlasta hjulupphängningen då materialvagnen lastas i tågvagnen måste tågvagnens rullband också vara något högre än hjulupphängningen. Detta gör faktiskt att materialvagnen måste tryckas upp för en liten kant då den lastas i tågvagnen vilket beroende på hur tungt vagnen är lastad kommer gå olika lätt. Att övervinna denna höjdskillnad förenklas ändå något eftersom det görs i en mjuk övergång då materialvagnen rullar upp på första rullen i rullbandet. Se figur 9.1. Det är också så att de allra tyngsta materialvagnarna ofta inte hanteras helt för hand då de skall lastas i tågssystem och annat. Dessa vagnar hanteras ofta med någon form av hjälputrustning vilket gör att även dessa borde kunna lastas i tågvagnen.

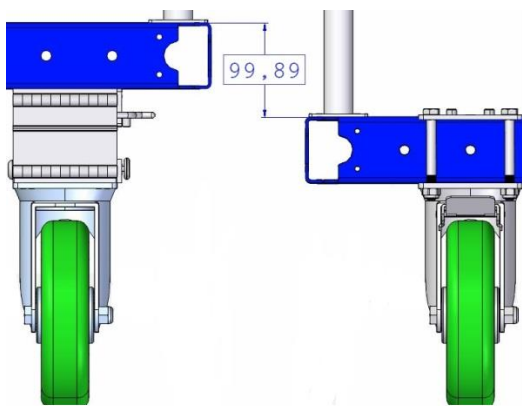


Figur 9.1 Höjdskillnad mellan tågagn och materialvagn

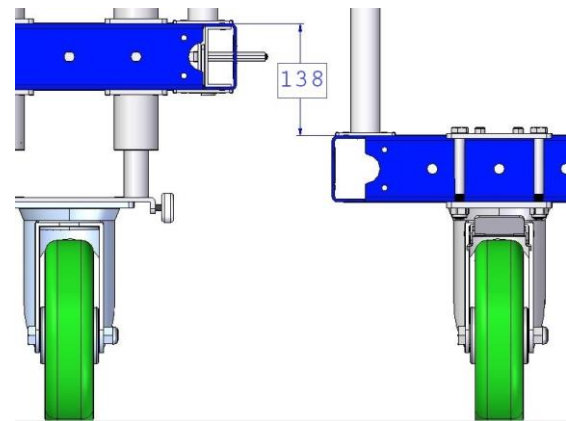
Styranordningen på tågagnarna är något enkla i sin konstruktion. De har egentligen inte fått så mycket fokus i det här projektet och borde utvecklas mer. Som de konstruerats i detta

projekt så svänger båda hjulen lika mycket och pekar hela tiden i länkstagets riktning. Styrordningen på tågagnen skulle istället behöva fungera mer som den gör på bilar där hjulen svänger olika mycket eftersom de rullar i olika stora fiktiva cirklar. En sådan styrordning var dock för svår att ta fram och bestämdes inte ingå i projektet. Med den styrordning som materialvagnararna är utrustade med idag finns risk att hjulen slits onödigt mycket samt att det låter från dem när man svänger snävt.

På grund av de nya hjulupphängningarna som utvecklats till materialvagnarna har dessa höjts cirka 10 och 14 centimeter från golvet. Utrymmet hjulen behöver för att kunna höjas då materialvagnen lastas i tågagnen står för cirka 70 millimeter. Resterande höjning kommer från bussningarna och andra mekaniska delar. Denna höjning har pekats ut som ett ganska stort problem utav handledaren på FQ då låga materialvagnar är stabila och kan lasta mycket material. Bedömningen som gjorts är ändå att vissa justeringar utav mått och konstruktion skulle kunna genomföras och leda till att den oönskade höjningen utav materialvagnen minskas en del.



Figur 9.2 *Höjning av materialvagn med hjulupphängning 2*



Figur 9.3 *Höjning av materialvagn med hjulupphängning 1*

9.3 Rekommendationer för fortsatt arbete

Resultatet av det utförda arbetet ska inte betraktas som en produkt att ta vidare för produktion. Många områden hos lösningen behöver utredas mer. Arbetet ska istället betraktas som grund för fortsatt utvecklingsarbete. För vidare utveckling utav projektet rekommenderas att följande frågeställningar utreds.

