

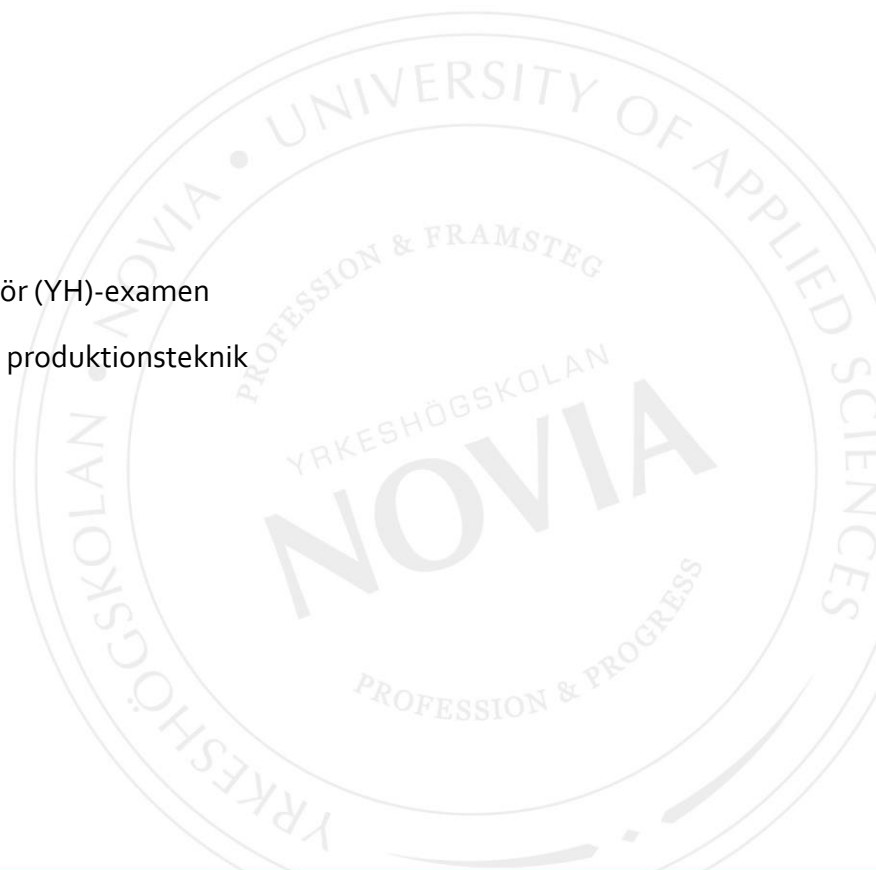
Konstruktion av slangklipnings- maskin

Robin Nylund

Examensarbete för ingenjör (YH)-examen

Utbildningen maskin- och produktionsteknik

Vasa 2019



EXAMENSARBETE

Författare: Robin Nylund
Utbildning och ort: Maskin- och produktionsteknik, Vasa
Inriktningsalternativ: Maskinkonstruktion
Handledare: Sebastian Englund, Optinova AB
Kenneth Ehrström, Yrkeshögskolan Novia

Titel: Konstruktion av slangklipningsmaskin

Datum: 01.04.2019

Sidantal: 42

Bilagor: 7

Abstrakt

Examensarbetet gick ut på att konstruera en slangklippmaskin som ska klippa klen medicinsk slang i små diametrar i anpassade längder. Med hjälp av teorin för produktutvecklings principer och tidigare modeller av klippen har det tagits fram olika koncept för att sedan välja en slutlig modell.

Syftet med detta arbete var att förbättra en redan befintlig slangklipp genom att ge den en rörelseriktning till, för att få möjligheten att förflytta undan klippen då den inte skall användas.

Genom att använda sig av de olika stegen i produktutvecklingsmodellen resulterade det i några olika koncept på hur maskinen skulle kunna vara konstruerad, vilket sedan komprimerades till en maskin och ett slutligt 3D-koncept.

I den slutliga 3D-designen som gjordes monterades samtliga skydd in då denna maskin kommer att genomgå en intern CE-märkning, som är baserad på ett flertal olika ISO standarder, innan den kommer att föras in i produktion.

Språk: svenska

Nyckelord: CE-märkning, renrum, precisionsklippning

BACHELOR'S THESIS

Author: Robin Nylund
Degree Programme: Mechanical and Production Engineering
Specialization: Mechanical Engineering
Supervisors: Sebastian Englund, Optinova AB
Kenneth Ehrström, Yrkeshögskolan Novia

Title: Construction of a Tube Cutting Machine

Date: April 1. 2019 Number of pages: 42 Appendices: 7

Abstract

This work is about construction of a tube cutting machine that will cut small diameter medical tubing in adapted lengths. With the help of the theory behind product development principals and previous models of the tube cutting machine, a few different concepts were developed and then a final model was selected.

The purpose with this work was to improve an already existing tube cut by giving it one more motion direction to gain the possibility to move the cutting unit out of the way when not used.

By using the different steps in the product development model, concepts on how the machine could be constructed were developed. Later this resulted in one concept and one final 3D-drawing.

In the final 3D-drawing that was made, all the safety covers had to be fitted on the machine because it will undergo an internal CE-marking, which is based on multiple different ISO standards. The tube cutting machine must go through this documentation and clear it before it can go in.

Language: swedish Key words: CE-marking, cleanroom, precision cutting

Innehållsförteckning

| | | |
|-------|--|----|
| 1 | Inledning..... | 1 |
| 1.1 | Bakgrund | 1 |
| 1.2 | Syfte | 2 |
| 1.3 | Examensarbetets mål | 2 |
| 1.4 | Avgränsning..... | 2 |
| 1.5 | Företagsbeskrivning | 3 |
| 1.6 | Förkortningar | 4 |
| 1.7 | Disposition..... | 5 |
| 2 | Teori | 6 |
| 2.1 | Produktutveckling..... | 6 |
| 2.1.1 | Optinovas produktmodell | 7 |
| 2.1.2 | SWOT (Strengths, Weaknesses, Opportunities, Threats) | 8 |
| 2.1.3 | Kravlista | 9 |
| 2.1.4 | FMEA (Failure Mode Effects Analysis) | 9 |
| 2.2 | CE-märkning..... | 9 |
| 2.2.1 | Standarder..... | 10 |
| 2.3 | Renrumsmiljö | 12 |
| 2.3.1 | Standarder..... | 12 |
| 2.4 | Säkerhetsbrytare | 13 |
| 3 | Metodik | 14 |
| 3.1 | Marknadsundersökning..... | 14 |
| 3.2 | Enkät | 15 |
| 3.3 | E-postkorrespondens | 15 |
| 3.4 | Observation | 15 |
| 3.5 | Konstruktion | 16 |
| 3.6 | Konceptval | 16 |
| 4 | Resultat | 17 |
| 4.1 | Kravlista..... | 17 |
| 4.2 | Personalkontakt..... | 18 |
| 4.3 | Konceptgenerering..... | 18 |
| 4.4 | FMEA vid konceptgenerering..... | 22 |
| 4.5 | SWOT-analys..... | 22 |
| 4.6 | Konceptval | 24 |
| 4.7 | Valt koncept..... | 25 |

| | | |
|-----|--|----|
| 5 | Diskussion..... | 36 |
| 5.1 | Problemområden, vidareutveckling | 37 |
| 5.2 | Sammanfattning..... | 38 |
| 6 | Källor..... | 39 |

1 Inledning

Inledningen behandlar bakgrunden om arbetet och storleken av det samt vad syftet med arbetet är. Även bakgrund och historia om företaget beskrivs kort för att få en bättre bild av vad den färdiga maskinen ska användas inom för industri.

1.1 Bakgrund

Företaget som har beställt arbetet har som huvudverksamhet tillverkning av medicinsk anpassad plastslang i små diametrar, mindre än 2 mm. Att tillverka slang är huvuduppgiften men att efterbearbeta slangen ingår också i många av fallen då en kund vill ha slangen i en specifik längd eller på annat sätt modifierad. När en order på en specifik slang längd har lagts in så klipps slangen oftast direkt i extruderlinjen med roterande rakblad för att få ett så rakt snitt som möjligt. Maskiner som klipper slangen finns redan inom företaget i olika modeller och konfigurationer men nu vill de att själva dragarenheten som drar slangen ur extrudern ska kunna användas med eller utan klippenheten på ett enkelt sätt.

Ena problemet som existerar för tillfället är att de klippenheter som finns i lokalerna inte är tillräckligt anpassningsbara. De anställda vill att det skall vara enkelt att träda in slangen i klippenheten efter dragarenheten vid uppstarten av extruderingslinje, eller förflytta klippenheten helt ur slangens väg när den kommer ut ur dragaren. Arbetet underlättas med att förflytta själva klippenheten bort från dragarenheten eftersom en arbetare måste få plats för sina händer mellan dragare och klipp. När själva slangen matas med dragaren och klippenheten ska användas så måste klippen vara så nära dragarenhetens hjul som möjligt för att slangen inte ska vika sig. Det är problemet i X riktning (sett framifrån) dvs. användarvänlighet för de som arbetar på fabriken.

Andra problemet är att kunna använda samma extruderlinje till att köra slangen på spole istället för att kapa allt i längder t.ex. vid uppstart av extruder kan det vara enklare att köra upp slangen på spole för att sedan kunna kassera testkörningen. Detta hör då till problemet i de andra riktningarna, att kunna förflytta bort hela klippenheten eller åtminstone stora delar av den så att den inte blir i vägen vid körning på spole. Med körning på spole menas att slangen lindas upp på plast eller stål hjul. Spolarna kan sedan placeras i ställningar när de är fulla med slang.

Klippenheten måste även vara godkänd med tanke på hygien då den ska användas i renrumsmiljöer och vara vid kontakt med blivande medicinsk utrustning. Dessa förflyttningar ska även göras med enkelhet av anställda. Klippenheten bör följa standarderna som företaget använder sig av för att uppfylla kraven för CE-märkning.

1.2 Syfte

Syftet med detta examensarbete är att utveckla en konstruktion som dels underlättar arbetet för de anställda vid start och stopp av plast extruder linje samt dels möjliggör att linjen kan användas utan klippenheten om slangen ska köras på spole, allt beroende på vad kunden begär.

1.3 Examensarbetets mål

Målet med detta arbete är att ta fram flera olika koncept i 3D-Cad program samt, göra analyser på koncepten, riskanalys samt kravlista. Redovisa för- och nackdelar med de olika koncepten och att slutligen välja ett av dem till fortsatt utveckling. På det valda konceptet ska göras en komplett 3D-design i Cad med samtliga säkerhetsbrytare och skydd och även detaljritningar på färdiga konceptet.

1.4 Avgränsning

Avgränsningen för detta arbete blir att konstruera en ny modell av plastslangs klippenhet med ett stativ som går att röra i både X och Y/Z riktning. Rörelserna ska vara enkla att manövrera och ha tydliga låsningar för enkel till- och frånkoppling.

Idéer ska tas fram samt undersökas vad de anställda inom firman tycker ha varit dåligt/bra med de modeller som redan existerar. Ta fram koncept och sedan designa den slutliga produkten som valts med tanke på kravlistor, analyser och standarder. Konceptet blir designat till det matarverk som Optinova själva har designat och använder sig av.

1.5 Företagsbeskrivning

Optinova AB är ett företag som är beläget på Åland och är en av de världsledande företagen inom medicinsk plastslangtillverkning. Enheten på Åland består av fabriken, i vilken plastslang tillverkas och efterbearbetas vid behov, samt en utvecklingsavdelning. Företaget har funnits sedan 1971 och har nu verksamhet i både Asien och USA men fabriken på Åland är den som har flest anställda, ca 150st. Av dessa arbetar 20st på utvecklingen och resterande i produktion/service. Optinova group köpte 2015 upp Scantube som också är ett åländskt grundat företag som riktar in sig mera på industrislang i större diametrar.

Optinova använder sig av kvalitetssystemet ISO 9000 och kvalitetssystem för medicinsk utrustning ISO 13485 till både ledning och produktion för att kunna säkerställa den kvalitet som kunderna lovas. Renrumsstandarden som används är EN ISO 14644.

Alla plaster som används på Optinova är termoplaster. Man kan dela dessa i tre huvudgrupper: polyeten (främst HDPE), termoplastiska elastomer (TPU och TPA) och fluorpolymer (PTFE och FEP). Fluorpolymer är väldigt svåra att extrudera och med PTFE kan man inte använda traditionella extruderings metoder. Slangen kan ha många olika utseenden och inte bara bestå av en färg utan den kan göras randig eller bestå av blandningar som gör att den blir synlig vid röntgen. Slangen kan även ha en stålkärna vid vissa applikationer, då extruderas plasten runt stålkärnan vid tillverkningen. Tillsammans med Scantubes fabriker har Optinova runt 100 extruderingslinjer.

För att uppnå kunders krav vad gäller kvalitet på slangarna som produceras så börjar man undersöka råvaran direkt när den kommer till fabriken för att kunna dokumentera hela processen för att kunna spåra eventuella fel som kan uppstå. Optinova har även möjlighet att göra väldigt noga granskningar under hela tillverkningen så att kunden kan få de intyg som krävs på vissa slangar.

1.6 Förkortningar

Kort förklaring av vad förkortningarna i arbetet betyder.

PTFE = Polytetrafluoreten är en fluorplast som tål temperaturer upp till 260°C och har en väldigt låg friktion vilket gör den väldigt hal. (Polyfluoer, 2018)

FEP = Fluorerad etylenpropen är en fluorplast som har liknande egenskaper som Polytetrafluoreten men lägre smälttemperatur och är flexiblare. (Polyfluoer, 2018)

SW = Solid Works är ett tredimensionellt ritprogram.

Hackrör = slangstyrningen efter dragaren så att inte slangen viker sig före eller efter slangen blivit kapad i längder.

SFS = Finlands standardiseringsförbund

SIS = Sveriges standardiseringsinstitut

1.7 Disposition

I detta arbete kommer jag gå igenom grunderna för produktutveckling, hur man kommer fram till en färdig konstruktion och vilka standarder som har inverkan på dessa.

I kapitel 2 där all teori för detta arbete finns tas det upp både en allmän och Optinovas produktutvecklings modell för hur man ska gå från idé till färdigt fungerande produkt. I detta kapitel framkommer även de säkerhetsaspekter som kommer att beaktas vid konstruktion t.ex. CE-märkning av färdig maskin.

I det tredje kapitlet förklaras hur och på vilket sätt resultaten skulle framställas. Detta kapitel beskriver på vilket sätt som produktutvecklingsmodellens alla steg är tänkta att genomföras.

I kapitel 4 presenteras resultaten som har blivit framtagna under processens gång och varför det har blivit ändringar. Konceptgenereringen och valet av koncept är de två största stegen i detta kapitel då detta arbete var att ta fram ett koncept.

Diskussionen är det sista kapitlet och det behandlar alla motgångar samt hur de har blivit lösta och funderingar på var potentiella enklare lösningar skulle ha kunnat användas.

2 Teori

Kapitlet kommer att beskriva grunderna för hur produktutveckling fungerar och vilka steg som ska följas samt några av de analysmetoder som man kan använda sig av då en ny produkt ska tas fram till marknaden eller om en redan befintlig produkt ska uppdateras. För att en produkt ska få säljas inom EU idag ska den uppfylla kraven för att CE-märkas vilket baserar sig på standarder som just berör den modell av produkt. Optinova använder sig inte bara av CE-märkning på deras produkter utan de maskiner som ska in i produktionen måste även klara renrumstandarder då hela deras produktion utförs i renrum.

2.1 Produktutveckling

Med produktutveckling menas alla skeden från idé till marknadsförd produkt. Produktutveckling kan göras på många olika sätt och med olika metoder men den vanligaste följer sex faser. Planeringen kallas ofta fas 0, där tas utvecklingsprocesser, identifiering av möjligheter (idéer) och produktplanering upp. Fas 1 är konceptutveckling där kundbehov, specifikationer, konceptgenerering, val av koncept och även koncepttestning görs. Dessa två faser är de som kommer att användas mest i detta arbete då det bara är ett koncept som ska tas fram. Vid vanliga fall finns även följande faser, fas 2 utveckling på systemnivå, fas 3 detaljutveckling, fas 4 testning och vidareutveckling och den slutliga fasen, fas 5 produktionsupptakt. De flesta av dessa faser lappar över varandra mer eller mindre och vid många punkter så hamnar man att backa tillbaka ett steg då man kan ha fått ny input när man påbörjade nästa steg i processen.

Vid idégenerering inom produktutveckling så siktar man på att få fram så många både bra och dåliga idéer som möjligt. Idéer kan tas fram med olika metoder, så som brainstorming, den egna passionen, skriva listor med vad för fel som finns i världen och använda det till bas för att förbättra något, studera potentiella kunder för att se vad de vill ha. Man kan även hålla koll på trender som finns i världen för tillfället.

Produktplaneringen består av att identifiera möjligheter vilket man redan har gjort i idégenereringsdelen. I planeringen ingår även att projektet ska utvärderas och prioriteras, exempelvis då företag kan ha många olika möjligheter måste de som gynnar företaget mest fastställas först. När man planerar en produkt måste även en

tidsplan fastställas som ska följas och kunna visas till ledningen för att få ett godkännande av produkten.

Konceptgenerering utgår från de idéer som man har samlat på sig i de tidigare steg, tidigare befintliga lösningar och de specifikationer som finns för produkten. Vid konceptgenerering vill man bryta ner ett komplext problem till flera mindre komplexa delproblem för att enklare få fram bra koncept. När man har ett färdigt koncept ska man återspegla det och se över resultatets tillämpbarhet och validitet.

Konceptval är när koncept utvärderas i förhållande till behov och kriterier. Första steget är att plocka bort de sämre förslagen för att sedan kunna välja det koncept som företaget ska gå vidare med. Detta val kan genomföras t.ex. baserat på analyser och sedan röstning eller så kan det göras baserat på testdata från prototyper. Detta varierar på olika företag. (Eppinger & Ulrich, 2014) (Johannesson, et al., 2013)

2.1.1 Optinovas produktmodell

Företagets produktmodell skiljer sig lite från den allmänna produktutvecklingen då de ej tillverkar maskiner för försäljning utan enbart för internt bruk. Modellen börjar på samma sätt som den allmänna, med en förfrågan från kund på en slangmodell eller förfrågan från de anställda i produktion angående en förbättring. Det går sedan vidare inom idéstadiet till en beskrivning av bakgrunden, hur den passar in i helhetsbilden och beskrivning av alternativen för att komma fram till vilken nytta projektet kommer att medföra. När nyttan är fastställd ska allt summeras till ett resultat för vad maskinen ska göra. Sedan ska projektets placering i organisationen beskrivas, samt risker, tidsplan och resurser. När samtliga steg i idéstadiet är översedda ska styrelsen ta det slutliga beslutet.

Nästa steg är en snabb förstudie/ överblick på projektet där de mest vanliga frågorna ska besvaras, så som varför, vad ska göras, hur ska det göras och när ska det göras. Alla dessa steg får en tydlig övergång till nästa steg, som är en projektplan där tidsplaner för möten och resurser ska vara godkända samt liknande skall fastställas. Planen ska godkännas från ledningen sedan ska samtliga intressenter och resurser informeras.

Projektarbetet påbörjas när planen är godkänd och utförs med regelbundna projektmöten enligt bestämt intervall. Vid eventuella ändringar i projektet skall det

gå igenom under ett av dessa möten och då godkännas av projektledaren. Sista steget för en maskin i projektstadiet är att få den CE-märkt vilket samtliga maskiner måste vara innan de kommer in i produktionen.

Sista kvalitetsstegen som en maskin måste genomgå är dessa. Operations kvalifikation (operation qualification OQ) sedan processutveckling och/eller prestandaverifikation (process development and/or performance verification) och till sist vid behov process kvalifikation (process qualification PQ).

