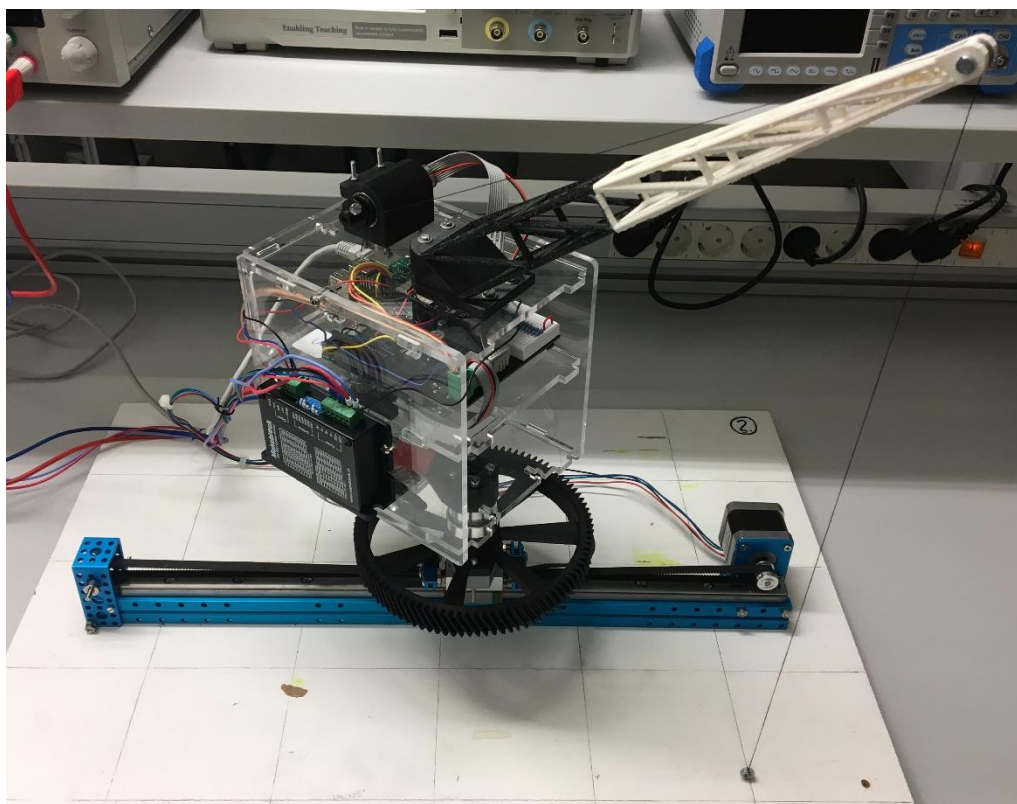


Kran | Mekatroniskt system

Design av mekatroniska system 15HP



Högskolan i Halmstad

Johannes Hellgren | Josefin Holmgren

Höstterminen 2018

1 INNEHÅLLSFÖRTECKNING

1	Inledning.....	4
1.1	Mål.....	4
1.2	Systemöversikt.....	4
2	Teori.....	5
2.1	Kugghjul och utväxling.....	5
2.2	FEM-analys.....	6
2.3	CATIA V5	6
2.4	MATLAB och Simulink.....	6
2.5	Reglersystem	7
3	Metod.....	7
3.1	Planering.....	7
3.2	Konstruktion och additiv tillverkning	7
3.3	Mekaniska delar.....	8
3.3.1	Motorfäste#1 och Motorfäste#2	8
3.3.2	Lintrumma	8
3.3.3	Platta	8
3.3.4	Kugghjul och planetväxel	9
3.3.5	Kranarm.....	11
3.3.6	Europapall	11
3.4	Mjukvarufunktioner.....	12
3.4.1	MoveAB	12
3.4.2	Hastighetsprofil	12
3.4.3	Simulink	14
3.5	FEM-analys.....	14
4	Resultat.....	16
4.1	Hårdvara	16
4.2	Mjukvara och hårdvara.....	17
5	Diskussion.....	20
5.1	Mekaniska delar.....	20

5.1.1	Kranarmen	20
5.1.2	Kugghjul	20
5.1.3	Planetväxlar	21
5.1.4	Lintrumman	22
5.2	Mjukvara och hårdvara	22
5.2.1	Justeringar för ett förbättrat system	22
6	Referenser	25
7	Bilagor	26
7.1	Bilaga A - Safety data sheet PLA	26
7.2	Bilaga B - Technical data sheet PLA	31
7.3	Bilaga C - Ritningar	34