Det är viktigt att utreda hur stort böjmoment som kan uppkomma i vertikalaxlarna och hjulinfästningsplattan på grund av swivelhjulens ocentrerade utformning. Risken är att det uppstår ett för stort böjmoment som knäcker axlarna eller förbandet mellan axel och hjulinfästningsplattan.

Också stabiliteten i tågagnens konstruktion måste utredas. Det finns risk att det vid start och stopp, uppstår så stora krafter i konstruktionen att den skadas. Speciellt är det glidskenan och dess infästning i fram- och bakvagn som bör studeras.

Problemet med att materialvagnen höjdes på grund av de framtagna hjulupphängningarna bör arbetas vidare med. Genom att kolla på andra leverantörer utav bussningar, skenhjul och

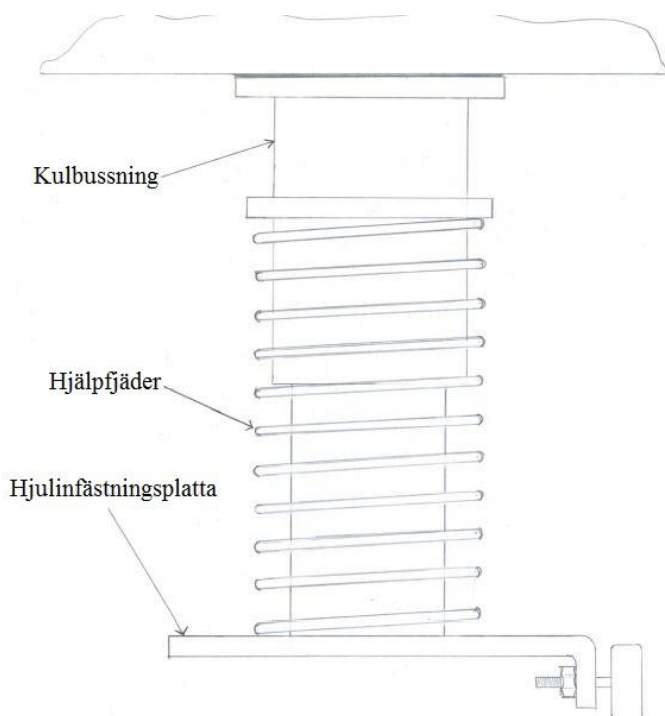
komponenter som skulle tas från underleverantörer samt dimensionsoptimera även de delar som skall nyttillverkas kan materialvagnarna troligen sänkas en del.

FQ vill även att deras produkter skall ha ett starkt företags-DNA och designen på tågvasnen kan behöva arbetas med så att den speglar företaget bättre.

”Modulbarheten” hos det framtagna lösningsförslaget kan utredas mera så att lösningen enkelt kan kombineras på andra sätt samt kombineras med andra system som kunder redan har i sina industrianläggningar.

Den låsning som skall låsa materialvagnen hjul i nedfällt läge behöver också den utredas mera för att så långt som möjligt kunna försäkra sig om att det inte sker några olyckor med materialvagnen.

En utav anledningarna till att det i detta projekt framtagits en prototyp är för att testa hur tungt det kommer vara att höja hjulen. Fortsatt arbete kan också vara att utreda hur en dragfjäder kan hjälpa till att höja hjulet. Med en väl anpassad dragfjäder monterad runt axlarna och bussningarna borde den vertikala kraft, som krävs för att höja hjulet, kunna reduceras till mindre än ett kilo.