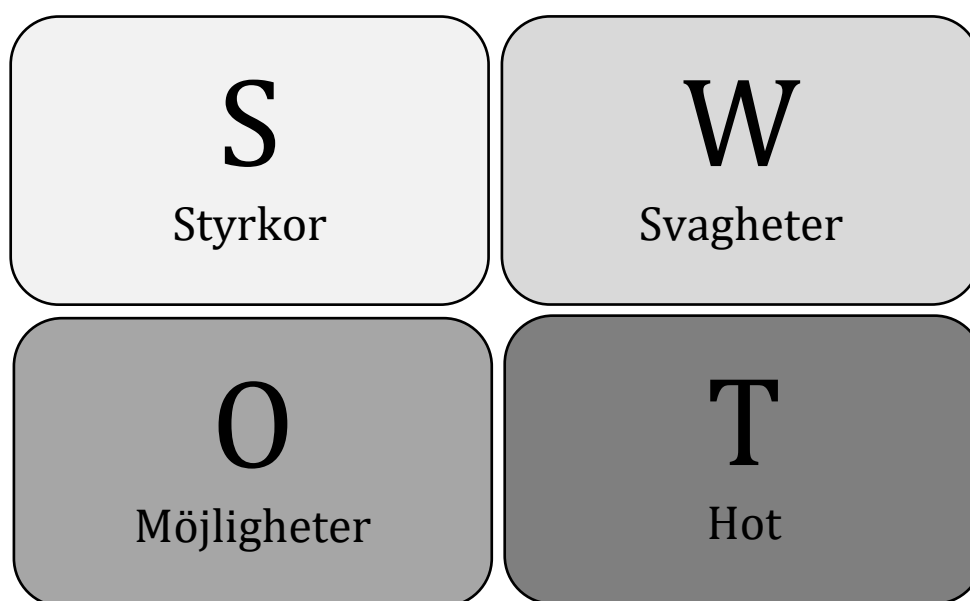
När samtliga steg har gått igenom är ett projekt avslutat och det som är kvar är uppföljning av projektet inom en utsatt tid.

2.1.2 SWOT (Strengths, Weaknesses, Opportunities, Threats)

SWOT översätts till styrkor, svagheter, möjligheter och hot vilket är en ramanalysmodell som man kan använda på människor, företag och maskiner när man har strategiskt mål och fokus. Det existerar olika modeller på SWOT-analysen var av den som passar sig bäst för maskiner kommer att användas.

Styrkorna som analysen fokuserar på är de interna styrkorna inom ett företag eller maskin. Samma med svagheterna, fokus på de interna. Möjligheterna och hoten hör mera till den externa sidan var fakta från andra företag och maskiner kommer, det utesluts ändå inte helt att det kan komma internt.

(Expertvalet, 2017)



Figur 1 SWOT-analys

2.1.3 Kravlista

Kravlistor används vid framtagning av nya konstruktioner som en guide till vilka konceptval som kan gynna ett företag att fortsätta konstruera på. Kravlistor kan se ut på många olika sätt och kan vara olika mycket specificerade inom olika områden. Grund idén är den att krav och önskemål ska ställas upp i en lista och sedan markeras om det är ett krav eller om det är ett önskemål av företaget. Listan blir sedan en utgångspunkt för grunden av en ny detalj där alla krav ska uppfyllas och så många önskemål som möjligt.

2.1.4 FMEA (Failure Mode Effects Analysis)

Felmods- och feleffektanalys bygger på att hitta risker i en komponent i en produkt och sedan bedöma hur allvarliga dessa skulle kunna bli om dessa inträffade. Genom att redan i ett tidigt skede göra grova uppskattningar av komponenter genom denna modell kan man upptäcka konstruktionsmissar som kan behöva granskas.

Metoden använder sig av tre faktorer, *felsannolikhet*, *allvarlighetsgrad* och *sannolikhet att inte upptäcka felet*, som var för sig har en skala från 1–10, dessa tre tal multipliceras sedan ihop för att få ett så kallat *risktal*, *RPN* (*risk priority number*). Med detta tal kan man sedan göra upp en lista över vilka komponenter som har högsta värdet och därmed är osäkrast, vilket i vissa fall kräver att de åtgärdas. (Johannesson, et al., 2013)

2.2 CE-märkning

Man har sedan länge försökt använda sig av olika normer för att säkerställa en viss säkerhet på maskiner, utrustningar och anläggningar. Problemet har dock varit att olika företag och olika länder använder olika normer och detta har man nu försökt göra mera enhetligt. Inom EU tillämpas maskindirektivet på alla maskiner som importeras vilket resulterar i att en CE-märkning krävs. Om en maskin inte skulle klara kraven som maskindirektivet ställer på dessa blir maskinen utan CE-märkning. Om maskinen inte uppfyller kraven som CE-märkningen ställer kan den bli stoppad från att komma ut på den europeiska marknaden då den kan orsaka ohälsa eller olycksfall. (Swedish standards institute, 2018)

Optinova använder sig av ett internt dokument som baserar sig på ett antal olika ISO standarder för att undvika så många risksituationer som det bara är möjligt kring en

maskin. Varje ny maskin som ska in i produktion måste vara godkänd enligt deras CE-märkning vilket utförs av behörig personal på plats. CE-märkningen är som en riskanalys på ett sätt och målet med den är att få ett stopp på arbetsrelaterade skador. Under rubriken standarder kommer de standarder som är relevanta att räknas upp och citeras för att sedan appliceras på det slutliga konceptet.

2.2.1 Standarder

Presentation av några standarder som CE-märkningen baserar sig på.

Konstruktion av en maskin i syfte att underlätta hanteringen

EN ISO 12100 specificerar basterminologin, principer och metodiken för att uppnå säkerhet i en maskin när den designas. (SFS, 2010a)

EN 614-1 fastställer de ergonomiska principerna i designfasen av en maskin. (SFS, 2009a)

EN 614-2 fastställer de ergonomiska principerna och procedurerna under designprocessen av maskin och operatörens arbetsuppgifter. (SFS, 2009b)

EN 1005-1 berör designen av maskinen så att säkerhet och ergonomi för operatören följs åt. (SFS, 2009c)

Ergonomi relaterat till hälsa

EN ISO 10075-1 definierar termer inom mental arbetsbelastning, stress och ansträngning. (SFS, 2017)

EN ISO 10075-2 guidar designen av ett arbetssystem, inkluderar uppgift och utrustning och design av arbetsplats, såväl som arbetsförhållandena. (SFS, 2001)

EN 13861 är standarden som erhåller med en stegmodell av vilka andra standarder man ska använda med tanke på ergonomisk arbetsplats. (SFS, 2012)

Säkerhet elektriskt styr/funktionssätt

EN 60204-1 appliceras på elektronik, programmerbar elektronik och system till maskiner som inte är portabla medan de är i drift. (SFS, 2018)

Riskbedömning för förlust av stabilitet

EN ISO 12100 anvisar på en sådan design att inte maskinen välter eller gör okontrollerade rörelser vid transport. (SFS, 2010a)

Motverkande av klämrisk i samband med rörliga maskindelar

EN 349 maskinsäkerhet, minsta storlek på mellanrum för att undvika krossandet av människokroppens delar. (SFS, 2008a)

EN ISO 13855 maskinsäkerhet, positionering av säkerhetsbrytare med beaktande av tillvägagångshastigheten av människokroppens delar. (SFS, 2010b)

EN 953 maskinsäkerhet, fasta skydd ska inte kunna demonteras utan verktyg samt de ska inte hållas fast utan att vara i låst läge. (SIS, 1998)

EN ISO 13857 maskinsäkerhet, säkerställer värden för säkerhetsavstånd för att förhindra att maskin riskzoner blir nådda. (SFS, 2008b)

EN ISO 14120 maskinsäkerhet, val av skyddsåtgärd mot risker som kan orsakas av rörliga delar. (SFS, 2016a)

Skydd/ skyddsanordningar allmänna krav

EN 574 specificerar säkerhetskraven på tvåhandsfattad kontrollanordning och dess logiska enhet. (SFS, 2009d)

EN ISO 13855 etablerar positionen av säkerhetsskydd med avseende på närmandehastighet för delar av människokroppen. (SFS, 2010b)

Fasta skydd

EN ISO 14120 är en standard som anger allmänna krav som är avsedda för att skydda personer mot mekaniska risker. Kraven sätts på konstruktionen, tillverkningen och valet av skydd. (SFS, 2016a)

Öppningsbara skydd

EN ISO 14119 maskinsäkerhet, hophängande enheter som hör samman med säkerhetsbrytare. Design principer och urval. (SFS, 2014)

Specialkrav av skyddsanordningar och kontrollsystem

EN ISO 13849-1 förser med säkerhetskrav och guidning för principerna av design och integrering av säkerhetsrelaterade delar och kontrollsystem. (SFS, 2016b)

EN 62061 täcker aspekterna som ska beaktas när elektriska/programmerbara elektriska system används att utföra säkerhetsfunktioner. (SIS, 2005)

Buller

EN ISO 11688-1 fungerar som ett hjälpmedel för att förstå de grundläggande begreppen av ljudkontroll i maskiner och utrustning. (SFS, 2010c)

Tillträde och underhåll vid en maskin

EN ISO 14122-1 ger generella krav för tillträde till stationära maskiner och ger förslag på bästa tillträde av en stationär maskin om den inte är i golvnivå. (SFS, 2016c)

2.3 Renrumsmiljö

Renrum och liknande finns för att man ska kunna kontrollera nedsmutsningen av luften och ytor vid känsliga tekniska tillverkningsprocesser. Dessa rum är helt bortkopplade från omgivningen vad det gäller temperatur, fuktighet och tryck för att de endast används i samband med väldigt känsliga tillverkningar eller monteringar och måste därför kunna justera dessa parametrar. Renrum används t.ex. inom flygplansindustri, mikroelektronik och medicinsk industri. Då alla renrum måste följa en viss standard gör det att det måste finnas olika klasser inom standarden. Dessa klasser utgår från mängden partiklar per kubikmeter luft, det vill säga ju lägre klass desto lägre tillåten mängd partiklar (1–9). Beroende på vilken klass som följs så kan man mäta partiklar under 1 μ m men vanligare är att man mäter de som är större än 5 μ m. (Swedish standards institute, 2016)

2.3.1 Standarder

Optinova använder sig av renrumsstandardEN ISO 14644 som består av 10st delar. I denna standard tas det upp vad som krävs för att ett rum eller zon ska klassas som rent.

EN ISO 14644-1, delen där man klassificerar luftrenhet genom partikelkoncentration. (SFS, 2016d)

EN ISO 14644-2, delen där det beskrivs hur man ska övervaka och samla prestandabeväs i ett renrum beroende av partikelkoncentration. (SFS, 2016e)

EN ISO 14644-3, detta är testdelen av standarden där det förklaras hur man ska testa ett renrum för att komma fram till vilken klass det hör till. (SFS, 2006a)

EN ISO 14644-4, beskriver hur det ska vara designat, byggt och hur man startar. (SFS, 2011a)

EN ISO 14644-5, förklarar vad som ska tänkas på under användning av renrum. (SFS, 2006b)

EN ISO 14644-6, är en ordlista för termer och definitioner. (SFS, 2011b)

EN ISO 14644-7, beskriver minsta kraven för en separat enhet som ska in i ett renrum. (SFS, 2005)

EN ISO 14644-8, har hand om luftrenlighets klassificeringen enligt kemisk koncentration. (SFS, 2013a)

EN ISO 14644-9, är delen som har hand om klassificering av ytrenhet via partikelkoncentration. (SFS, 2013b)

EN ISO 14644-10, är delen som har hand om klassificering av ytrenhet via kemisk koncentration. (SFS, 2013c)

2.4 Säkerhetsbrytare

Säkerhetsbrytare används ofta i samband med automatiserade maskiner eller produktionslinjer för att förhindra att det inträffar skador på personal eller maskin, t.ex. genom att stoppa processen när exempelvis en dörr med säkerhetsbrytare öppnas. Säkerhetsbrytare finns i olika utföranden och för olika arbetsmiljöer. De vanligaste modellerna som finns är de elektromekaniska brytarna som har funnits i många olika modeller som inte är så dyra. Idag när kraven är högre på säkerheten och maskinerna blir allt mer komplicerade har man också börjat använda beröringslösa säkerhetsbrytare som kan anpassas så att de knappt märks att de är närvarande men som ändå sköter sitt jobb att hålla personalen och maskinen säker. De beröringslösa brytarna som finns fungerar med magnetism, induktion eller optiskt. Optoelektriska brytare används oftast som ridåer så att när någon eller något bryter ljusridån så stannar maskinen. Mekaniska brytare finns som låsande modell eller bara brytande. Den låsande modellen förblir låst tills maskinen har kommit till stopp dvs. en dörr till en maskin som är utrustad med denna modell av brytare går inte att öppna medan maskinen arbetar. Den brytande däremot avbryter maskinen mitt i processen om dörren skulle öppnas.

Magnetiska och induktiva säkerhetsbrytare kräver att den finns en sändare och en mottagare fastmonterat i de olika rörliga delarna. Brytarna fungerar bra i produktionslinjer där hygien är noggrann då de är helt inkapslade och därför lätta att hålla rena (Pilz, 2018).

Magnetiska brytarna fungerar som en liten elektromagnet och när sändaren kommer i närhet av mottagaren blir den överbelastad och den lilla fysiska brytaren i mottagaren separerar vilket bryter elkretsen (Stoor, 2011).

3 Metodik

För att från början få idéer till produkten var det marknadsundersökning och observation som gällde då detta är en ovanlig typ av maskin som skulle vidareutvecklas. Samtal med de som tidigare hade varit ansvariga för framtagandet av företagets egna modell på kapenhet utfördes och nya idéer genererades ganska snabbt.

När några idéer var framtagna fortskred projektet mot produktplaneringen där intervju gjordes med insatt anställd, även här var observationen på tidigare produkter viktig och hjälpte till att fastställa krav och önskemål.

Vid konceptgenereringsfasen kom all insamlade data till användning i konstruktionen av de olika koncepten som sedan analyserades med FMEA och SWOT. Koncepten och analyserna presenterades för de inblandade i projektet och ett konceptval gjordes.

3.1 Marknadsundersökning

Vid marknadsundersökningen för vilka slangkapar som redan existerade och tillverkades var ett av företagen Gillard, vilket är ett engelskt företag som även Optinova använder sig av i dagsläget (Gillard, 2018). Eftersom Optinova använder sig av renrum och de tillverkar medicinsk utrustning så kan de inte använda sig av vilka maskiner som helst då det skulle förstöra slangen, genom att kapa snett eller hålla för dåliga toleranser. De flesta maskiner som tillverkas är varken tillräckligt noggranna eller renliga av sig för att de skulle gå att använda samt att de inte går ner till tillräckligt små diametrar på slangen. Jag upptäckte även en sådan sak med vissa modeller att de krävdes att matarverket stannade helt innan slangen kunde kapas vilket inte fungerar för den applikation som slangkapen ska ha i detta fall.

Eftersom de företag som håller på med denna sorts precision på sin slang har sekretessbelagt sitt arbete, finns möjligheten att någon väldigt smart lösning existerar inom något företag men de är inte benägna att dela med sig av denna information.

3.2 Enkät

Vid framtagning av enkäten var tanken att den skulle vara enkel att svara på, och mera konstruktionsmässiga samt tekniska frågor skulle bli besvarade. Enkäten skulle finnas tillgänglig under en veckas tid på avdelningen så att anställda i flera olika skiften skulle kunna svara på den för att få en bred datainsamling. Sammanställningen av enkäten skulle hjälpa mig med arbetet att tillverka något som så många anställda som möjligt skulle vara nöjda med.

3.3 E-postkorrespondens

När en maskin ska uppdateras inne i produktionen är det såklart den personal som jobbar med maskinen varje dag som har bästa uppfattningen om vad som behöver ändras. För att få svar på detta skickades en enkät ut till en avdelningschef som sedan delegerade den vidare till en anställd. Med hjälp av den anställdes mailkorrespondens angående frågorna underlättades arbetet vid framtagande av koncept.

3.4 Observation

Då det fanns olika klippenheter inom företaget sedan tidigare var det bland det första som undersöktes när nya idéer skulle tas fram för koncepten. Vid rundvandring inom företaget konstaterades att det fanns både stora maskiner som stod självständigt på golvet bredvid en dragarenhet. Dessa maskiner började bli gamla och tog onödigt mycket plats. Det fanns också mindre maskiner med dragare och klipp i samma. Dessa mindre maskiner var ganska smidiga och en trolig inspirationskälla som Optinova kan ha använt sig av.

De maskinerna som var smidigast var de som Optinova hade tagit fram och byggt själva tidigare år. Dessa egenbyggda maskiner var de som är bäst anpassade för just de produkter som de själva producerar då det är ganska ovanliga produkter. Dessa maskiner är byggda direkt på ett elskåp vilket ger dem en stadig yta att stå på och ett enkelt sätt att koppla all automationsel som krävs för att de ska fungera. Dragarenheten sitter även på samma elskåp vilket gör det lättare för elektrikern att få dessa två maskiner att samspela.

3.5 Konstruktion

För att kunna utföra produktutvecklingen krävdes det att jag bekantade mig med ett Cad program vid namn Solid Works i vilket samtliga koncept skulle designas. Solid Works är ett av de världsledande 3D Cad program som används och jag hade därför lite tidigare erfarenhet av programmet vilket underlättade arbetet avsevärt. Många komponenter är ritade från grunden men många är tagna från leverantörers hemsidor som solider dvs. som färdiga detaljer för att spara tid.

Under konceptgenereringen lämnades detaljer som skyddsbytare och vissa kåpor bort eftersom de är ganska anpassningsbara och kan därför läggas till på det slutliga konceptet.

3.6 Konceptval

Konceptvalet utfördes på de koncept som tagits fram under konceptgenereringen samt på de analyser som hade utförts på dessa koncept. Valet utfördes under ett möte på Optinova med personal från service, produktion och utveckling närvarande. Konzepten presenterades och de anställda från de olika avdelningarna förklarade för- och nackdelar med de olika koncepten ur deras synvinkel vilket sedan resulterade i en slutsats.

4 Resultat

Produktutveckling är en väldigt omfattande process som kräver att man följer faserna som beskrivs i teorin, om produktutveckling, för att ha tillräckligt med fakta före man påbörjar följande fas. Då man följer modellen för produktutveckling blir resultatet både bättre och man sparar pengar på att slippa göra om detaljen flera gånger.

4.1 Kravlista

Krav och önskemål som utvecklingsavdelningen på Optinova och jag kom fram till för den nya klippenheten presenteras i tabell 1. Denna lista användes som grund för samtliga koncept, därför uppfylls alla kraven som räknas upp av koncepten. Kravlistan i tabell 1 är en ganska liten modell men vi ansåg att den tog upp de viktigaste kriterierna och ansåg därför att det inte behövdes någon mera avancerad modell.