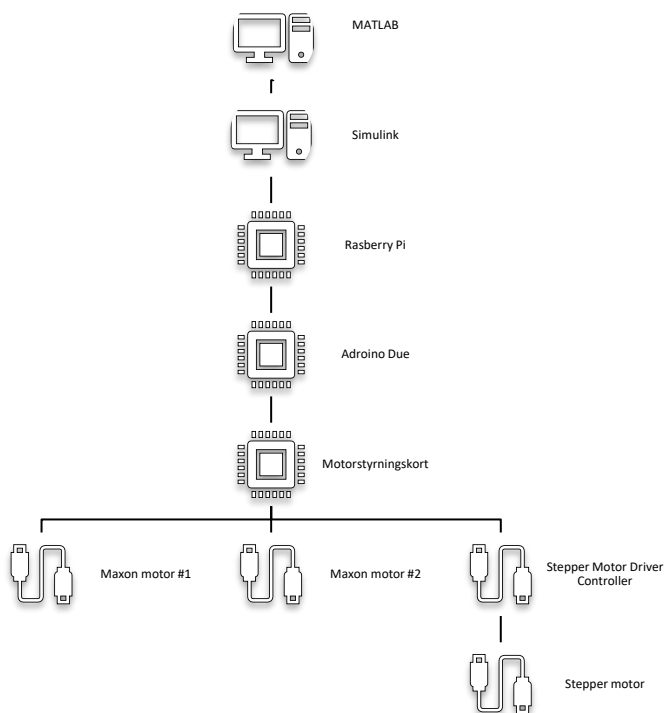
1 INLEDNING

Design av mekatroniska system kallas en av mekatronikprogrammets avslutande kurser. Syftet med kursen är att fördjupa sina kunskaper inom de mekatroniska profilkurserna; sensorsystem, reglerteknik, konstruktion, hållfasthetslära och elektriska styrdon. Eleverna skall ta fram ett mekatroniskt system där hårdvara och mjukvara skall samspelas. För att redogöra hur alla mekaniska delar tillverkats, mjukvaran programmerats samt hur allt fungerar tillsammans inom detta mekatroniska system skrevs denna rapport.

1.1 MÅL

Målet med det mekatroniska systemet som tas fram är att den skall efterlikna en kran som har kravet att kunna förflytta en last på cirka 50 gram. Förflyttningen skall ske från en punkt på arbetsplanen till en annan, här gäller det att start- och slutpunkten sätts inom arbetsplanen samt att slutpunkten skall vara en input för systemet. Kranen skall under sin förflyttning kunna undvika ett hinder som placeras på arbetsplanen med en höjd på 10–15 cm. De mekaniska delarna som krävs och som skall framställas är fem delar; kranarm, motorfästen, lintrumma, kugghjul och last. Övriga delar som motorer, arbetsplan och hytt tilldelas till studenterna.

1.2 SYSTEMÖVERSIKT



2 TEORI

2.1 KUGGHJUL OCH UTVÄXLING

Kugghjul är ett maskinelement som används av många olika mekaniska enheter. Kugghjul hjälper till att ge en reduktion av en växel i en motoriserad utrustning. Kugghjulsväxlar som det även kallas hjälper till att ändra varvtal och moment hos en motor till önskat varvtal samt moment på en drivaxel. [1]

Det finns många olika typer av kugghjul där kuggarna även kallat tänderna, utseende varierar till att hela kugghjulet inte ser ut som ett traditionellt kugghjul. Förhållandet mellan kugghjulen bestäms enligt hur långt avståndet är från centrum av växeln till kontaktpunkten till det andra kugghjulet. Exempelvis i en anordning med två växlar, om en växel är två gånger delningsdiameter jämfört med den andra, skulle förhållandet vara 2:1. [2]

För att säkerställa att kuggarna samspelas mellan två olika kugghjul är det viktigt att kuggarna är av samma storlek. I Europa används kuggdimensionering enligt *modul-systemet*, se Figur 1 för beräkning av kugghjul.