Figur 9.4 Hjulinfästning med hjälpfjäder

REFERENSER

1. Johannesson, H., Persson, J-G., Pettersson, D. (2004). Produktutveckling: Effektiva metoder för konstruktion och design. Stockholm: 2004.
2. Guenther, W., Dewitz, M. (2013). Tugger trains are not all the same rences. *f+h Intralogistics*,(8) ss. 10-12.
3. Rollco (2014) *LINEAR BALL BEARINGS & HARDENED STEEL SHAFTS*.
<http://rollco.se/wp-content/uploads/2012/07/Linear-Ball-Bearings-2014-05.pdf> (2014-05-21)
4. Sodemann (2014) *Trykfjedre*.
http://www.fjedre.dk/media/436112/trykfjedre_a_b_dk.pdf (2014-05-21)
5. Blickle (2014) *Hjul och länkhjul*. <http://www.blickle.com/epaper/se/#252> (2014-05-21)
6. Tryggve Olson Normdetaljer (2010) *Hinges/ Spring hinges*.
<http://www.tryggveolson.se/uploads/1.3.Spring-hinges.pdf>
7. Seegrid (2014) *Forklift - Free: Driving Safety and Profitability*.
http://cdn2.hubspot.net/hub/276636/file-897456720-pdf/forklift-free_driving_safety_and_profitability.pdf?t=1401228334045 (2014-05-30)

Bilaga1

Frågeformulär

Frågeformulär till "Företag 1"

Ämne: "Tugger Train"-utveckling.

Frågor ställda av Daniel Lindell och Joel Sjöberg från Chalmers Tekniska Högskola.

Mellan vilka punkter/platser förflyttar ni era FlexQub-vagnar idag och ungefär hur långa sträckor handlar det om?

Kortaste sträcka ca 10m enkel väg upp till ca 400m. Vi transporterar vagnar mellan vår kittyta, bufferyta och olika stationer längs våra linor(6st).

Har ni förflyttat ni era FlexQube-vagnar idag? (Långa samt korta sträckor)

Vi använder oss av Still tugger train med en E-frame för transport av vagnar. Modervagnen är hydraulisk och lyfter dottervagnen en liten bit över marken, vi valde en sådan lösning för att minska slitaget av hjulen på vagnarna.

Har ni något problem med sättet ni fraktar dem idag?

I och med att modervagnen endast går att lasta från en sida blir det en begränsning när vi designar tåggrutter.

Vad är bra med sättet ni använder idag?

När vagnen med material står upphissad under transport blir det mycket mindre whiplash liknade effekt vid inbromsningar.

Att vi inte sliter så mycket på vagnshjulen vid transport, kan spara in på service av vagnarna längre intervall mellan byte av hjul.

Har ni någon direkt förbättring/ändring som ni funderat eller tänkt på?

När vi började leta efter en tåglösning ville vi ha modervagn där det gick att lasta från båda sidor. Linde hade en lösning med en vagn som har en stor båge som håller ihop fram och bak-del av modervagnen. Men den vagnen väger ca 300kg vilket skulle innebära att vi skulle köra runt med 1200kg vagn på ett helt tåg utan material. Samt att vagnen som transporterades rullades på sina egna hjul och pga spelet mellan modervagn och materialvagn blev det ganska mycket slag vid inbromsningar. Vad som skulle vara intressant är en lösning på modervagn där det går att lasta från båda sidor.

Finns det någon extra funktion som ni skulle vilja ha på er transportanordning?

-

Är era vagnar i konstant arbete eller står de lagrade någon gång?

Vi ska ha en bufferter mellan vår förmontering och huvudlinorna på vagnar. Det handlar om material för mellan 12-24timmar. Förutom det så går vagnarna fram och tillbaks mellan line och lager med 2-binge vid line.

Finns det ett behov att frakta flera vagnar samtidigt och i så fall hur många?

Ja, vi kör i dagsläget 3-4 vagnar efter varje tåg. Beroende på framkomligheten i de olika områdena i fabriken. Vi har dimensionerat vår truckpark efter att kunna köra flera vagnar samtidigt. När vi designar vagnar är målet att hålla 2 timmars täcktid per vagn.



Figur B.1 Företagets nuvarande transportsystem



Figur B.2 Transportsystem som "företaget" valde bort

Frågeformulär till "Företag 2"

Ämne: Utveckling av materialvagnars transport inom industrierna.

Frågor ställda av Daniel Lindell och Joel Sjöberg från Chalmers Tekniska Högskola.