Tabell 1 kravlista

| Kravlista för hack | Krav | Önskemål |
|--|------|----------|
| <u>Säkerhet</u> | | |
| Användarsäkerhet | K | |
| CE märkning | K | |
| Användarvänlig | K | |
| Rengöringsmöjlighet | K | |
| <u>Geometri</u> | | |
| Vikt under 10kg | | Ö |
| Storlek (smidig att hantera själv) | K | |
| Flyttbar mellan olika dragare | | Ö |
| <u>Konstruktion</u> | | |
| Bearbetningshastighet så hög att inte produkten påverkas | K | |
| Pålitlig gång | K | |
| Årlig service | K | |
| Enkel konstruktion | | Ö |
| Servicevänlig | | Ö |
| Design | | Ö |
| Ljudnivå under 60 dB | K | |
| Vibrationsfri | K | |
| Låsningar i alla positioner | K | |

| | | |
|---|---|---|
| Produktion | | |
| Ej skada produkten | K | |
| Material som har direkt kontakt med produkten, Rostfritt/POM/Eloxerad aluminium | K | |
| Får ej korrodera | K | |
| Övrigt | | |
| Låg luftförbrukning < 10L/h | | Ö |
| Justering av hackrör | K | |
| Standard servomotor inom företaget | | Ö |

4.2 Personalkontakt

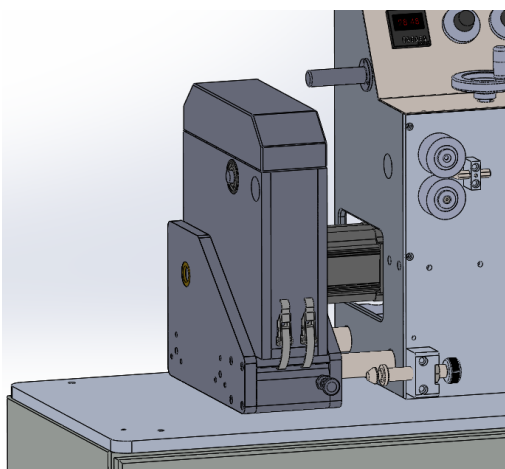
Som beskrivet i metodiken så togs det kontakt med personalen för att få deras inblick i arbetet. Den ifyllda enkäten hade några bra inputs och bekräftade de funderingar som jag hade. Detta förstärkte viktigheten av konstruktionen för vissa komponenter då det nu inte bara var konstruktörerna på Optinova som berättade vad de ville ha utan nu fanns även underlag från anställda. Enkäten som skickades och de svar den anställda gav presenteras i bilagorna som bilaga 7.1.

4.3 Konceptgenerering

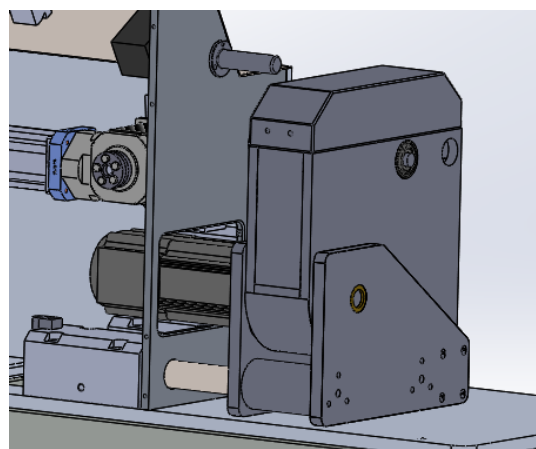
Vid framtagandet av de olika koncepten gällde det att applicera all den fakta som hade samlats in via kravlistor, idégenerering, observation och analyser. De tre första koncepten var de mest uppenbara modellerna efter rundvandring på företaget och diskussioner med de anställda. Koncept 4 och 5 var mer intressanta modeller och bestod av en del nytänkande.

Då arbetet var avgränsat till den mekaniska konstruktionen av klippenheten så används samma servomotor i alla koncept. Detta är en motor som företaget har använt sig av tidigare. Användning av så mycket färdiga detaljer som möjligt från leverantörer underlättade och snabbade på konstruktionen av koncepten t.ex. maskinelement av olika slag, bultar, muttrar, lager etc.

Koncept 1 består av en fyrkantig låda som har en roterande skiva med rakblad inuti sig. Denna låda står på två axlar som löper i två kulbussningar, se figur 2 och 3. Monterat på denna låda sitter en elmotor av servotyp som driver den roterande skivan med hjälp av en kuggrem. Lådan i sig sitter upphängd på bussningar som är i linje med motorns axel vilket gör att denna modell kan rotera runt motoraxeln. Lådan kan alltså vara i horisontalt läge som en medlem i produktionslinjen eller vikas bort och då inte längre vara en medlem av produktionen. Låsningar finns i alla lägen för att maskinen ska vara enkel att använda och hållas på plats vid körning. Bilaga 2 innehåller koncept 1 både monterad på matarenhet och som fristående enhet.

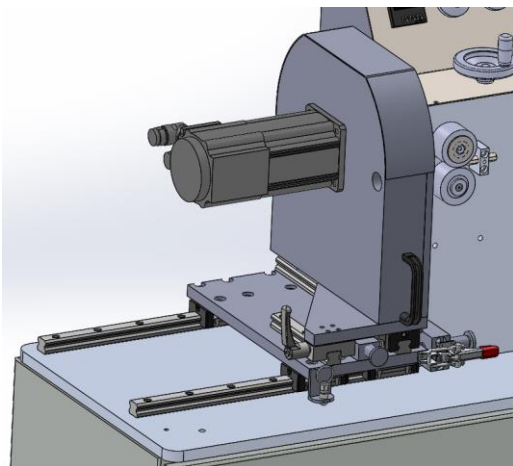


Figur 2 Koncept 1 snett fram ifrån.

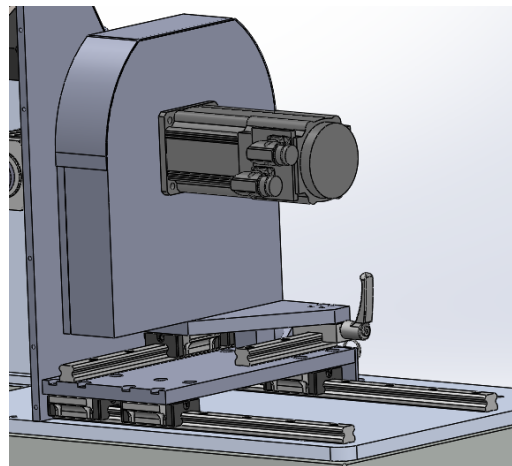


Figur 3 Koncept 1 snett bakifrån.

Koncept 2 behövde mera yta på det stället som den skulle monteras på men är istället troligtvis den mest justerbara modellen, se figur 4 och 5. Samma som koncept 1 så består koncept 2 av en roterande skiva med rakblad på inuti en låda och en elmotor, men här i direkt drivningskonfiguration. Motorn är flyttad högre upp på lådan och placerad på andra sidan. Lådan står på skenstyrningar och kan därför röra sig i en riktning. Därför krävs det två stycken skilda rälssystem på varandra så att lådan kan röra sig i båda led. Smidiga låsningar finns i samtliga led för att enkelt serva maskinen och fixera den under körning. Bilaga 3 innehåller fristående och monterad modell.

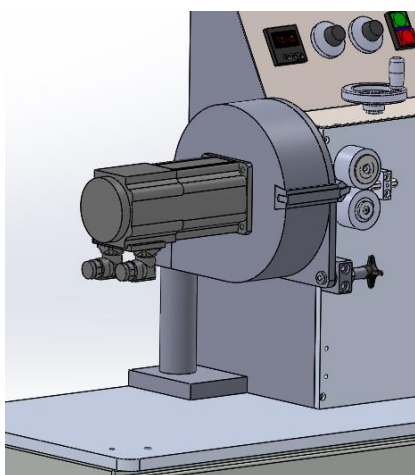


Figur 4 Koncept 2 snett framifrån.

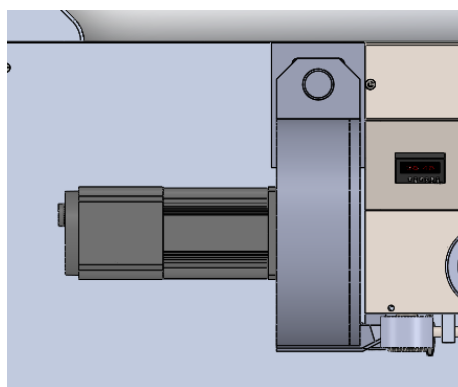


Figur 5 Koncept 2 snett bakifrån.

Koncept 3 i figur 6 och 7 är den enklaste modellen vad det gäller konstruktion och detaljmängd men den går knappt att justera. Elmotorn sitter här mer på en cylindrisk formad låda men har fortfarande en direktkopplad skiva med rakblad inuti sig. Denna lilla cylindriska låda kan man svänga bort helt från produktionslinjen då den står på en axel och elmotorn hamnar nu bakom dragarenheten. Här är då problemet slangstyrningen, då det inte går att använda den som använts sedan tidigare inom företaget. Den nya modellen måste vara tvådelad (klyvd) för att enkelt kunna träda i slangen vid start då den inte kan föras rakt åt något håll utan rör sig i en roterande rörelse. Bilagor 4 innehåller fristående och monterad modell av koncept 3.



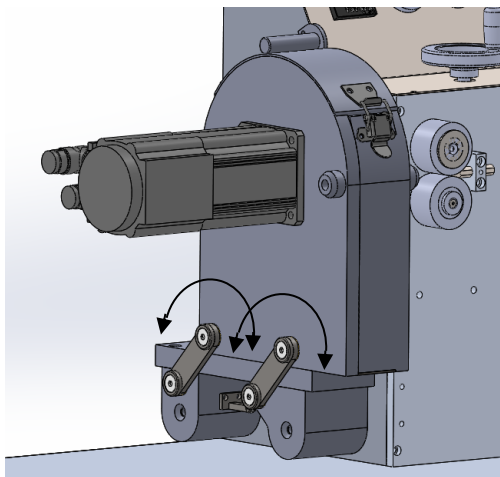
Figur 6 Koncept 3 snett framifrån.



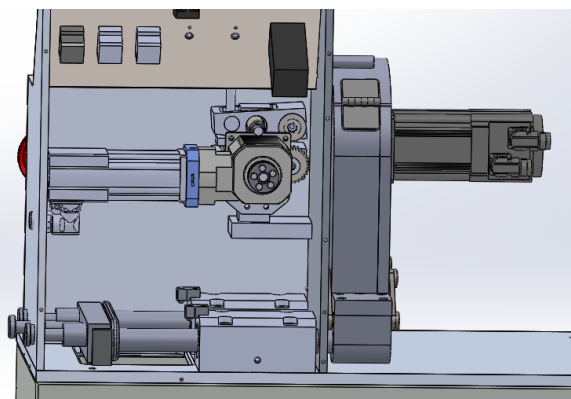
Figur 7 Koncept 3 sett uppifrån.

Koncept 4 använder sig av samma modell på axlar löpande i kulbussningar som koncept 1 men här roterar inte lådan kring motoraxeln utan motorn sitter på sidan med direktdrift på den roterande skivan med rakbladen, se figur 8 och 9. Lådans förflyttning bort ur produktionslinjen sker i en halvcirkulärrörelse, när man knuffar lådan bakåt

eller framåt lyfts den upp från bottenplattan tills den kommer till sitt nya ändläge, se pil i figur 8. Denna rörelse utförs med hjälp av armar och bussningar, där ena ändan av armen sitter i lådan och den andra i holkar på axlarna. Låsningen i de olika lägena för detta koncept sker med olika stora elektromagneter, vilket hjälper till att hålla maskinen ren och prydlig. Bilagor 5 innehåller fristående och monterad modell av koncept 4.

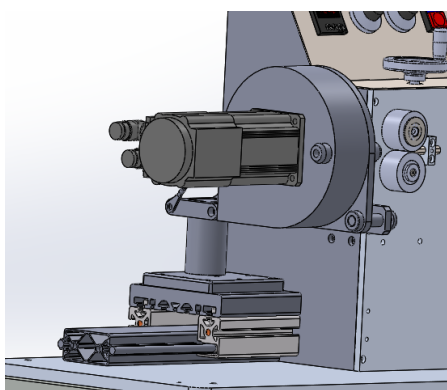


Figur 8 Koncept 4 snett framifrån.

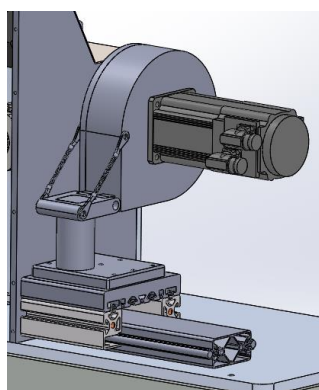


Figur 9 Koncept 4 snett bakifrån.

Koncept 5 är en kombination av koncepten 1,2 och 3 där tredje konceptets cylindriska form på lådan och fot användes medan förflyttningen skedde med tvåans rälssystem men av annan modell, se figur 10 och 11. För att sedan flytta den ur linjen användes första konceptets gångjärnsmodell i bakre kant på lådan med vajrar som håller den uppe före den blir placerad i låsningen. Konceptet skulle vara en bra modell om det vore så att det skulle behöva monteras något under klippenheten på samma monteringsyta men annars är det den modellen som har flest riskfaktorer. Bilaga 6 innehåller fristående och monterad modell av koncept 5.



Figur 10 Koncept 5 snett framifrån.



Figur 11 Koncept 5 snett bakifrån.

4.4 FMEA vid konceptgenerering

Som man kan läsa i teorin så handlar FMEA om en modell av riskanalys. Denna riskanalys gjordes för samtliga koncept före valet av konceptet gjordes. Med denna analys fick man en liten förståelse för hur fel det kan gå om konstruktören skulle missa någon viktig del av säkerhetsaspekten.

Eftersom det i detta fall fanns en CE-märkning och en hel del standarder att följa så blev aldrig riskerna så stora för de olika koncepten. Samtliga FMEA analyser utförda på de fem koncepten finns som bilaga 7.

4.5 SWOT-analys

Denna analys är gjord på de fem koncepten som är framtagna och är ett bra underlag till det kommande konceptvalet.

Tabell 2 SWOT-analys, koncept 1

| <u>S</u> | <u>W</u> | <u>O</u> | <u>T</u> |
|---------------------|----------------------|--|---|
| Stadig konstruktion | Många detaljer | Går att tillverka väldigt stadigt | Gasdämparen till tippfunktionen blir feldimensionerad |
| Gömd motor | Remdrift | Utforskning hur magneter kan tillämpas | Låsningarna för tippfunktionen inte håller |
| Lätt att justera | Svårt utförd service | | |

Tabell 3 SWOT-analys, koncept 2

| <u>S</u> | <u>W</u> | <u>O</u> | <u>T</u> |
|---------------------|---------------------------------------|---|--------------------------------|
| Mycket justering | Många detaljer | Användning av dragarenhetens hela hjulbredd | För många skarpa hörn och ytor |
| Stadig konstruktion | Många vred och hakar att fastna i | Magnetlåsningar kanske kan användas | |
| Enkel service | Måste sitta bultad i en stor plan yta | Modulsystem | |

Tabell 4 SWOT-analys, koncept 3

| <u>S</u> | <u>W</u> | <u>O</u> | <u>T</u> |
|---------------------|---|--------------------------------------|--|
| Väldigt få detaljer | Hackrören blir dyrare för de olika dimensionerna | Enkel anpassning till flera maskiner | Dålig låsning i bortvridet läge |
| Snygg design | Ingen justering | | Misstycke från operatörerna vid bruk tagning av ny modell av hackrör |
| | Hackrörsjusteringen i förhållande till rakblad Byte av hackrör | | |

Tabell 5 SWOT-analys, koncept 4

| <u>S</u> | <u>W</u> | <u>O</u> | <u>T</u> |
|-----------------------------|---------------------------------------|--|---|
| Relativt enkel konstruktion | Krävs noggranna säkerhetsbrytare | Använda magneter och se om teknologin lämpar sig | Klämrisk om elektromagneterna slås på vid fel tillfälle |
| Rengörs lätt | Tappar magnetisering vid strömavbrott | Kan konstrueras så den blir väldigt stadig | Smällande ljud om hacken dras i läge med magneterna |
| Stadiga låsningar | | | Magnetfälten som bildas stör annan utrustning |
| Enkel service | | | |

Tabell 6 SWOT-analys, koncept 5

| <u>S</u> | <u>W</u> | <u>O</u> | <u>T</u> |
|---------------------|---------------------------|-----------------------------------|--|
| Liten design | Skaderisk vid nedfällning | Kan appliceras till olika dragare | Haveri av vajrar vid nedvikning |
| Många standarddelar | Svår service | Billig lösning | Hacklådan blir för tung och kan inte opereras av alla operatörer |
| Stadiga låsningar | Saknas yttre låsning | | |
| | Inte snygg design | | |

Tabell 7 SWOT-analys, slutliga konceptet

| <u>S</u> | <u>W</u> | <u>O</u> | <u>T</u> |
|---------------------|---------------------------------------|---|---|
| Stadig konstruktion | Krävs noggranna säkerhetsbrytare | Går att tillverka väldigt stadigt | Magnetfälten som bildas stör annan utrustning |
| Gömd motor | Tappar magnetisering vid strömavbrott | Utforskning hur magneter kan tillämpas | Smällande ljud om hacken dras i läge med magneterna |
| Lätt att justera | Remdrift | Användning av dragarenhetens hela hjulbredd | |
| Mycket justering | | Kan appliceras till olika dragare | |
| Stabila låsningar | | Kan konstrueras så den blir väldigt stadigt | |

4.6 Konceptval

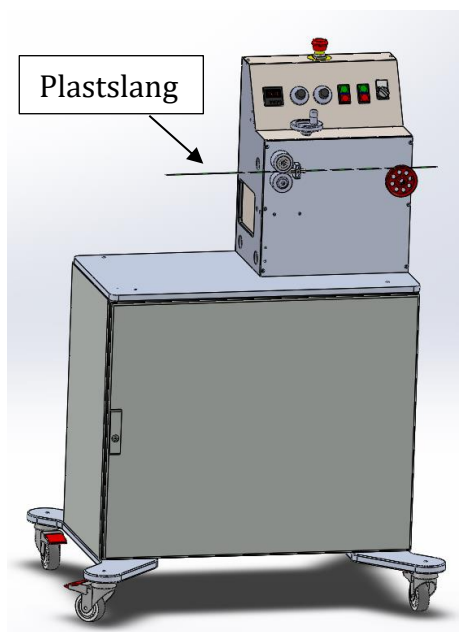
Mötet inledes med en presentation av ett koncept åt gången för de närvarande. Samtidigt förklarades de tankar och idéer som jag hade för respektive koncept med hjälp av SWOT- och FMEA-analys. När samtliga modeller var presenterade så gick personalen som var med på mötet igenom för- och nackdelar med de olika modellerna, där det rätt snabbt kom fram att ett transportband ganska ofta används vid produktion av längre produkter. Detta transportband visade sig vara så brett att motorplaceringen

på många av koncepterna tog upp detta bands plats. De anställda som var med på mötet ansåg att koncept ett och fyra var de som det skulle fokuseras mer på då dessa ansågs vara lättast att hålla rent och var minst otympliga i det fall att transportband skulle komma att användas. När det nu fokuserades mer på dessa två koncept så började idéerna och funktionaliteten växa. Detta resulterade i en kombination av koncept 1 och 4 där linjäraxlarna, kulbussningarna, motorplacering och skyddskåpa togs från första konceptet, medan magnetlåsningen för linjäraxlarna togs från det fjärde. Istället för att använda den oscillerande rörelsen som koncept fyra använder sig av så ska det ske linjärt med en trapetsskruv. Denna skruv ska stå för låsningen i denna rörelseriktning med ett stopp när den är i produktionsläget. Även ett stadigt stopp för rotationen av hackskivan när byte av rakblad ska utföras, skall konstrueras. Mötet gick precis som det var tänkt då de var personer från olika områden inom företaget och det kom därför fram många bra synpunkter som kanske inte skulle ha kommit fram på annat sätt.

Detta koncept blir nu nr 6 och kommer vara det som är säkert på alla sätt samt använda sig av enkla förflyttningsrörelser och låsningar.