1. Mellan vilka punkter/platser förflyttar ni era FlexQube-vagnar idag och ungefär hur långa sträckor handlar det om?
2. Hur förflyttar ni era FlexQube-vagnar idag? (Långa samt korta sträckor)
3. Har ni något problem med sättet ni fraktar dem idag?
4. Vad är bra med sättet ni använder idag?
5. Har ni någon direkt förbättring/ändring som ni funderat eller tänkt på?
6. Finns det någon extra funktion som ni skulle vilja ha på er transportanordning?
7. Är era vagnar i konstant arbete eller står de lagrade någon gång?
8. Finns det ett behov att frakta flera vagnar samtidigt och i så fall hur många?

Svar:

1. Lastzon och förbrukningspunkt, fågelvägen ca 100-200m beroende på rutten.
2. De förflyttas dels för hand korta sträckor (lastning/lossning) och dels med vårt palltåg (Stills E-frame)
3. Lastning är ineffektiv, manuell hantering är svårare ju tyngre vagnen är. Vi har en maxgräns på 450kg om riktspärren finns. Utredning kring hantering av tyngre vagnar pågår. Uppmärkning vagnar för bättre sortering och design av lastzon pågår också.
4. Vagnarna är mer effektiva och säkrare för palltransport jämfört med hantering med truck.
5. Strukturera lastzonen, automatisk lastning, palltåget kan hantera andra vagnar än för pallar.
6. Vi har handtag och riktspärren i dagsläget. Någon form av drivning för tunga pallar kan vara intressant då frekvens av att hantera tunga pallar ökar och personalen som hanterar dessa upplever att det är för tungt. Det är inte heller all personal som kan vara på denna arbetsplats pga att det är tungt.
7. Konstant arbete är de inte, de fungerar som pallbärare 99% av tiden. När pallen byts byts också pallvagnen, dvs ingen överlastning från pallvagnen till mottagningsenhet görs
8. Vi flyttar mellan 3 och 6 vagnar åt gången beroende på om det är hel eller halvpallar. Svar ja det är ett stort behov, ju längre tåg desto effektivare transport (även om lastning/lossningstiden ökar)

Questionnaire to "Company 3"

Subject: "Tugger Train"-development.

Questions from Daniel Lindell and Joel Sjöberg , Chalmers University of Technology.

1. Between which places are you transporting your material carts today and what distances are we talking about?
2. How are you transporting your material carts today? (Long and short distance)
3. Do you have any problems with your transporting system today? Which are the benefits with the way you transport your carts today?
4. Do you have any direct thoughts about how to improve your transporting system?
5. Is there any extra function that you are missing on your transport system?
6. Are your carts in constant movement or are they "resting" any time in the warehouse ?
7. Is there any requirement to transport several cart at the same time, and if so how many?

Answers:

1. *Between the staging area in our warehouse and the assembly lines. Total distance is probably 200-300ft.*

2. *Tugger, Forklift, and pushing manually.*

3. *Manual pushing is an ergonomic/safety hazard, and the tugger implementation has not gone smoothly. It requires a great deal of time to configure tugger routes and to make sure that it can operate in the existing aisle spacing. The advantage is that we can move assembly lines closer together since no forklift access is needed.*

4. *Refine the tugger operation, find a better way to separate the cart from the container on it.*

5. *Not sure.*

6. *Our carts are on a "hurry up and wait" set up. They are either at the line being used, or at the staging point waiting to be loaded with new material. Once loaded, they wait there until the line is ready for them.*

7. *As part of the tugger project we are moving from pushing one cart at a time to moving 3 at a time with the tugger. We did time studies told us that moving 3 carts with the tugger takes the same amount of time as pushing one out manually. This efficiency gain will allow us to move one indirect labor head back to the assembly line as direct labor. We also found that the tugger was cheaper to own (over a 5yr period) than the forklift we currently have. The combination of those 2 items paid for this project.*