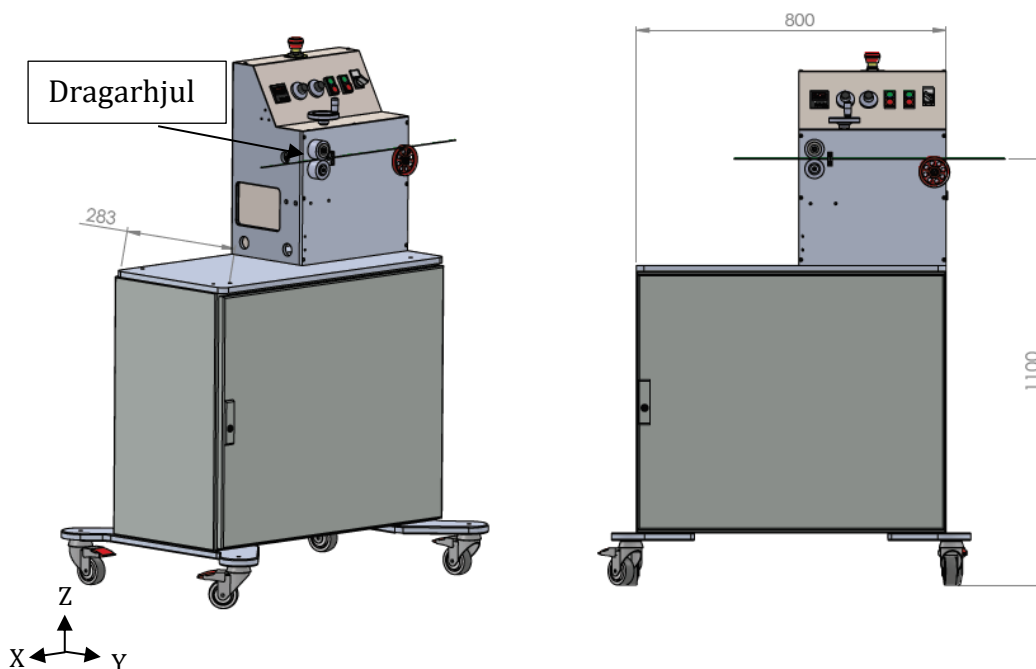
4.7 Valt koncept

Det koncept som nu har tagits fram med hjälp av analyser, observationer, personalkontakt och möten är det som kommer att beskrivas i detalj nedan. Eftersom Optinovas maskinlinjer är beroende av att alla maskiner i samma linje är på samma höjd, så har de valt en ergonomisk medelhöjd för sina anställda i vilken slangen extruderas (det klena gröna sträcket i figur 12), denna höjd är ca 1100 mm från golvet. Höjden är viktig då basen på vilken klippenheten byggs upp ifrån redan är satt, då den byggs från en av dragarenheterna som Optinova själva har konstruerat tidigare år, figur 12-13. Dragaren har i uppgift att dra slangen när den kommer ut ur extrudern så att den blir jämntjock och hålls rund. Dragaren består av två hjul som roterar mot varandra och ska både dra slangen från extrudern samt mata in den i klippenheten.



Figur 12 Endas dragare

För att en slang med liten diameter ska kunna klippas rakt av och snabbt, krävs det styrningar som håller slangen på plats samt ser till att slangen hålls rund, medan en tunn knivsegg skär av den.



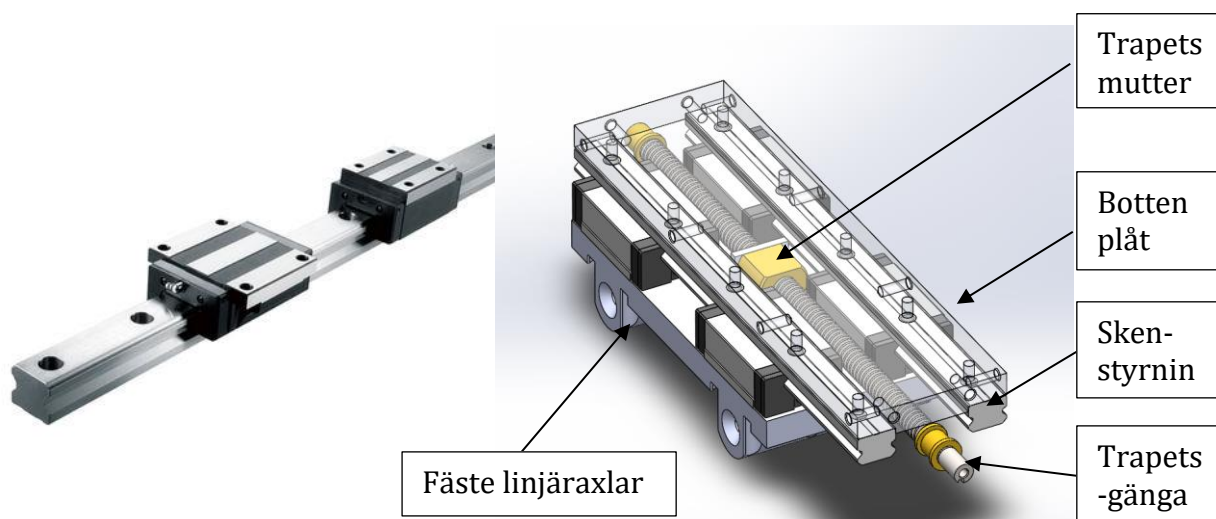
Figur 13 Dragare Basmått

Då detta koncept blev en helt ny konstruktion blev det enklast att börja om helt från början i ritprogrammet SW, samt ta hänsyn till konstruktions standarderna som hittas i teorin. Eftersom rörelsen fram och tillbaka (Y-riktning) var huvudsyftet med denna konstruktionsuppgift ansågs det som en bra startpunkt. Vid konceptgenereringen av det andra konceptet så kommer man i kontakt med skenstyrningar (figur 14) som är från ett företag vid namn Aluflex. Detta är ett företag som Optinova har införskaffat produkter från förut och det var därför dessa är tagna därifrån. Dessa skenstyrningar skulle nu placeras mellan linjäraxlarna och botten på hacklådan vilket skulle skapa den stadighet och rörlighet som krävs.

Då ett krav på att storleken skulle vara hanterbar själv, så blev det nu ett mål att få plats med så många komponenter som möjligt på så liten yta som möjligt. Som nämnt i konceptvalet så skulle en trapetsgंगा sköta förflyttningen och låsningen i denna rörelse. Då det skulle konstrueras så kompakt som möjligt så blev det att använda sig av en 12 x 3 mm grov trapetsgंगा samt mutter som precis fick plats mellan de båda skenstyrningarna av modellen MSB20S. Detta resulterade i en total bredd på 102 mm. Skenstyrningarna och gängan med mutter fästes sedan i bottendelen av hacklådan och fästet som linjäraxlarna skulle sitta i. Anledningen till att rälsen sitter i hacklådans

botten och vagnarna i fästet till linjäraxlarna och inte andra vägen är av rengöringsskäl och skaderisker som nämns i CE-märkningen i teorin. Om konstruktionen skulle ha varit konstruerad andra vägen kunde det ha resulterat i ett hål eller en svagare konstruktion. Hålet i sin tur skulle man då ha kommit åt med fingrarna vilket kunde ha resulterat i en klämning eller stukning vilket inte skulle ha godkänts enligt standarderna under kategorin klämrisk i samband med rörliga delar.

Det kunde också ha resulterat i ett ställe där smutspartiklar och slangrester kunde ha fastnat. Sådana orenligheter tillåter inte renrumstandarden ISO 14644. Figur 15 beskriver grunden från var det slutliga konceptet är byggt från.

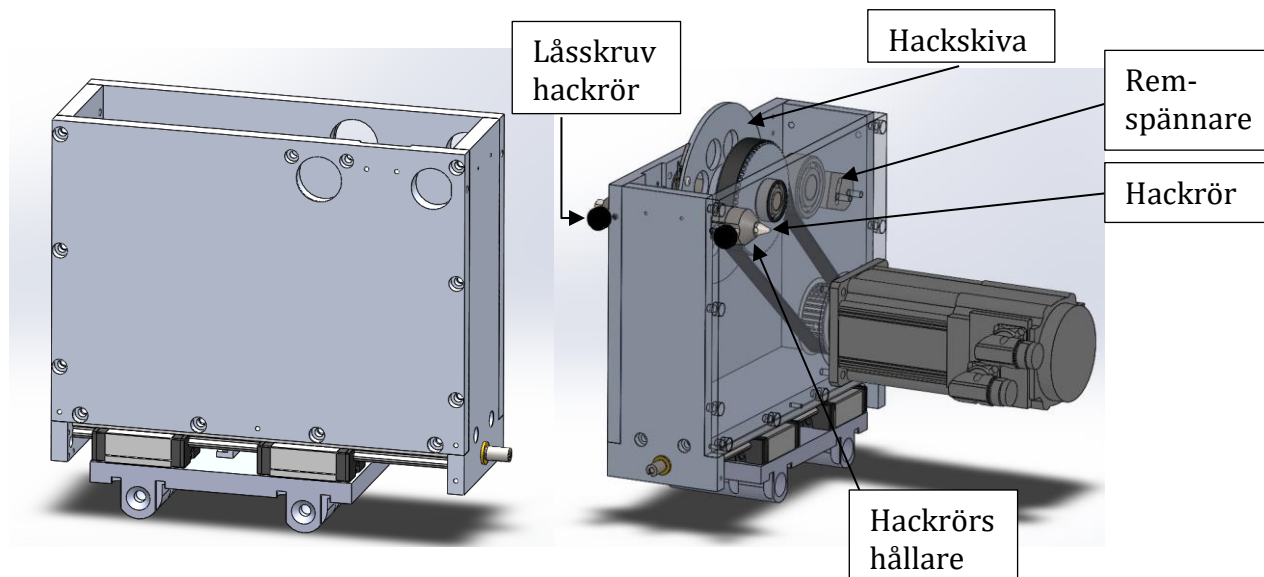


Figur 14 Skenstyrning, www.aluflex.se

Figur 15 Justeringen i Y-led

Grunden till det nya konceptet var nu gjord. Från den byggdes det nu upp en låda av aluminiumplåtar i vilken själva slangklippningen skulle ske (figur 16). Styrningarna för slangen var de nästa moment som skulle placeras ut i konstruktionen. Slangstyrningarna är små axlar med ett toleranssatt, runt genomgående hål vars ena ända måste placeras så nära dragarhjulen som möjligt och den andra så nära knivseggen som bara möjligt så att inte slangen veckar sig. Dessa styrningar sitter i en hållare som i sin tur går genom lådan och är fastskruvad med stoppskruvar, figur 17. Flera saker som skulle få plats i lådan var bland annat en skiva på vilken knivseggen är monterad, i detta fall rakblad. Andra viktiga saker som skulle få plats i lådan var drivremmen med tillhörande drivhjul, en remspännare samt några givare och säkerhetsbrytare. Rem och remhjul användes till att överföra servomotorns roterande rörelse till "hackskivan" (den tunna aluminiumskiva som rakbladen sitter monterade

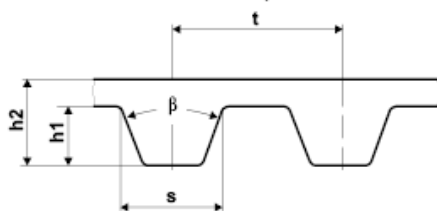
på). Rem och hjul togs från ett företag som heter Mekanex och remmodellen är av AT modell, vilken är en sådan modell att tänderna på remhjulen är rundade istället för att remmen ska vara det, figur 18. Varför valet av rem föll på just AT modell var för att den håller bäst för sin storlek. Optinova har tidigare haft problem med att tänderna på de andra remmodellerna slets loss under produktion, vilket inte fallet varit för AT modellen. Motorn är av el servo typ och är utanför avgränsningen på detta arbete. Därav används samma motor som företaget använt sig av i deras tidigare konstruktion, vilken är en Lenze MCS 09L41 som har en effekt på 1,9 kW samt ett maxvarvtal på 4050 r/min. Eftersom motorn mera är beroende av snabba hastighetsvariationer och inte så mycket av max varvtalet är utväxlingen inte så stor. Valet av dimensionerna på remhjul hade mera med vad som passade och så stort som fick plats, men ändå inte för stort då det ökar rotationsmassan på hackaxeln. Stora hjul förlänger också livet på remmen då den inte böjs lika mycket.



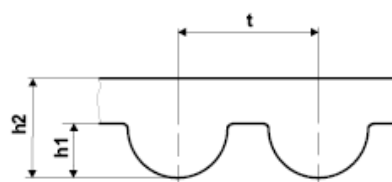
Figur 16 Tom klippenhetslåda

Figur 17 Hackmekaniken på plats

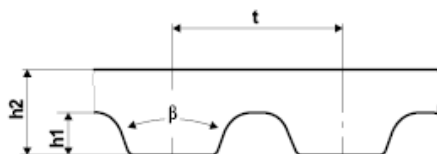
KUGGREMSPROFIL XL, L OCH T



KUGGREMSPROFIL HTD



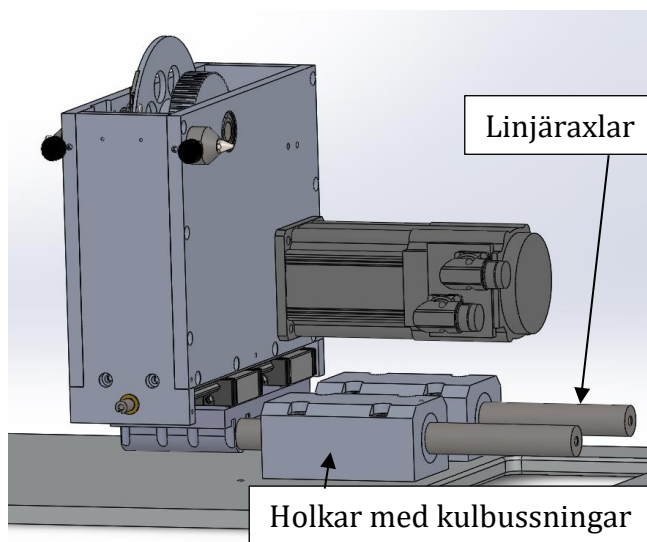
KUGGREMSPROFIL AT



Figur 18 Kuggremsprofiler <https://www.mekanex.se/produkter/komponenter/kuggremsdrifter/>

Hackskivans placering i lådan blev i mitten och så långt fram mot hackrören som möjligt men inte så långt fram att det försämrade justeringsmöjligheten av hackrören mot rakbladen. Den designades även för att passa in i standarden för service och underhåll. Servicepersonalen skulle enkelt få dit sina verktyg och händer för att kunna låsa skivan när byte av rakblad skulle ske eller annan möjlig service.

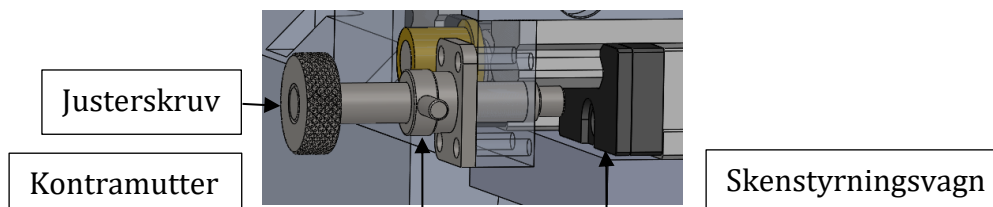
Själva funktionen av maskinen var nu konstruerad, därför var det nu lämpligt att anpassa följande funktion, vilken var linjärxlarna från koncept 1. Axlarna som användes i koncept 1 hade en diameter på 30 mm vilket konstaterades vara för grovt i detta fall då det störde hålplaceringen för att få fast skenstyrningarna i plattan. Därav minskades den delen av axlarna som går in i understa fästet, ner till 20 mm och resterande av axlarna till 25 mm. Dessa axlar löper sedan i kulbussningar som levereras färdigt i holkarna som syns i figur 18. Orsaken till att det valdes kulbussningar istället för vanliga runda bussningar var för att friktionen är lägre. De nöts inte lika fort och de förblir väldigt stadiga. Dessa kulbussningar är av märket Dr. Tretter, vilket är ett märke som Aluflex även säljer.



Figur 18 Linjärxlar och Holkar

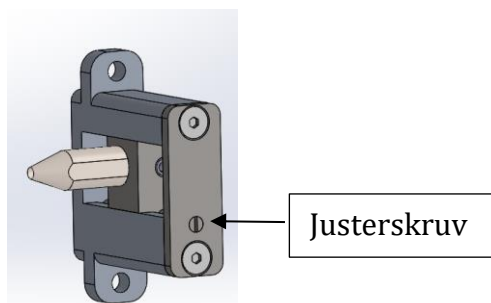
Tanken är nu att det är en trapetsgånga som ska justera hacken i Y-riktning, vilket redan tidigare har beskrivits. Eftersom det nu går att använda hela dragarhjulets bredd, så måste det gå att flytta undan hacken multipla gånger utan att behöva linjera upp hackrören med justeringen som kommer att placeras före dragarhjulen. Denna förflyttningsegenskap passar sig bra då Optinova kör mycket slang dygnen genom, vilket tidigare har lett till att dragarhjulen endast har blivit nötta på bara ett ställe och därför varit tvungna att bli utbytta. Med denna modell finns plötsligt möjligheten att nöta ner hela hjulets bredd innan det behöver bytas.

Stoppjusteringen kommer att placeras i bakkant på lådan då det var det ställe där den var så lite i vägen som möjligt. Skruven kommer sitta genom ett frigående hål genom bakre gaveln, men sitta skruvad genom en fyrkantig mutter och kontramutter som i sig sitter bultade i gaveln, figur 19. Som man kan se i figur 19 kommer bulten att stoppa mot ena skenstyrningsvagnen.



Figur 19 Stoppjustering Y-led

För att kunna använda nästan hela dragarhjulens bredd så skulle även styrningen före dragarhjulen vara justerbar. Modellen som togs fram syns i figur 20 och består av en aluminiumkropp, i vilken det är två spår, i vilka mittendelen löper med hjälp av en justerskruv. Justerskruven är den spårskalle som syns nertill på täckplåten. Skruven sitter mellan kroppen och täckplåten för minimalt spel och kan därav hålla positioneringen av slangen.



Figur 20 Lägesjustering före dragarhjul

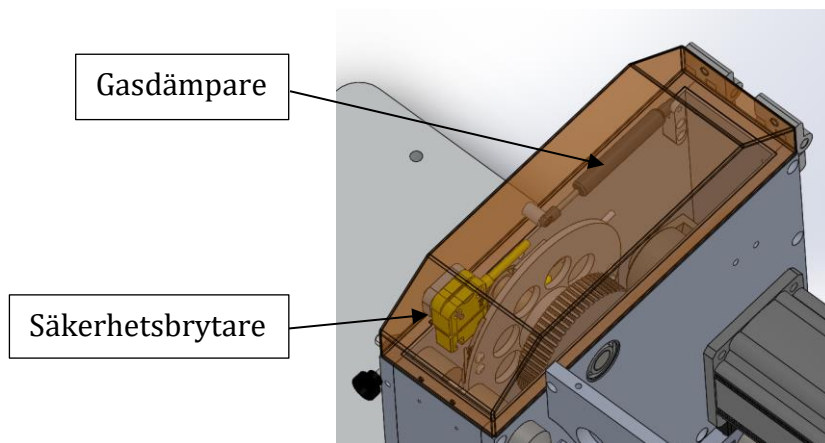
Justering och stoppet i Y-riktning var nu konstruerat. Då kändes det som att färdigställa lådan var en strategiskt smart strategi. Det som nu var kvar att sätta in i lådan var låsningen av hackskiva vid service, varvtalsgivare, skyddskåpa och säkerhetsbrytare. Låsningen blev en ganska enkel modell och består av två hål i hackskiv saxeln, vilka är satt så att rakbladen inte blir helt i linje med dessa utan 30° vridna, vilket underlättar service. För att ha någon användning av dessa hål, monterades ett block med hål i, på inre sidan av lådan. För att låsa den roterande

rörelsen krävdes det nu endast en axel genom båda hålen vilken är fast på utsidan av skyddskåpan i figur 28.