Bilaga 2

Kravspecifikation

| Kravspecifikation Förflyttningsutrustning | Huvudfunktion: | Delfunktioner: | Kraav: | |
|---|----------------|--|--|--------------------------------------|
| | | | a. Manuell lastning får max kräva 1 person b. Då vagn står 1m från utrustning skall lastning ta max 5s c. Vagnen skall självpositioneras på utrustning d. Uppfylla rådande säkerhetskrav e. Möjliggöra lastning från 2 håll f. Möjliggöra lastning i beroende ordning | K K K K Ö K |
| | | 1. Placera full vagn på utrustning | a. Vid laddning skall säkring ske automatiskt b. Driftsäker och okomplex lösning c. Vagn får ej röra sig/gå under transport | K Ö K |
| | | 2. Säkra full vagn på utrustning | a. Tyst lösning b. Uppfylla rådande säkerhetskrav d. Svängradle max 2 meter e. Klara av ojämnheter som kan uppkomma i industrimiljö f. Skall vara energieffektiv g. Skall kunna förflyta 5 vagnar samtidigt h. Vagnens hjul får ej vidöra marken | K K Ö K K Ö Ö Ö |
| | | 3. Förflyta utrustning med vagn | a. Manuell osäkring b. Osäkring skall ske med endast en förelse | K Ö |
| | | 4. Osäkra vagn från utrustning | a. Vagn får ej komma i oönskad rörelse vid avlastning b. Manuell lastning får max kräva 1 person c. Då vagn står 1m från utrustning skall lastning ta max 5s d. Uppfylla rådande säkerhetskrav e. Möjliggöra lastning från 2 håll f. Möjliggöra lastning i beroende ordning | K K K K K Ö K |
| | | 5. Avlägsna vagn från utrustning | a. Manuell förflytning får max kräva 1 person b. Får max ta 7 sek | K K |
| | | 6. Flytta fulltom vagn till från förbrukningsplats | a. Se 1 a-g b. Se 3 a-h | Se 1 a-g Se 3 a-h |
| | | 7. Placera tom vagn på utrustning | a. Se 5 a-t | Se 5 a-t |
| | | 8. Förflyta tom vagn till lager | | |
| | | 9. Avlägsna tom vagn | Övriga kravlösningsmål: Uppfylla ergonomikrav Applikerbar i befintlig industriokal Klara olika storlekar på vagnar Ingen elektronik Låg kostnad Design skall vara tilltalande med FlexiCube-DNA Minst 60% av värdet (kostnaden) skall vara FlexiCube-delar | K K Ö Ö Ö Ö |

Bilaga 3

Dellösningsförslag (Morfologisk Matris)

| Idégenereringsmatris (Morfologisk matris) | Nivå på uppfyllande av kravspecifikation | | | | | |
|--|---|--|---|--|---|---|
| | Uppfyller både krav och önskemål väl | | | | | |
| Uppfyller krav men möter önskemål dåligt | | | | | | |
| Uppfyller inte krav | | | | | | |
| Delfunktioner: | Lösningsalternativ: | | | | | |
| | A | B | C | D | E | F |
| 1. Placera full vagn på utrustning | Vagnen placeras i position för hand | Arm på förflyttningsutrustning greppar vagn och drar den i position | Vagn placeras sig själv i läge genom drivhjul och positioneringsystem | Vagnen placeras i utrustning direkt från lagersystem | Vagn placeras i utrustning med gaffeltruck eller liknande? | Vagnen glider/rollar över på utrustningen genom gravitation |
| 2. Säkra full vagn på utrustning | Manuell låsning med "sprint" eller liknande | "Sprintar" fjädrar ut och låser vagnen efter att denna aktiverat dem. | Vagn lyfts av gummiklädda klaffar. Låsning genom friktion | Vagnen låses genom magnetism | Vagnen kläms fast | Vagnens hjul låsta |
| 3. Förflytta utrustning med vagn | Urustningen förflyttas med handkraft | Dragfordon | Vagnens hjul drivande (Batterilösning) | Transportskenan i golvet, vagnen släpas | Vagnens drivhjul får elförsörjning från spår i golvet (Elbanelösning) | Vagnen sänks på luftkudde |
| 4. Osäkra vagn från utrustning | "Sprint" lossas manuellt | Fläder belastad "sprint" lossas automatiskt efter aktivering med pedal | Gummiklaffar faller ner | Avmagnetisering | Klämanordning lossas | Hjullåsning lossas |
| 5. Avlägsna vagn från utrustning | Vagnen avlägsnas från utrustning för hand | Arm på förflyttningsutrustning puttar ut vagnen och släpper den (pneumatiskt, hydrauliskt, elektriskt) | Vagn avlägsnar sig själv med drivhjul | Extern anordning greppar vagn och drar den från utrustning | Vagn lyfts från utrustning med gaffeltruck eller liknande | När vagnen lastades laddades en vikt på utrustningen med pot. energi som knuffar/driver av vagnen |
| 6. Flytta fulltom vagn till/från förbrukningsplats | Vagn rullas för hand | Vagnen kör själv med drivhjul, drivenergi från batteri tryckluft, solsell m.m. | Vagn förflyttas på rullar (ej sina egna hjul) | Transportskenan i golvet | Truck eller liknande kör vagnen | Vagnen vinkas till förbrukningsplats |
| 7. Placera tom vagn på utrustning | Vagnen placeras i position för hand | Arm på förflyttningsutrustning greppar vagn och drar den i position | Vagn placeras sig själv i läge genom drivhjul och positioneringsystem | Vagnen placeras i utrustning direkt från lagersystem | Vagn placeras i utrustning med gaffeltruck eller liknande? | Vagnen glider/rollar över på utrustningen genom gravitation |
| 8. Förflytta tom vagn till lager | Förflyttas för hand | Dragfordon | Vagnens hjul drivande (Batterilösning) | Transportskenan i golvet, vagnen släpas | Vagnens drivhjul får elförsörjning från spår i golvet (Elbanelösning) | Vagnen sänks på luftkudde |
| 9. Avlägsna tom vagn | Vagnen avlägsnas från utrustningen för hand | Arm på förflyttningsutrustning puttar ut vagnen och släpper den (pneumatiskt, hydrauliskt, elektriskt) | Vagn avlägsnar sig själv med drivhjul | Extern anordning greppar vagn och drar den från utrustning | Vagn lyfts från utrustning med gaffeltruck eller liknande | När vagnen lastades laddades en vikt på utrustningen med pot. energi som knuffar/driver av vagnen |