Varvtalsgivaren sitter också monterad på samma lådsida som stoppblocket och använder sig av en av de fyra bultskallarna som håller fast hackskivan för att mäta rotationshastigheten. Denna skalle har några brickor emellan för att få givaren att endast avläsa denna. Hastighetsgivaren är av modellen Turck BI7 och är en rektangulär induktiv givare med ett brytningsavstånd på 7mm (Turck, 2018). Denna modell av givare är bekant för Optinova sedan tidigare och används i deras tidigare klippenheter.

Eftersom hackskivan ibland kommer rotera med hög hastighet och består av rakblad så är ett lock på lådan ett måste samt olika modeller av säkerhetsbrytare. Detta stärks av flera standarder som refererar till olika säkerhetsaspekter. Locket är en så enkel modell som möjligt med tanke på att ha så få skarpa kanter som möjligt enligt CE-märkningen. I locket sitter ena delen av säkerhetsbrytaren, manöverdonet, och i lådan sitter brytaren för att så snabbt som möjligt stanna rotationen vid öppnandet av locket. Säkerhetsbrytaren är av magnetisk typ från ett företag som heter Pilz, vilka är stora inom givarteknik världen över. Brytaren som används är från serien PSEnMag och bryter redan när det blir mer än 3 mm mellan manöverdonet och brytaren (Pilz, 2018), figur 21. Eftersom dessa bryter så tidigt så resulterar detta i att luckan knappt kan öppnas innan motorn slås av. Skulle dock dessa få något problem och sluta fungera så är det ett fysiskt stopp monterat på dragaren som sticker ut över locket, ses i figur 28.

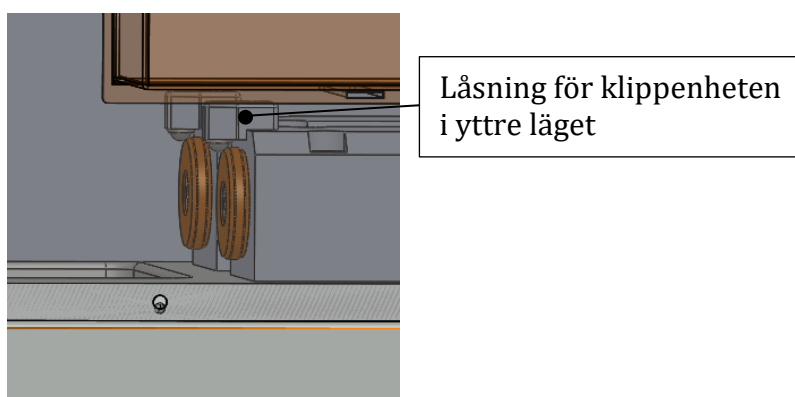
Skyddslocket sitter fast med gångjärn i bakre gaveln och har en gasdämpare monterad på insidan som hjälp för att öppna upp och sedan hålla locket öppet (figur 21). Låsningen av locket sker med ett litet exenterlås i framkant, se figur 28.



Figur 21 Skyddskåpa över hack

Optinova har inte så mycket erfarenhet av magneter och tyckte därför att koncept 4 var intressant. Därav kommer låsningen av linjäraxlarna i driftläge bestå av elektromagneter. Magneterna kan skapa klämskada på personal om de får magnetisering vid fel tillfälle och det är därför extra viktigt att standarderna enligt elektriskt styr/funktionssätt används.

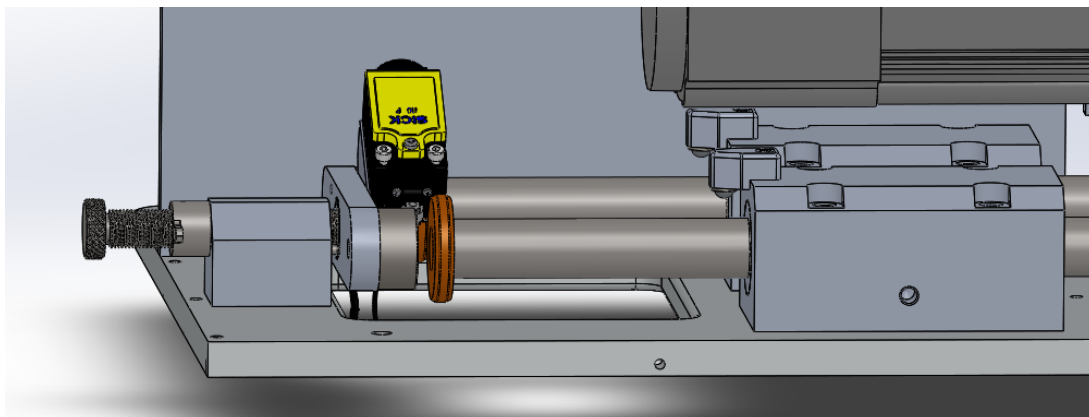
I det yttre läget däremot, hade Optinova haft problem med deras tidigare modell. Servomotorns kablar hade dragit in hacken i driftläge fastän den inte skulle vara det. Detta fenomen löstes med att när hacken förs ut fullt så går de orangea brickorna i figur 22 förbi fjädrade kulor som låser dem mot kulbussningarna.



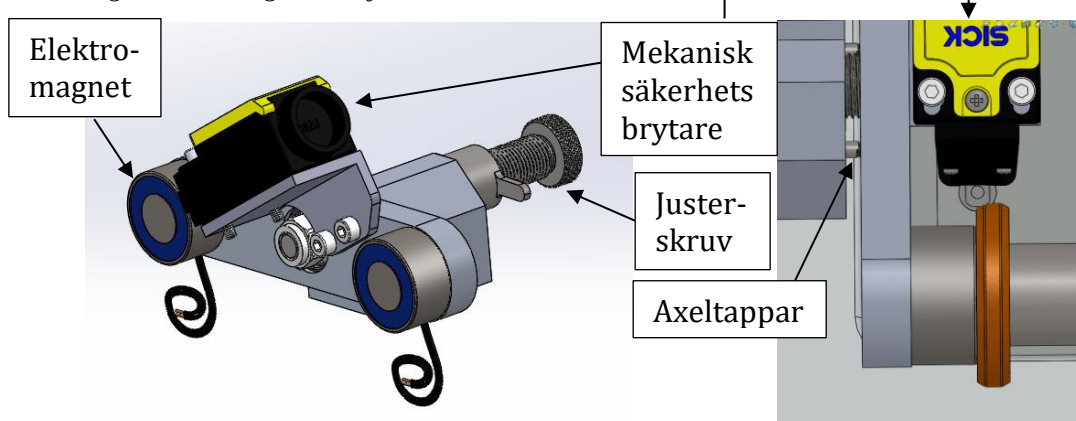
Figur 22 Låsningar i yttre position

Magnetlåsningsen och justeringen för linjäraxlarna d.v.s. X-riktning för hacklådan, konstruerades som en egen konstruktion. Denna konstruktion syns i figur 24 och består av två elektromagneter med en statisk lyftkraft på 18 kg vardera. Magneterna är tagna från Highcap (Highcap, 2018) då de hade lämplig diameter och inte var så höga, då så mycket plats som möjligt skulle användas till justering och X-rörelse. Justerskruven, kontramuttern och holken som den sitter gängad i finns också med i figur 24. Dessa komponenter sköter själva längdjusteringen och håller även magneterna på plats. För att plattan som magneterna sitter monterade på, inte ska rotera utan bara röra sig in och ut när justerskruven skruvas på, så sitter denna platta på ett lager på justerskruven och axeltappar som går in i holken. Dessa syns det lite av i figur 25. Sista delen som låsningen består av är en mekanisk rullbrytare som sitter precis vid magneterna och tanken med denna är att det inte ska finnas någon möjlighet att koppla på elektricitet till magneterna innan hacken är förd helt emot magneterna. Denna funktion finns endast för att eliminera klämrisk. Brytaren är en modell från företaget Sick, som precis som Pilz, är världsledande på givarteknik. Modellen på brytaren är

elektromekanisk säkerhetsbrytare i10P (Sick, 2018). Denna konstruktion ses i figur 24 på sin rätta plats i maskinen och hur brytaren är tänkt att fungera i figur 23.



Figur 23 Låsningar av linjäraxlar

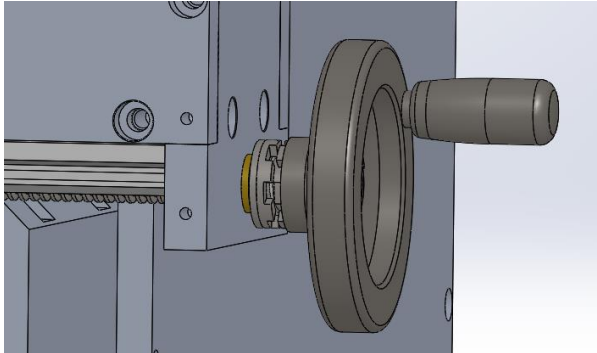


Figur 24 Magnetlåsningsjusteringen

Figur 25 Mekanisk brytare till magnetlåsnings

För att kunna skruva på trapetsgången så att lådan skulle röra sig, så krävdes det någon form av ratt eller vred. Då stigningen på skruven endast är 3 mm och fulla rörelsen är 88 mm resulterade det i att skruven måste snurras ca 29 varv från ända till ända, vilket skulle bli jobbigt om ett enkelt vred skulle användas. Det valdes alltså att använda en ratt med handtag för att göra förflyttningen av lådan så enkel som möjligt. Möjligheten att stöta till rattens handtag medan maskinen var i drift blev nu ett problem, då detta skulle resultera i att lådan skulle flytta på sig. Detta löstes med samma modell av frikoppling som vissa metalbearbetningsmaskiner använder. Frikopplingen bygger på en klokopplings liknande modell, det vill säga två flänsar som passar in i varandra på ett visst sätt. Dessa flänsar hålls ifrån varandra med en fjäder när inte rattan används, vilket resulterar i att rattan kan rotera fritt utan att skruven roteras.

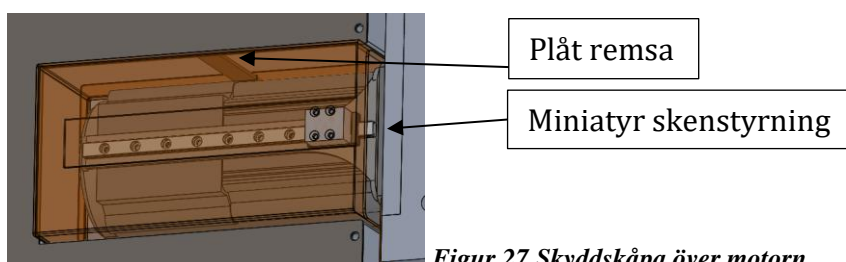
Nedan visar figur 26 en tydlig bild av kopplingen och ratten som i figuren är den minsta möjliga på bara 80mm i diameter och tagen från Eugen Wiberger AB, vilket är ett svenskt företag som säljer maskinelement (Eugen Wiberger, 2018).



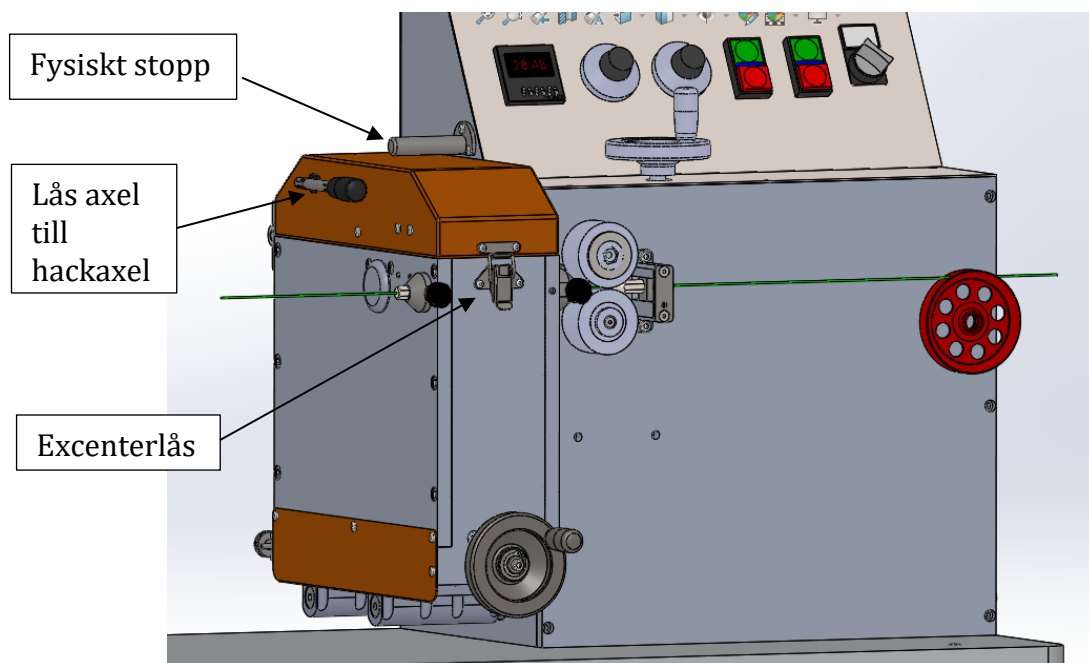
Figur 26 Frilöpande justerings ratt

I denna konstruktion har det ännu inte fokuserats så mycket på skyddskåpor men de har alltid tagits i beaktande. I och med att detta har tagits i beaktande ända sen början så gick det enkelt att konstruera dessa skydd. De orangea plåtarna i nedre kant på lådan, som syns i figur 28, är bara släta plåtar med en dubbelbockad nedre kant så att inte personalen skall kunna skada sig. Det andra orangea skyddet som syns till höger i figur 29 täcker över längdjusteringsskruven i X-led. Detta konstruerades med så få skarpa kanter som möjligt, då det sticker ut från maskinen och kan skapa allvarliga skador om någon ur personalen skulle falla på det. Skyddet sitter fast i dragaren med ett återfjädrande gångjärn som gör att varje gång man har justerat klart, så faller skyddet tillbaka på sin plats.

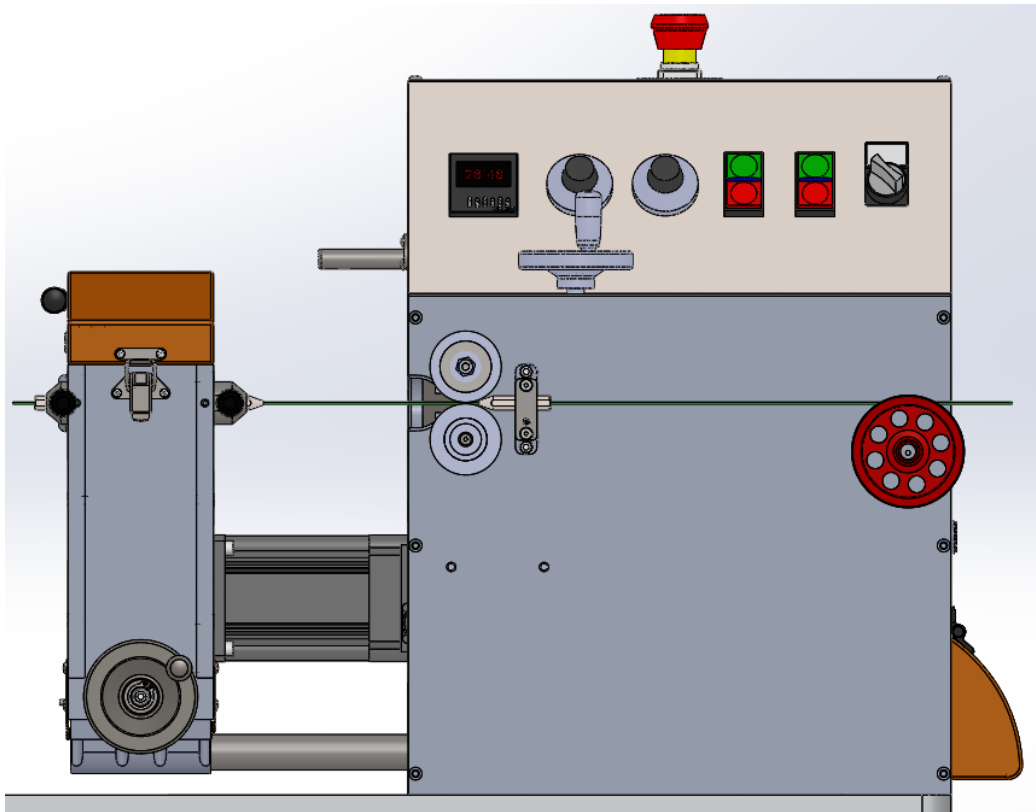
Det sista skyddet som blev konstruerat är det som skyddar servomotorn. Då den går ut genom baksidan av dragarlådan, resulterade detta i ett rörligt skydd, eftersom skyddet inte bara skulle täcka över motorn utan även förhindra obehörig personal att få tillträde direkt in i dragarlådan när klippenheten var fullt utdragen i Y-led. Skyddet monterades därför på en miniatyrskenstyrning som i sin tur satt fast på motorn, vilket resulterade i att skyddet for fram och tillbaka när lådan justerades i Y-led (figur 27). För att inte skyddet skulle följa med ut när lådan förflyttades i X-led så sattes det in två plåtremsor från dragarens bakplåt genom två avlånga hål i skyddets inre bockade kant, som syns i mitten av övre kant i figur 27. Resultatet av det här blev att skyddet endast kunde röra sig i Y-led men lådan kunde fortfarande röra sig i X-led.



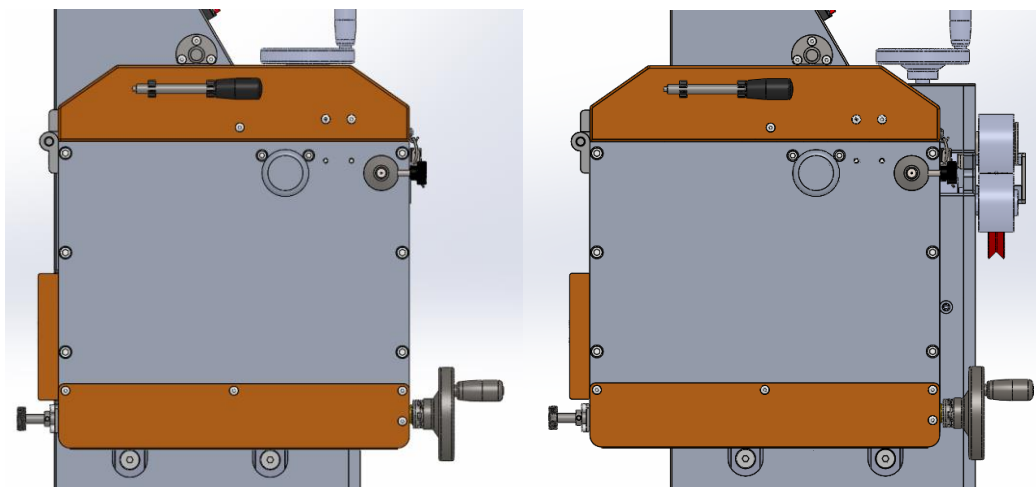
Figur 27 Skyddskåpa över motorn



Figur 28 Färdig konstruktion



Figur 29 Klippenhet fullt utdragen



Figur 30 Klippenhet i produktion och borta ur produktion

5 Diskussion

I diskussionen tas de problem och klurigheter som har förekommit vid konstruktionen av slangklippningsmaskinen upp och vad som kan fortsätta utvecklas. Detta kapitel tar också upp egna åsikter och reflektioner kring uppgiften.