| Delfunktioner: | | | | | | | L |
|---|---|--|--|--|--|---|--|
| | G | H | I | J | K | | L |
| 1. Placera full vagn på utrustning | Vagnen dras i position genom magnetism | Vagnen är radiostyrd och körs i position | Vagnen kör i position själv genom energiladdade skruvfjädrar som laddas vid avlastning | Förflyttningsutrustningen är utformad så att den greppar/hakar i vagnen i farten när den kommer nära | Operatör hakar i en krok i vagnen som åker med ungefär som i en skidlift | Vagnens hjul är spårade och utrustningen också, de hakar i varandra (IKEA kundvagnsystem) | Vagnen fungerar som en svabare och puts i position |
| 2. Säkra full vagn på utrustning | Sugpropp (vakuum) | Vagn låses av särg | Vagnens hjul körs ner i "gropar" | Vagnen låses med kardborreband | Vagnen låses med en rem ungefär som ett bilbälte | | |
| 3. Förflytta utrustning med vagn | Vagnen rullar fram på rullband | Räls i golvnivå med magnetism repelerar vagnen (japanska tåg) | Sterling motor driver hjulen på vagnen | Eldriven vattenvärmare driver vagnen med ånga | Vagnen drivs med separat mobil drivanordning (skruvdragare) | Vagnen drivs hydrauliskt | |
| 4. Osäkra vagn från utrustning | Släppa på vakuum | Särg sänks ner | Plattor i groparna höjer vagnen i nivå med omgivning | Vagn dras loss från kardborreband | Låsrem lossas för hand eller automatiskt | Vagnen skuts ut sitt låsläge automatiskt eller för hand (nyckelhållslösning) | |
| 5. Avlägsna vagn från utrustning | Vagnen rullar av utrustningen med hjälp av gravitationen och vagnens egetyngd | Vagnen repeleras av utrustningen av magnetism | Vagnen är radiostyrd och körs av utrustningen | Transportband i marken fraktar bort vagnen från utrustningen | Vagnen kör av utrustningen själv genom energiladdade skruvfjädrar i hjulen som laddas vid pålastning | Vagnen blåses av utrustningen | |
| 6. Flytta fullt/rom vagn till/från förbrukningsplats | Vikt driver hjulen genom tyngdkraften | Vagnen dras fram av en kedjeanordning som man pumpar med foten (båda riktningar) | Roterande cirkulär platta förflyttar och vrider vagnen till rätt position (Mjölkningskarusell) | Hydraularm drar vagnen fram och tillbaka | | | |
| 7. Placera tom vagn på utrustning | Vagnen dras i position genom magnetism | Vagnen är radiostyrd och körs i position | Vagnen kör i position själv genom energiladdade skruvfjädrar som laddas vid avlastning | Förflyttningsutrustningen är utformad så att den greppar/hakar i vagnen i farten när den kommer nära | Operatör hakar i en krok i vagnen som åker med ungefär som i en skidlift | Vagnen fungerar som en svabare och puts i position | |
| 8. Förflytta tom vagn till lager | Vagnen rullar fram på rullband | Räls i golvnivå med magnetism repelerar vagnen (japanska tåg) | Sterling motor driver hjulen på vagnen | Eldriven vattenvärmare driver vagnen med ånga | Vagnen drivs med separat mobil drivanordning (skruvdragare) | Vagnen drivs hydrauliskt | |
| 9. Avlägsna tom vagn | Vagnen rullar av utrustningen med hjälp av gravitationen och vagnens egetyngd | Vagnen repeleras av utrustningen av magnetism | Vagnen är radiostyrd och körs av utrustningen | Transportband i marken fraktar bort vagnen från utrustningen | Vagnen kör av utrustningen själv genom energiladdade skruvfjädrar i hjulen som laddas vid pålastning | Vagnen blåses av utrustningen | |

| Delfunktioner: | | | | |
|---|---|--|--|------------------------------------|
| | M | N | O | P |
| 1. Placera full vagn på utrustning | Transportband i marken fraktar fram vagnen till utrustningen Vagnen har ett nyckelhålsformat urtag som hakar i en plugg i utrustningen | Vagnen vinchas in i utrustningen | Gummihjul på utrustningen greppar vagnen och drar den i position (Flumide lösning) | |
| 2. Säkra full vagn på utrustning | | Vagnen är krokad fast i en säkerhetsrep | Vagnen skruvas fast utrustning | |
| 3. Förflytta utrustning med vagn | Vikt får falla långsamt mot marken/lägesenergin blir drivkraft genom utväxling | Vagnen får energi genom salseller och har drivhjul | Pedaldrift (Cykel, Tuktuk) | Kemisk reaktion skapar drivenergin |
| 4. Osäkra vagn från utrustning | Vagnen skruvas loss | | | |
| 5. Avlägsna vagn från utrustning | Utrustningen förser vagnens drivhjul med ström så länge dessa är i kontakt. Vagnen kör själv av utrustningen | Gummihjul på utrustningen greppar vagnen och rullar av den från utrustningen (Flumide lösning) | | |
| 6. Flytta fulltom vagn till/från förbrukningsplats | | | | |
| 7. Placera tom vagn på utrustning | Transportband i marken fraktar fram vagnen till utrustningen | Vagnen vinchas in i utrustningen | Gummihjul på utrustningen greppar vagnen och drar den i position (Flumide lösning) | |
| 8. Förflytta tom vagn till lager | Vikt får falla långsamt mot marken/lägesenergin blir drivkraft genom utväxling | Vagnen får energi genom salseller och har drivhjul | Pedaldrift (Cykel, Tuktuk) | Kemisk reaktion skapar drivenergin |
| 9. Avlägsna tom vagn | Utrustningen förser vagnens drivhjul med ström så länge dessa är i kontakt. Vagnen kör själv av utrustningen | Gummihjul på utrustningen greppar vagnen och rullar av den från utrustningen (Flumide lösning) | Pullas över på lageranordning direkt från transportanordning | |