5.1 Problemområden, vidareutveckling

Vid tillfället som denna uppgift tilldelades mig så var jag lite för ivrig och började direkt med att konstruera de olika koncepten efter en liten kort rundtur i Optinovas fabrik. Detta, som är beskrivet i teorin, blev fel väg att börja då det troligtvis skulle ha lönat sig att samla mer fakta direkt och på det sättet klarat sig med färre koncept. En av processerna i produktutveckling, där det märktes bra att det skulle ha varit en fördel med flera personer samlade på samma gång, var under brainstormingen. Brainstorming har inte samma effekt när man sitter själv och funderar medan man konstruerar i SW. Detta löstes i ett senare tillfälle då det slutliga projektet valdes och det var många olika parter på plats med många olika idéer.

Eftersom detta arbete enbart går ut på att konstruera ett 3D koncept i ett CAD program så fanns det såklart lite motgångar i att använda programmet också. SW hade jag bekantat mig lite med tidigare, så de vanligaste kommandona var det inga större problem med, men när man någon gång hamnade ut för något som var lite mer komplicerat så fastnade man snabbt. Många av problemen löste jag på egen hand och resten fick jag hjälp med av handledaren på Optinova.

Risکانalyserna (FMEA) på de olika koncepten var också en väldigt tung uppgift som bestod av väldigt svåra uppskattningar av vad personal kan skada sig på eller bli skadade av. Eftersom detta är del av utvecklingsprocessen inom företag och det är personer som har många års erfarenheter som oftast gör dessa uppskattningar, så var det inte det lättaste för mig utan erfarenhet inom området. Det som var svårast var att jag helt måste stänga av mitt sunda förnuft och tänka som att jag skulle gå runt och försöka använda maskinerna på helt fel sätt. Därav försökte jag sikta högre med risktalen än vad de kanske egentligen är, bara för att ha en viss säkerhetsmarginal.

För att ha ett bra underlag för min tanke över hur varje koncept skulle fungera vid konceptvalsmötet så gjordes det en SWOT-analys på varje koncept. Denna analys visade sig vara svårare att göra än det var tänkt, då jag insåg att den inte egentligen anpassade sig så bra på maskiner inom ett företag, utan mer på personer och hela företag. Men med små justeringar av gränserna på analysen så resulterade det i en komplett SWOT-analys.

I detta arbete har det inte utförts några beräkningar eller analyseringar av material, utan bara förlitats på tidigare erfarenheter och överdimensionering, därav kan jag bara

utgå ifrån att alla de delar som ska vara stadigt konstruerade verkligen är det. Detta är en sak som man skulle kunna vidareutveckla och säkert minska vikten på maskinen, så att den skulle vara ännu enklare att flytta.

En annan sak som också skulle underlätta arbetet är om rörelserna skulle utföras med automation, men då höjs riskerna, vilket resulterar i att skyddsanordningarna måste utökas och troligtvis göra maskinen mindre användarvänlig.

Användningen av standarderna i detta arbete kunde ha gjorts bättre genom att sätta sig djupare in i helhet i vad varje standard innehöll. För tillfället så är det bara sammanfattningar av varje standar som har används till konstruktionen som riktlinjer.

5.2 Sammanfattning

Uppgiften har varit en riktig ögonöppnare angående vad det är man kan arbeta med som konstruktör i ett företag som ständigt utvecklas. Det krävdes mycket mer kreativitet än vad jag själv hade och det var därför bra att börja projektet på plats, på företaget, omgiven av kunnig och erfaren personal som gärna ville hjälpa till i mitt arbete.

Jag vill därför rikta ett stort tack till Optinovas utvecklingsavdelning som gav mig möjligheten att utföra detta arbete och ett ännu större tack till min handledare Sebastian Englund som har hjälpt mig med de saker som har varit svåra att lösa själv samt svarat på de frågor jag haft. Jag vill även tacka Kenneth Ehrström som har varit handledare från skolans sida och hjälp mig att styra upp arbetet.

6 Källor

Eppinger, S. & Ulrich, K., 2014. *Produktutveckling : konstruktion och design*. Lund: Studentlitteratur.

Eugen Wiberger, 2018. *Rattar*. [Online]
Available at: <https://www.wiberger.se/templates/gn323.htm>
[Använd 15 12 2018].

Expertvalet, 2017. *Vad är en SWOT-analys?*. [Online]
Available at: <https://www.expertvalet.se/blogg/2014/08/vad-ar-en-swot-analys>
[Använd 11 10 2018].

Gillard, 2018. *About Us*. [Online]
Available at: <https://www.gillardcutting.com/>
[Använd 8 11 2018].

Highcap, 2018. *Elektromagneter*. [Online]
Available at: <https://highcap.se/magneter/elektromagneter/elektromagnet-18-kg-34x18-mm-12-volt-01319.html>
[Använd 14 12 2018].

Johannesson, H., Persson, J.-G. & Petterson, D., 2013. *Produktutveckling : Effektiva metoder för konstruktion och design*. Stockholm: Liber.

Pilz, 2018. *Pilz PSEnMag*. [Online]
Available at: <https://www.pilz.com/sv-SE/eshop/0010600221704580GI/PSEnMag-for-electronic-electromechanic-relays#components>
[Använd 14 12 2018].

Pilz, 2018. *Säkerhetsbrytare*. [Online]
Available at: <https://www.pilz.com/sv-SE/products-solutions/sensor-technology/safety-switches>
[Använd 08 11 2018].

Polyfluor, 2018. *Polyfluor*. [Online]
Available at: <http://www.polyfluor.nl/>
[Använd 24 11 2018].

SFS, 2001. *SFS-EN ISO 10075-2*. [Online]
Available at:
<https://online.sfs.fi/en/index/tuotteet/SFS/CENISO/ID2/1/11409.html.stx>
[Använd 25 03 2019].

SFS, 2005. *SFS-EN ISO 14644-7*. [Online]
Available at:
<https://online.sfs.fi/en/index/tuotteet/SFS/CENISO/ID2/1/12480.html.stx>
[Använd 25 03 2019].

SFS, 2006a. *SFS-EN ISO 14644-3*. [Online]
Available at:
<https://online.sfs.fi/en/index/tuotteet/SFS/CENISO/ID2/1/12476.html.stx>
[Använd 25 03 2019].

SFS, 2006b. *SFS-EN ISO 14644-5*. [Online]

Available at:

<https://online.sfs.fi/en/index/tuotteet/SFS/CENISO/ID2/1/12478.html.stx>
[Använd 25 03 2019].

SFS, 2008a. *SFS-EN 349*. [Online]

Available at:

<https://online.sfs.fi/en/index/tuotteet/SFS/CEN/ID2/3/112110.html.stx>
[Använd 25 03 2019].

SFS, 2008b. *SFS-EN ISO 13857*. [Online]

Available at:

<https://online.sfs.fi/en/index/tuotteet/SFS/CENISO/ID2/1/106113.html.stx>
[Använd 25 03 2019].

SFS, 2009a. *SFS-EN 614-1*. [Online]

Available at:

<https://online.sfs.fi/en/index/tuotteet/SFS/CEN/ID2/6/124373.html.stx>
[Använd 25 03 2019].

SFS, 2009b. *SFS-EN 614-2*. [Online]

Available at:

<https://online.sfs.fi/en/index/tuotteet/SFS/CEN/ID2/6/124374.html.stx>
[Använd 25 03 2019].

SFS, 2009c. *SFS-EN 1005-1*. [Online]

Available at:

<https://online.sfs.fi/en/index/tuotteet/SFS/CEN/ID2/1/121775.html.stx>
[Använd 25 03 2019].

SFS, 2009d. *SFS-EN 574*. [Online]

Available at:

<https://online.sfs.fi/en/index/tuotteet/SFS/CEN/ID2/5/117074.html.stx>
[Använd 25 03 2019].

SFS, 2010a. *SFS-EN ISO 12100*. [Online]

Available at:

<https://online.sfs.fi/en/index/tuotteet/SFS/CENISO/ID2/1/164706.html.stx>
[Använd 25 03 2019].

SFS, 2010b. *SFS-EN ISO 13855*. [Online]

Available at:

<https://online.sfs.fi/en/index/tuotteet/SFS/CENISO/ID2/1/150873.html.stx>
[Använd 25 03 2019].

SFS, 2010c. *SFS-EN ISO 11688-1*. [Online]

Available at:

<https://online.sfs.fi/en/index/tuotteet/SFS/CENISO/ID2/1/140027.html.stx>
[Använd 25 03 2019].

SFS, 2011a. *SFS-EN ISO 14644-4*. [Online]

Available at:

<https://online.sfs.fi/en/index/tuotteet/SFS/CENISO/ID2/1/170388.html.stx>
[Använd 25 03 2019].

SFS, 2011b. *SFS-EN ISO 14644-6*. [Online]
Available at:
<https://online.sfs.fi/en/index/tuotteet/SFS/CENISO/ID2/1/170387.html.stx>
[Använd 25 03 2019].

SFS, 2012. *SFS-EN 13861*. [Online]
Available at:
<https://online.sfs.fi/en/index/tuotteet/SFS/CEN/ID2/1/177431.html.stx>
[Använd 25 03 2019].

SFS, 2013a. *SFS-EN ISO 14644-8*. [Online]
Available at:
<https://online.sfs.fi/en/index/tuotteet/SFS/CENISO/ID2/1/231308.html.stx>
[Använd 25 03 2019].

SFS, 2013b. *SFS-EN ISO 14644-9*. [Online]
Available at:
<https://online.sfs.fi/en/index/tuotteet/SFS/CENISO/ID2/1/222543.html.stx>
[Använd 25 03 2019].

SFS, 2013c. *SFS-EN ISO 14644-10*. [Online]
Available at:
<https://online.sfs.fi/en/index/tuotteet/SFS/CENISO/ID2/1/231312.html.stx>
[Använd 25 03 2019].

SFS, 2014. *SFS-EN ISO 14119*. [Online]
Available at:
<https://online.sfs.fi/en/index/tuotteet/SFS/CENISO/ID2/1/241955.html.stx>
[Använd 25 03 2019].

SFS, 2016a. *SFS-EN ISO 14120*. [Online]
Available at:
<https://online.sfs.fi/en/index/tuotteet/SFS/CENISO/ID2/1/412826.html.stx>
[Använd 25 03 2019].

SFS, 2016b. *SFS-EN ISO 13849-1*. [Online]
Available at:
<https://online.sfs.fi/en/index/tuotteet/SFS/CENISO/ID2/1/410492.html.stx>
[Använd 25 03 2019].

SFS, 2016c. *SFS-EN ISO 14122-1*. [Online]
Available at:
<https://online.sfs.fi/en/index/tuotteet/SFS/CENISO/ID2/1/417155.html.stx>
[Använd 25 03 2019].

SFS, 2016d. *SFS-EN ISO 14644-1*. [Online]
Available at:
<https://online.sfs.fi/en/index/tuotteet/SFS/CENISO/ID2/1/400487.html.stx>
[Använd 25 03 2019].

SFS, 2016e. *SFS-EN ISO 14644-2*. [Online]
Available at:
<https://online.sfs.fi/en/index/tuotteet/SFS/CENISO/ID2/1/400121.html.stx>
[Använd 25 03 2019].

SFS, 2017. *SFS-EN ISO 10075-1*. [Online]

Available at:

<https://online.sfs.fi/en/index/tuotteet/SFS/CENISO/ID2/1/599208.html.stx>

[Använd 25 03 2019].

SFS, 2018. *SFS-EN 60204-1*. [Online]

Available at:

<https://online.sfs.fi/en/index/tuotteet/SFSsahko/CENELEC/ID2/6/712944.html.stx>

[Använd 25 03 2019].

SFS, 2019. *Finlands standardiseringsförbund*. [Online]

Available at: <https://www.sfs.fi/>

[Använd 13 02 2019].

Sick, 2018. *Elektromekaniska säkerhetsbrytare*. [Online]

Available at: <https://www.sick.com/fi/sv/saekerhetsbrytare/elektromekaniska-saekerhetsbrytare/i10p/c/g195504>

[Använd 14 12 2018].

SIS, 1998. *SS-EN 953*. [Online]

Available at: <https://www.sis.se/produkter/miljo-och-halsoskydd-sakerhet/maskinsakerhet/ssen953/>

[Använd 25 03 2019].

SIS, 2005. *SS-EN 62061*. [Online]

Available at: <https://www.sis.se/produkter/miljo-och-halsoskydd-sakerhet/maskinsakerhet/ssen62061/>

[Använd 25 03 2019].

SIS, 2019. *Swedish standards institute*. [Online]

Available at: <https://www.sis.se/>

[Använd 13 02 2019].

Stoor, J.-O., 2011. *Give2all*. [Online]

Available at: <http://www.wcbbf.org/10/2012/12/hur-en-brytare-fungerar.html>

[Använd 9 11 2018].

Swedish standards institute, 2016. *SS-EN ISO 14644*, u.o.: u.n.

Swedish standards institute, 2018. *CE-märkning*. [Online]

Available at: <https://www.sis.se/standarder/ce-markning/>

[Använd 11 10 2018].

Turck, 2018. *Turck*. [Online]

Available at: <http://pdb2.turck.de/se/DE/products/0000000000031ba00003003a>

[Använd 14 12 2018].

Bilaga 1

Utveckling av ny hackenhet

Examensarbete, Robin Nylund

Samtliga svar kommer att vara anonyma och kommer endast att användas vid konceptgenerering.

1. Beskriv positivt och negativt med befintliga hackar.

Lätt använd och lätt att sätta ihop samt ställa in. Dock lite svårt att hålla längden samt små buggar i mjukvaran.

2. Hur mycket förflyttning av hacken krävs (i samtliga riktningar) för att det ska vara bekvämt vid användning?

Tillräckligt att man kan komma in med händerna och fixa hackrör samt byta brett utan att något är i vägen.

3. Fungerar hackrören eller ska de göras enklare?

Fungerar bra!

4. Fastsättning av rakblad, fungerar befintliga eller ska de göras på annat sätt?

Två bultar så man alltid får samma vinkel på hacksnitten. (H14 samt H19 har ej denna funktion)

5. Förslag på hur man kan motverka skärsår vid byte av skärblad.

Låsning till hackarmen så den ej kan röra sig, många skador kommer när man skall släppa på skruvarna och inte är vaksam så kan armen glida iväg och skära en

6. Låsning vid förflyttning, vilka är bekvämast att använda / förslag på andra modeller?

Hjul med en "låsning" som går ner i golvet och lyfter upp den lite så hjulen inte tar i golvet. nuvarande system med pallyft fungerar bra med!

7. Vilka ljud från maskinen är mest monotona? Motorn eller andra?

Motorn men det är minimalt.

8. Ergonomin vid de befintliga hackarna. Vad är bra, vad är dåligt?

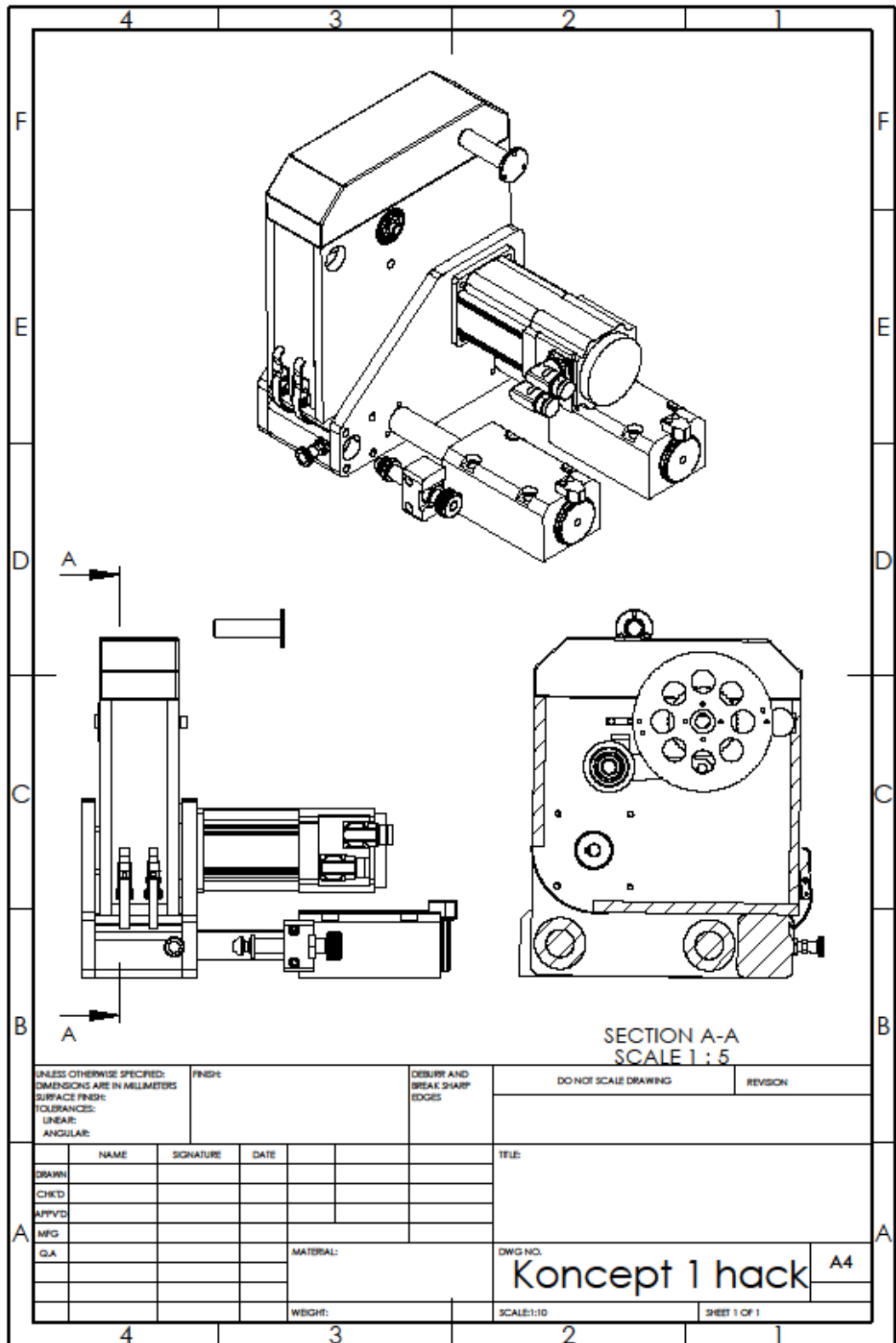
Bra höjd som dom är nu (Inne på termo) Inget dåligt att säga om det.

9. Egna idéer till framtagning av en ny modell av hackenhet.

Enkel meny samt ett ordentligt räkneverk. gärna med någon form av indikation när påsen är klar. tex lampa som blinkar när den hackat 500st.

Svar via mail den 20.09.2018 av en anställd på Optinova.

Bilaga 2



Bilaga 3

4 3 2 1

F

E

D

C

B

F

E

D

C

B

UNLESS OTHERWISE SPECIFIED:
DIMENSIONS ARE IN MILLIMETERS
SURFACE FINISH:
TOLERANCES:
LINEAR:
ANGULAR:

FINISH:

DEBURR AND
BREAK SHARP
EDGES

DO NOT SCALE DRAWING

REVISION

| NAME | SIGNATURE | DATE | | | TITLE: |
|----------|-----------|------|--|--|--------|
| DRAWN | | | | | |
| CHECKED | | | | | |
| APPROVED | | | | | |
| MFG | | | | | |
| QA | | | | | |

MATERIAL:

WEIGHT:

DWG NO.

Koncept 2 hack A4

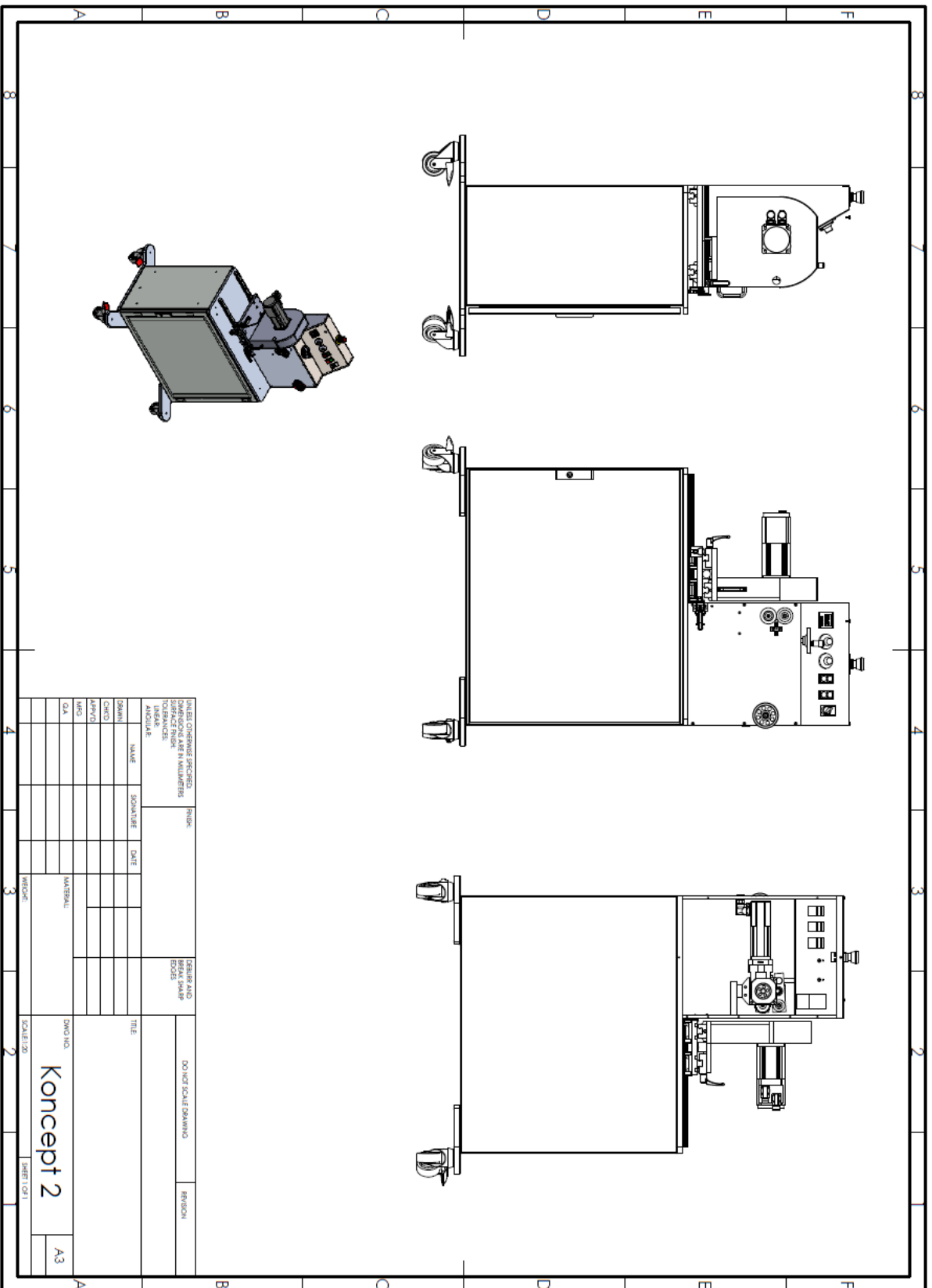
SCALE:1:10

SHEET 1 OF 1

4 3 2 1

A

A



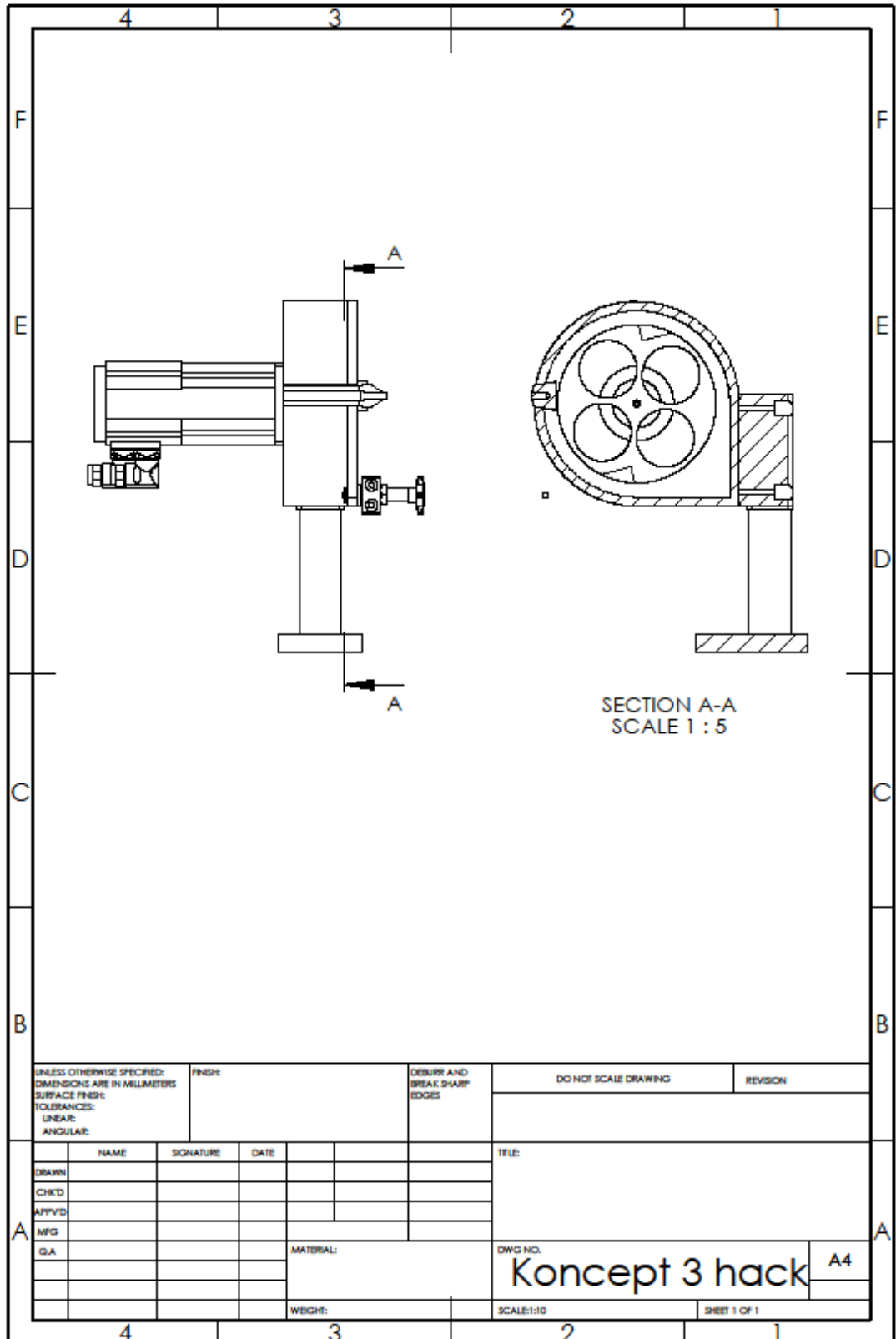
LINEAR DIMENSIONS PRECEDES
ANGULAR DIMENSIONS
SURFACE FINISH
DIMENSIONS
TOLERANCES
ANGULAR

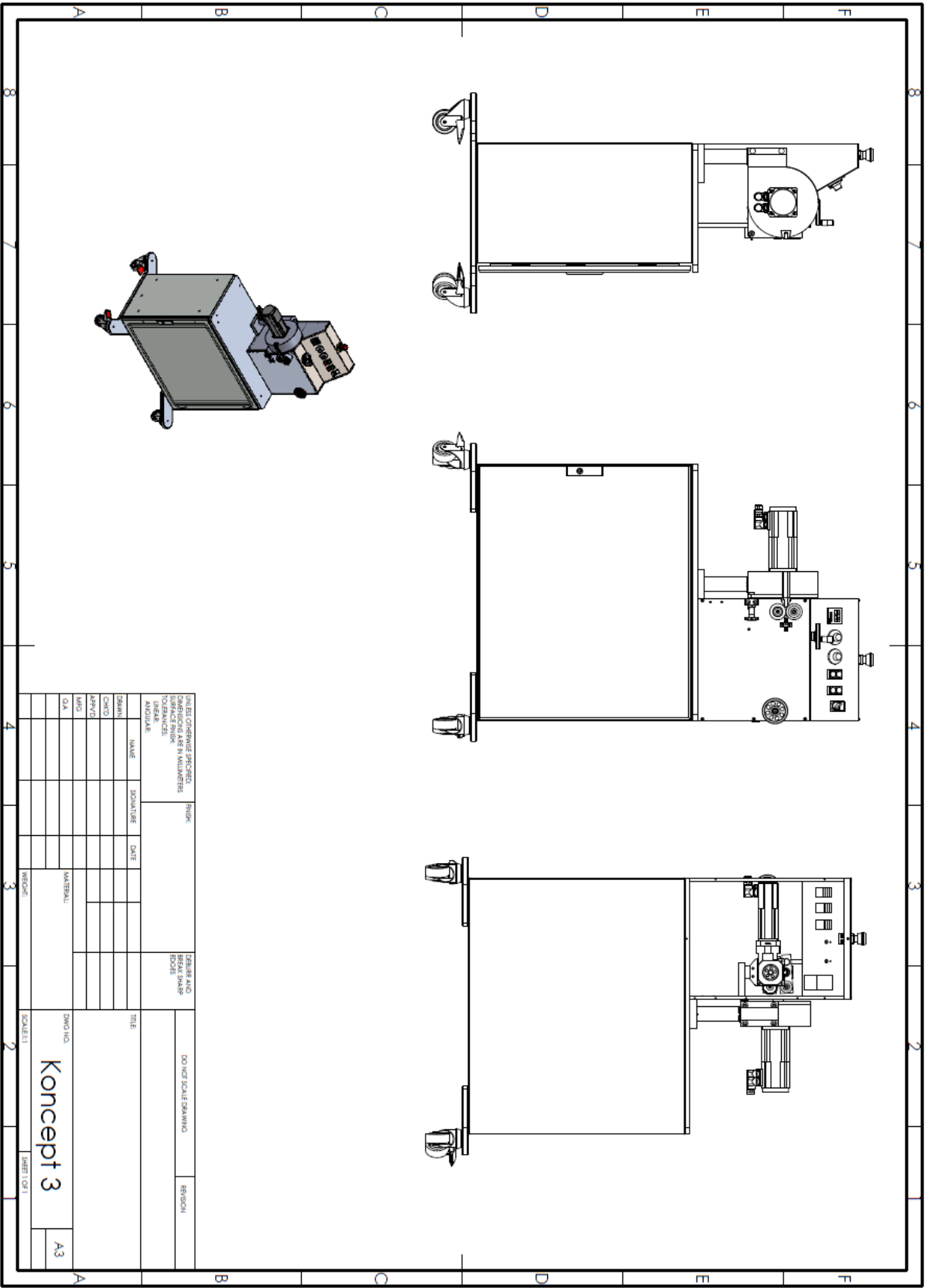
FINISH
SURFACE
FINISH
DIMENSIONS
TOLERANCES
ANGULAR

DESIGN AND
CONSTRUCTION
EDGES
DO NOT SCALE DRAWING
REVISION

| DESIGN | DATE | TITLE | SCALE | SHEET |
|------------------|------|-------|------------|--------------|
| DESIGN | | | SCALE 1:20 | SHEET 1 OF 1 |
| DATE | | | | |
| TITLE | | | | |
| SCALE | | | | |
| SHEET | | | | |
| Concept 2 | | | | |
| A3 | | | | |

Bilaga 4



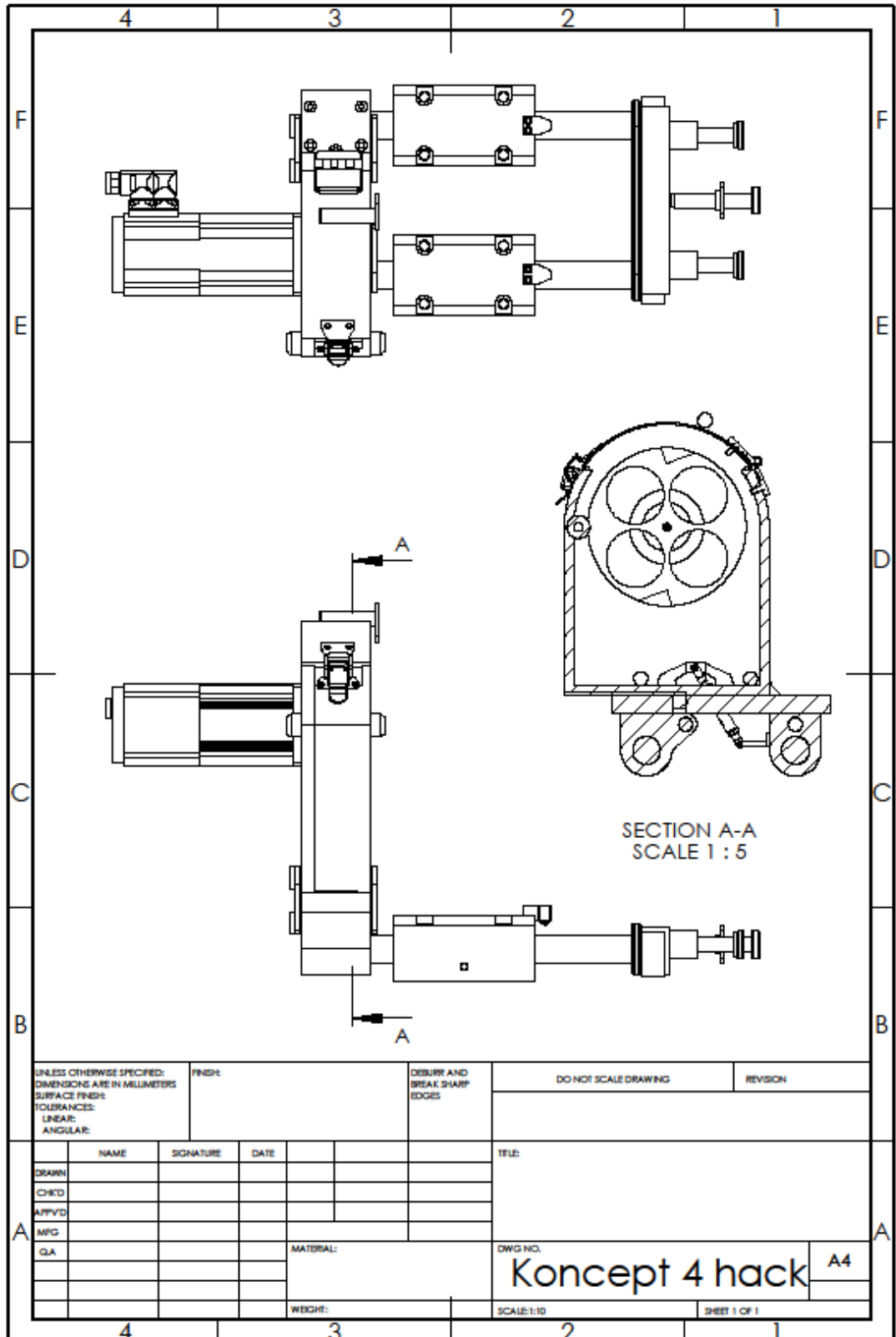


| | | | | | |
|--|--|----------------------|--|-------------------|--|
| UNLESS OTHERWISE SPECIFIED, FINISH SHALL BE AS SHOWN. | | DO NOT SCALE DRAWING | | REVISION | |
| DIMENSIONS SHALL BE IN MILLIMETERS UNLESS OTHERWISE SPECIFIED. | | SCALE: 1:1 | | SHEET 1 OF 1 | |
| DATE: _____ | | DRAWN BY: _____ | | CHECKED BY: _____ | |
| PROJECT: _____ | | TITLE: _____ | | DATE: _____ | |
| MATERIAL: _____ | | QUANTITY: _____ | | REVISION: _____ | |
| DRAWING NO: _____ | | SCALE: 1:1 | | SHEET 1 OF 1 | |
| CONTRACT NO: _____ | | PROJECT NO: _____ | | DATE: _____ | |
| DRAWN BY: _____ | | CHECKED BY: _____ | | DATE: _____ | |
| DATE: _____ | | SCALE: 1:1 | | SHEET 1 OF 1 | |
| PROJECT: _____ | | TITLE: _____ | | DATE: _____ | |
| MATERIAL: _____ | | QUANTITY: _____ | | REVISION: _____ | |
| DRAWING NO: _____ | | SCALE: 1:1 | | SHEET 1 OF 1 | |
| CONTRACT NO: _____ | | PROJECT NO: _____ | | DATE: _____ | |
| DRAWN BY: _____ | | CHECKED BY: _____ | | DATE: _____ | |
| DATE: _____ | | SCALE: 1:1 | | SHEET 1 OF 1 | |

Concept 3

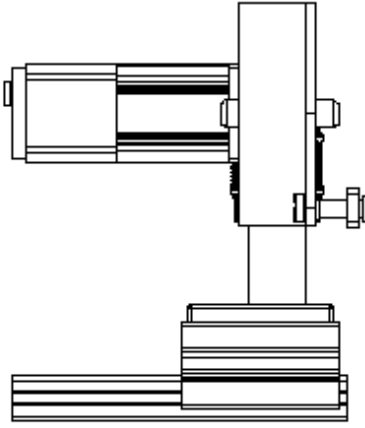
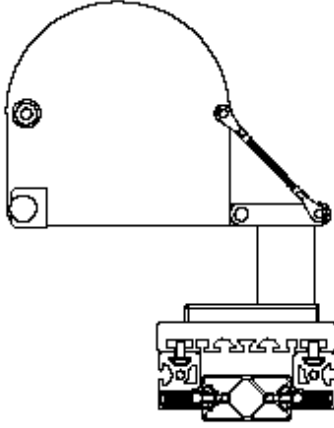
A3