Bilaga 4

Ritning på "Hjulplatta" för prototyp tillverkning

| REVISION HISTORY | | DATE | APPROVED |
|------------------|-------------|------------|----------|
| REV | DESCRIPTION | 2014.05.21 | |
| A | Description | | |

Note: All measurements in the Metric System
 Note: Plate thickness 5 mm
 Note: All sharp edges broken

| | | | | | |
|--|------------|-----------------|----------------|---------|----------|
| DRAWN | NAME | FLEQUUBE | | | |
| CHECKED | O. Lindell | | | | |
| Material: Hot rolled: 240YPB/SZ35JRG2 B=0 | | | | | |
| Treatment: Zink electroplated | | | | | |
| When nothing else stated, tolerances according to ISO 2768-m | | | | | |
| | | | SIZE / Article | 1337-1 | |
| | | | SCALE: | WEIGHT: | Cube IT™ |

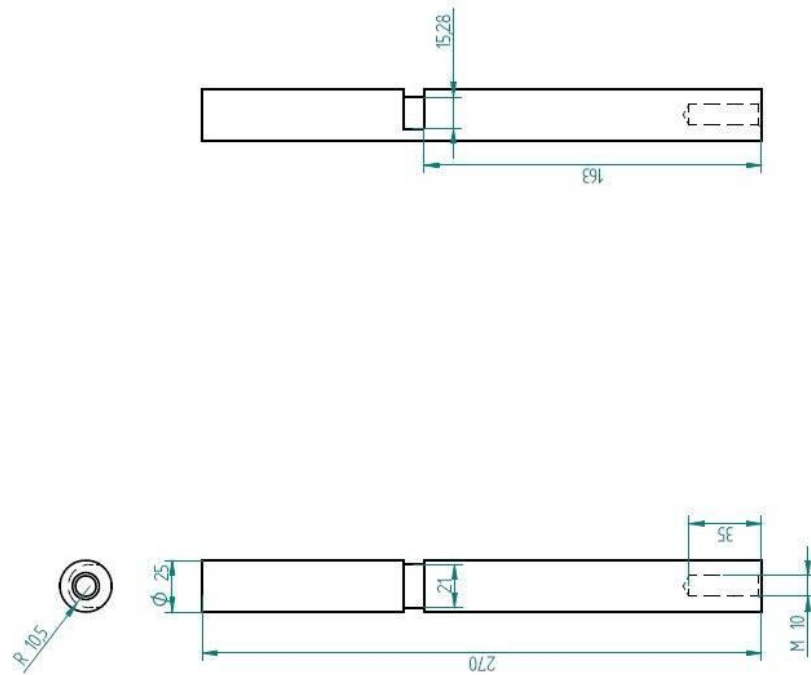
The information contained in this document is Flequube proprietary information and it shall not, either in its original or in any modified form, in whole or in part, be reproduced, disclosed to a third party, or used for any purpose other than that for which it is supplied, without the written consent of Flequube. Any infringement of these conditions will be liable to legal action.

© FO P AB. All rights reserved.

Bilaga 5

Ritning på ”Vertikalaxel”

| REVISION HISTORY | | DATE | APPROVED |
|------------------|-------------|------------|----------|
| REV | DESCRIPTION | | |
| A | Description | 2014-05-21 | |



Note ALL measurements in the Metric System

DRAWN _____

CHECKED _____

NAME _____

FLEQUBE[®]

Material: _____

Treatment: _____

SIZE Article: 1337-2

SCALE: _____

WEIGHT: _____

QUBE IT™

The information contained in this document is Fleqube's proprietary information and may be used in any manner without the express written consent of Fleqube. Any reproduction, distribution, or disclosure of this information without the written consent of Fleqube, may constitute an infringement of these conditions and will be liable to legal action.

© 1998-2014 Fleqube. All rights reserved.