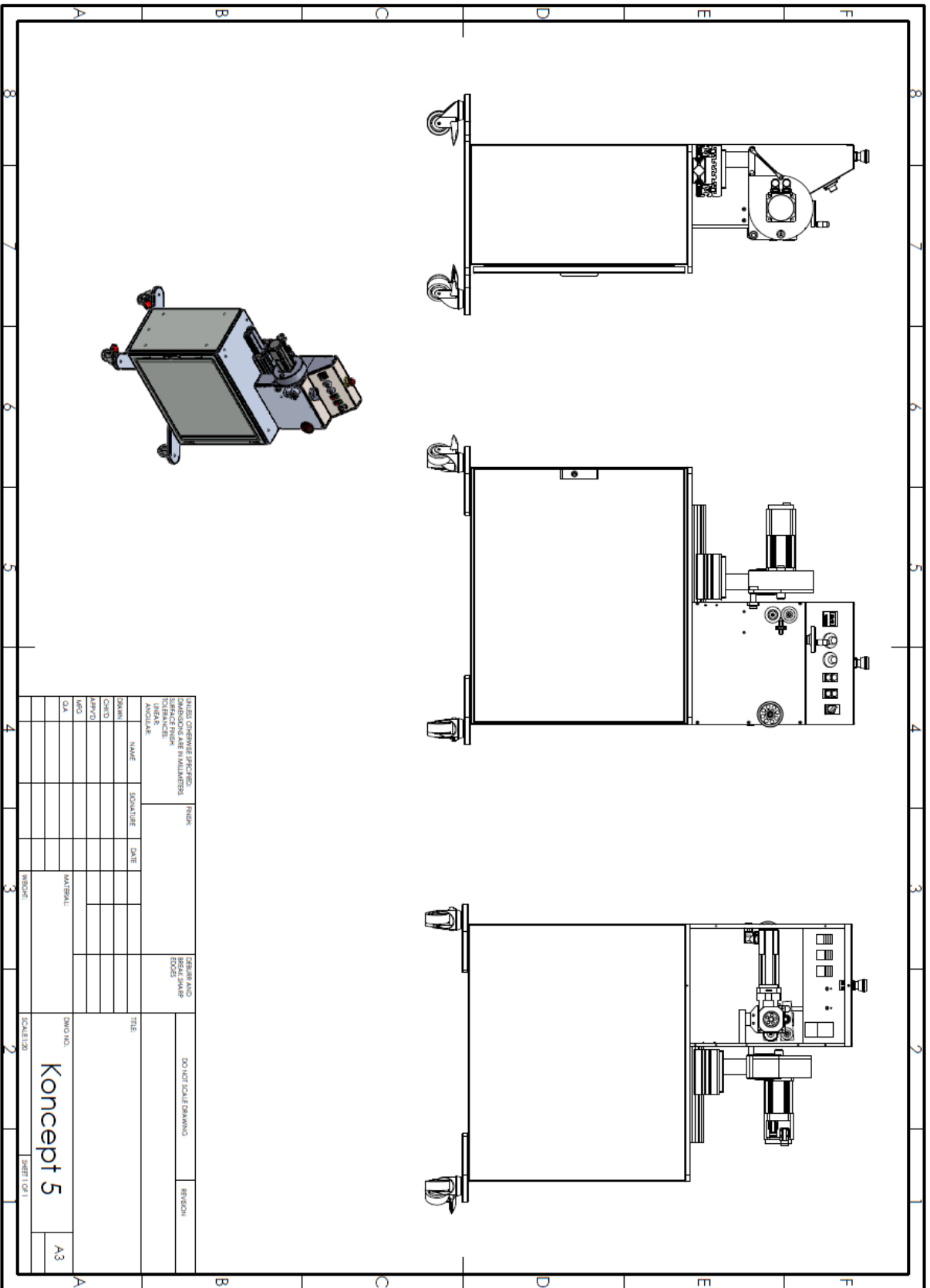
Bilaga 5



Bilaga 6

| | | | |
|---|------|-----------------------|------------------------------------|
| 4 | 3 | 2 | 1 |
| F | | | F |
| E | | | E |
| D | | | D |
| C | | | C |
| B | | | B |
| UNLESS OTHERWISE SPECIFIED: DIMENSIONS ARE IN MILLIMETERS SURFACE FINISH: TOLERANCES: LINEAR: ANGULAR: | | FINISH: | DEBURR AND BREAK SHARP EDGES |
| | | DO NOT SCALE DRAWING | REVISION |
| DRAWN | NAME | SIGNATURE | DATE |
| CHK'D | | | |
| APP'VD | | | |
| MFG | | | |
| QA | | | |
| | | MATERIAL: | DWG NO. |
| | | Koncept 5 hack | A4 |
| | | WEIGHT: | SCALE: 1:10 |
| | | SHEET 1 OF 1 | |
| 4 | 3 | 2 | 1 |
| A | | | A |



| NAME OF MACHINE / PROCESS | | FIGURE | DATE | SCALE | REVISION |
|-------------------------------|------|-----------|------|-------|----------|
| SUBJECT: FISH | | | | | |
| DIMENSIONS ARE IN MILLIMETERS | | | | | |
| LINKAGE | | | | | |
| ANGLE: 45° | | | | | |
| SR. NO. | NAME | SIGNATURE | DATE | | |
| 01 | | | | | |
| 02 | | | | | |
| 03 | | | | | |
| 04 | | | | | |
| MATERIAL | | | | | |
| WORK | | | | | |
| SCALE: 1:20 | | | | | |
| SHEET 1 OF 1 | | | | | |

DO NOT SCALE DRAWING

Concept 5

A3

FMEA Felmod- och effekanaly

Koncept 1

| Nummer | Komponent/ operation/ huvudfunktion | Funktion | Felkarakteristik | | | | Nuvarande tillstånd | | | | Riskal |
|--------|---|--|--|---|---|---|--|---|--|---|--------|
| | | | Felmjilighet | Feleffekt | Felorsak | Kontroll | Fel- sannolikhet | Allvarigh et | Upptäcks- sannolikhet | Riskal | |
| 1 | Motor | Driva hack | Vad kan gå fel Lagerhaveri Stannar Överhettad Hällaren lossnar från motorn | Vad kunde hända om det inträffar Dåligt produkt resultat Produktionsstopp Brännrisk | Vad kan orsaken vara Fabriksfel Eifel Eifel | Vilka förbyggande kontrollåtgärder utförs idag? | Vad är sannolik- heten att det inträffar och har denna orsak (1-10) | Hur allvarlig är skadan (1-10) | Vad är sannolik- heten att inte upptäcka felet innan det inträffar (1-10) | 10 10 10 5 60 28 12 6 48 12 6 12 6 14 12 6 14 30 10 24 24 24 56 27 | |
| 2 | Rakblads hållare | Rotera rakbladet | Spricka | Dåligt produkt resultat | Måte riärfel | | 1 | 4 | 7 | 28 | |
| 3 | Rakblads fäste hållare | Spänna fast rakblad i hållare | lossna | Ej kapa slang Förstöra hållare/ hackör | Ej fastspänt | | 3 | 2 | 1 | 6 | |
| 4 | Låsning hack | Hålla hacken | Hacken ändrar position | Dåligt produkt resultat Produktionsstopp | Dåligt fastspänt | | 2 | 3 | 2 | 12 | |
| 5 | Gångjärn | Flytta hacken i eller ur produktion | Trippa får långt bakåt Fallna snabbt frammat Skära fast | Svår att nå vid inkoppling i linje Klämnrisk Produktionsstopp | Trasig gasdämpare Fel konstruerad | | 1 | 2 | 7 | 14 | |
| 6 | Drivrem | Rotera hackskivan | Den går av Vibrera | Dåligt underhåll | Dåligt underhåll | | 3 | 3 | 7 | 63 | |
| 7 | Remspännare | Spänna remmen | Lagerhaveri | Remmen nöts/ låter illa | Fabriksfel | | 2 | 4 | 7 | 56 | |
| 8 | Linjär holk | Flytta hacken | Lossna kulor slutar rulla | Förstöra hackskiva Ostadig hackenhet | Dåligt underhåll | | 1 | 6 | 4 | 24 | |

| FMEA Felmod- och effekanalys | | Koncept 2 | | Felkarakteristik | | | Nuvarande tillstånd | | | | |
|------------------------------|---|-------------------|------------------------------------|--|--------------------------------|----------|---------------------|------------------|--------------------------|---------|--|
| Nummer | Komponent/ operation/ huvudfunktion | Funktion | Felmöjlighet | Feleffekt | Felorsak | Kontroll | Fel- sannolikhet | Allvarigh- et | Upptäcks- sannolikhet | Risktal | |
| | | | | | | | | | | | |
| 1 | Motor | Driva hack | Lage r haveri | Dåligt produkt resultat | Fabriksfel | | 1 | 3 | 10 | 30 | |
| | | | Stannar | Produktionsstopp | Efel | | 1 | 1 | 10 | 10 | |
| | | | Överhettad | Brännrisk | Efel | | 3 | 4 | 5 | 60 | |
| | | | Hållaren lossnar från motorn | Produktionsstopp | Ej fastspänt | | 1 | 4 | 7 | 28 | |
| 2 | Rakblads hållare | Rotera rakbladet | Spricka | Dåligt produkt resultat | Materialfel | | 1 | 3 | 4 | 12 | |
| | | | Späna fast rakblad i hållare | Ej kapa slang Förstöra hållare/ hackör | Ej fastspänt | | 3 | 2 | 1 | 6 | |
| | | | Lossna | | Ej fastspänt | | 2 | 6 | 4 | 48 | |
| 3 | Rakblads fäste hållare | Hålla hacken | Hacken ändrar position | Dåligt produkt resultat | Dåligt fastspänn | | 2 | 3 | 2 | 12 | |
| | | | Hacken | Produktionsstopp | Dåligt fastspänn | | 1 | 3 | 2 | 6 | |
| 4 | Låsning hack | Hålla hacken | Hacken lossnar | Klämning | Fel konstruerad | | 1 | 6 | 1 | 6 | |
| | | | Förflytta hack | Skada maskinen | Fel konstruerad | | 1 | 4 | 1 | 4 | |
| 5 | Linjalenheter | | Hacken flyttar lossna | Dåligt produkt resultat | Dåligt underhåll | | 2 | 6 | 5 | 60 | |
| | | | Lossna | Skada användaren | Dåligt underhåll | | 1 | 7 | 2 | 14 | |
| 6 | Lock hack | Skydda användaren | Bucklas | Skada skärengarna | Maskinen får något över sig | | 1 | 5 | 1 | 5 | |
| | | | Skydda användaren | Skada användaren | Dåligt underhåll | | 1 | 7 | 3 | 21 | |
| 7 | Hack låda | | Hackröret lossnar | Produktionsstopp | Dåligt underhåll | | 3 | 4 | 4 | 48 | |
| | | | Hålla hackör | Produktionsstopp | Dåligt underhåll | | 2 | 3 | 4 | 24 | |
| | | | Hålla motor | Produktionsstopp | Dåligt underhåll | | 2 | 3 | 4 | 24 | |

| FMEA Felmod- och effekanaly | | Koncept 4 | | Felkarakteristik | | Nuvarande tillstånd | | | | |
|-----------------------------|---|------------------------------|-------------------------------|----------------------------------|------------------------|---|---|--------------------------------|---|---------|
| Nummer | Komponent/ operation/ huvudfunktion | Funktion | Felmöjlighet | Feleffekt | Felorsak | Kontroll | Fel- sannolikhet | Allvarigh et | Upptäcks- sannolikhet | Risktal |
| 1 | Motor | Driva hack | Vad kan gå fel | Vad kunde hända om det inträffar | Vad kan orsaken vara | Vilka förbyggande kontrollåtgärder utförs idag? | Vad är sannolikheten att det inträffar och har denna orsak (1-10) | Hur allvarlig är skadan (1-10) | Vad är sannolikheten att inte upptäcka felet innan det inträffar (1-10) | 30 |
| | | | Lagerhaveri | Dåligt produkt resultat | Fabriksfel | | 1 | 3 | 10 | 10 |
| | | | Stannar | Produktionsstopp | Eifel | | 1 | 1 | 10 | 10 |
| | | | Överhettad | Brännrisk | Eifel | | 3 | 4 | 5 | 60 |
| | | | Hällaren lossnar från motorn | Produktionsstopp | Ej fastspänt | | 1 | 4 | 7 | 28 |
| 2 | Rakbladets hållare | Rotera rakbladet | Spricka | Dåligt produkt resultat | Materialfel | | 1 | 3 | 4 | 12 |
| | | | Spänna fast rakblad i hållare | Ej kapa slang | Ej fastspänt | | 3 | 2 | 1 | 6 |
| 3 | Rakbladets fäste hållare | | Lossna | Förstöra hållare/hackrör | Ej fastspänt | | 2 | 6 | 4 | 48 |
| | | | | | Eifel/trasiga magneter | | 3 | 1 | 9 | 27 |
| 4 | Låsning hack | Hålla hacken i rätt position | Lossna | Dåligt produkt resultat | | | 3 | 2 | 2 | 12 |
| 5 | Rörelse armar | Förflytta hacken | Börja glappa | Låta/ libbera | Dåligt underhåll | | 3 | 7 | 1 | 7 |
| | | | Lossna | Klämrisk | Dåligt underhåll | | 1 | 9 | 1 | 9 |
| 6 | Lock hack | Skydda användaren | Lossna | Skada användaren | Dåligt underhåll | | 1 | 2 | 1 | 2 |
| | | | | Bucklas | Skada skäräggen | | 1 | 2 | 1 | 2 |
| 7 | Elektromagneter | Låsa hack | Påslagning vid fel tillfälle | Produktionsstopp | Eifel | | 3 | 2 | 1 | 6 |
| | | | | Klämrisk | Sensorfel | | 1 | 8 | 10 | 80 |

| FMEA Felmod- och effekanalys | | Koncept 5 | | Felkarakteristik | | | Nuvarande tillstånd | | | |
|------------------------------|---|-------------------------------|------------------------------|----------------------------------|----------------------|---|---|--------------------------------|---|---------|
| Nummer | Komponent/ operation/ huvudfunktion | Funktion | Felmöjlighet | Feleffekt | Felorsak | Kontroll | Fel- sannolikhet | Allvarigh- et | Upptäcks- sannolikhet | Risktal |
| 1 | Motor | Driva hack | Vad kan gå fel | Vad kunde hända om det inträffar | Vad kan orsaken vara | Vilka förbyggande kontrollåtgärder utförs idag? | Vad är sannolikheten att det inträffar och har denna orsak (1-10) | Hur allvarlig är skadan (1-10) | Vad är sannolikheten att inte upptäcka felet innan det inträffar (1-10) | 30 |
| | | | Lagerhaveri | Dåligt produkt resultat | Fabriksfel | | 1 | 3 | 10 | 10 |
| | | | Stannar | Produktionsstopp | Eifel | | 1 | 1 | 10 | 10 |
| | | | Överhettad | Brännrisk | Eifel | | 3 | 4 | 5 | 60 |
| | | | Hällaren lossnar från motorn | Produktionsstopp | | | 1 | 4 | 7 | 28 |
| 2 | Rakblads hållare | Rotera rakbladet | Spricka | Dåligt produkt resultat | Materiafel | | 1 | 3 | 4 | 12 |
| 3 | Rakblads fäste hållare | Spänna fast rakblad i hållare | Lossna | Ej kapa slang | Ej fastspänt | | 3 | 2 | 1 | 6 |
| | | | | Förstöra hållare/hackör | Ej fastspänt | | 2 | 6 | 4 | 48 |
| 4 | Låsning hack | Hålla hacken i rätt position | Lossna | Dåligt produkt resultat | Ej fastspänt | | 1 | 1 | 2 | 2 |
| | | | | Ej kapa slang | Ej fastspänt | | 1 | 2 | 1 | 2 |
| | | | | Sitta för löst | Fel justerad | | 1 | 3 | 1 | 3 |
| | | | | Oregelbundet resultat | Ej fastspänt | | 1 | 4 | 5 | 20 |
| 5 | Gångjärn | Flytta hack | Spricka | Släppa från sitt stativ | Materiafel | | 1 | 7 | 6 | 42 |
| | | | Lossna | Produktionsstopp | Dåligt underhåll | | 1 | 7 | 4 | 28 |
| 6 | Vajer | Hålla hack i rätt position | Vajern kan gå av | Klämmrisk | Felaktig användning | | 2 | 4 | 3 | 24 |
| | | | | Dålig passform på justeringen | Felaktig användning | | 1 | 2 | 1 | 2 |
| | | | | Dålig passform på justeringen | Fel konstuerad | | 1 | 1 | 6 | 6 |
| 7 | Stativ | Hålla upp hela hacken | Deformerar | justeringen | Fel konstuerad | | 1 | 7 | 1 | 7 |
| 8 | Linjaler | Förflytta hacken | Lossna | Klämmrisk | Fel konstuerad | | 1 | 7 | 1 | 7 |
| | | | Spricka | Klämmrisk | Dåligt underhåll | | 2 | 7 | 7 | 98 |
| | | | Deformerar | Dålig passform på justeringen | Fel konstuerad | | 1 | 3 | 2 | 6 |

FMEA Felmods- och effekkanalys

Concept 6

| Nummer | Komponent/ operation/ huvudfunktion | Funktion | Felkarakteristik | | | | Nuvarande tillstånd | | | | Risktal |
|--------|---|-------------------------------------|----------------------------------|----------------------------------|--------------------------------|---|---|--------------------------------|---|---------|---------|
| | | | Felmöjlighet | Feleffekt | Felorsak | Kontroll | Fel-sannolikhet | Allvarigh et | Upptäcks- sannolikhet | Risktal | |
| 1 | Motor | Vad skall handa | Vad kan gå fel | Vad kunde hända om det inträffar | Vad kan orsaken vara | Vilka förbyggande kontrollåtgärder utförs idag? | Vad är sannolikheten att det inträffar och har denna orsak (1-10) | Hur allvarlig är skadan (1-10) | Vad är sannolikheten att inte upptäcka felet innan det inträffar (1-10) | 30 | |
| | | Driva hack | Lagerhaveri | Dåligt produkt resultat | Fabrikfel | | 1 | 3 | 10 | 10 | |
| | | | Stannar | Produktionsstopp | Eifel | | 1 | 1 | 10 | 10 | |
| | | | Överhettad | Brännrisk | Eifel | | 2 | 4 | 5 | 40 | |
| 2 | Rakblads hållare | Rotera rakbladet | Hållaren lossnar från motorn | Produktionsstopp | Ej fastspänt | | 1 | 4 | 7 | 28 | |
| | | | Spricka | Dåligt produkt resultat | Materialfel | | 1 | 3 | 4 | 12 | |
| 3 | Rakblads fäste hållare | Spänna fast rakblad i hållare | Lossna | Ej kapa slang | Ej fastspänt | | 3 | 2 | 1 | 6 | |
| | | | | Förstöra hållare/hackrör | Ej fastspänt | | 2 | 6 | 4 | 48 | |
| 4 | Ändålsning klippenhet | Hålla klippen | Hacken ändrar position | Dåligt produkt resultat | Dåligt fastspänt | | 2 | 3 | 2 | 12 | |
| | | | | Produktionsstopp | Dåligt fastspänt | | 1 | 3 | 2 | 6 | |
| 5 | Skenstyrningar | Flytta hacken i eller ur produktion | Lagerhaveri | Klipplådan blir lös | Dåligt fastsätta maskinelement | | 1 | 4 | 3 | 12 | |
| | | | Lossna från infästningspunkterna | Klämrisik | Dåligt fastsätta maskinelement | | 2 | 4 | 2 | 16 | |
| | | | Skära fast | Produktionsstopp | Dåligt underhåll | | 1 | 5 | 2 | 10 | |
| 6 | Drivrem | Rotera hackskivan | Den går av | Produktionsstopp | Dåligt underhåll | | 2 | 3 | 7 | 42 | |
| | | | Vibreta | Oljud | Dåligt underhåll | | 3 | 1 | 5 | 15 | |
| 7 | Remspännare | Spänna remmen | Lagerhaveri | Remmen nöts/läter illa | Fabrikfel | | 1 | 3 | 7 | 21 | |
| | | | Lossna | Förstöra hackskiva | Dåligt underhåll | | 1 | 3 | 3 | 9 | |
| | | | Lagerhaveri | Ostadig hackenhet | Dåligt underhåll | | 2 | 6 | 3 | 36 | |
| 8 | Linjär holk | Flytta hacken | Låsa klippenhet | Sluta fungera | Eifel | | 1 | 4 | 5 | 20 | |
| 9 | Elektromagneter | | | | | | 2 | 3 | 8 | 48 | |
| | | | Aktivering vid fel tillfälle | Klämrisik | Bytarfel | | 2 | 8 | 7 | 112 | |
| 10 | Skyddskåpa klippenhet | Sydd personalen | Lossna | Personskada | Dåligt underhåll | | 1 | 6 | 2 | 12 | |
| | | | Bucklas | Skada skärleggarna | Maskinen får något över sig | | 1 | 3 | 4 | 12 | |