Beteckningar

a = Axelavstånd

b = Kuggens bredd

Do = Delningsdiameter

Dk = Toppdiameter

i = Utväxlingsförhållande

k = Kuggens topphöjd (mm) = modulen

KF = Kuggens fothöjd = 1,25 • modulen

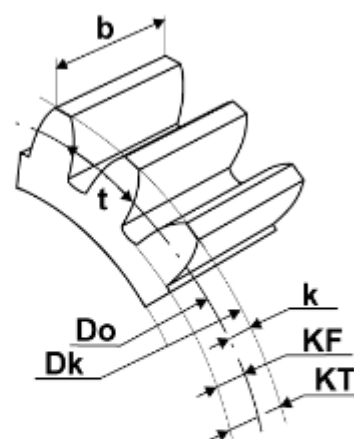
KT = Kuggens totala höjd = 2,25 • modulen

m = Modul

n = Varvtal (min-1)

t = Kuggdelning (mm) = modul • π

z = Kuggtal



Modulen $m = t/\pi$

Delningsdiameter $Do = m \cdot z$

Toppdiameter $Dk = Do + 2 \cdot m$

Axelavstånd $a = Do_1 + Do_2 / 2 = m \cdot z_1 + z_2 / 2$

Utväxlingsförhållande $i = z_2 / z_1 = Do_1 / Do_2 = n_1 / n_2$

Figur 1. Beräkning av kugghjul [3]

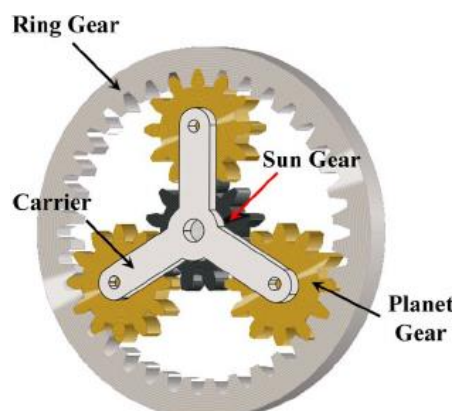
Utväxlingsförhållande för planetväxel (se Figur 2) beräknas med följande formel:

$$(z_3 + z_1) \cdot T_y = z_3 \cdot T_r + T_s \cdot z_1$$

T_y : Rotationsvarv för planetbärare

T_r : Rotationsvarv för ringhjul

T_s : Rotationsvarv för solhjul



Figur 2. Planetväxel [4]

2.2 FEM-ANALYS

FEM, finita elementmetoden är en databaserad analysmetod som löser differentialekvationer. Metoden går ut på att den bryter ner en struktur som har fysiska komplexitet samt matematiska diskontinuiteter till mindre och mer hanterbara sektioner. Vid varje sektion kan materialegenskaperna visas för just den lokala domänen. Anledningen till att varför den skär ner strukturen till mindre sektioner är för att få en förståelse hur den hela strukturen skulle reagera på externa eller interna krafter.

Processen bygger på att noder placeras ut i strukturen där varje nod är en punkt som innehåller materialets och strukturens data. Därefter skapas en MESH-struktur, även kallat nät som är linjer mellan dessa noder. Dessa linjer och noder utgör element i strukturen, ju tätare nätet av dessa linjer är desto mer exakt blir resultatet av hela strukturen, dock blir beräkningarna mer komplexa. [5]

2.3 CATIA V5

CATIA V5 är ett moduleringsverktyg i 3D CAD-design. Programmet används för att kunna tillverka produkter genom att designa, analysera och utföra beräkningar. Det är enkelt att ta fram ritningar på de produkter som konstruerats i programmet. [6]

2.4 MATLAB OCH SIMULINK

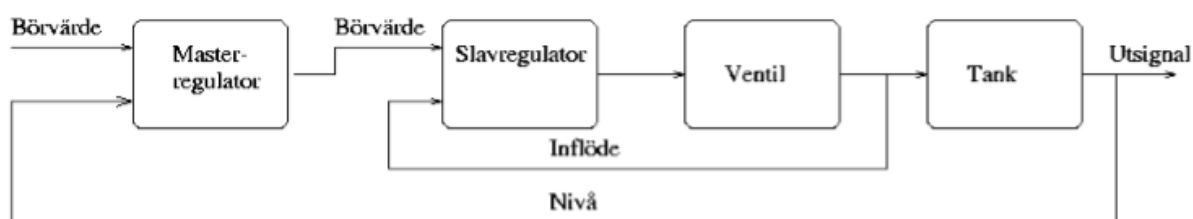
MATLAB är en plattform för programmering som är framtagen för ingenjörer och forskare. Programmet har ett eget programmeringsspråk som är matrisbaserat. På grund av att det är matrisbaserat blir de matematiska beräkningsuttrycken väldigt naturliga. Via MATLAB kan data analyseras, algoritmers utvecklas och applikationer samt modeller kan skapas. [7]

MATLAB erbjuder ett verktyg kallat Simulink där modellering och simulering kan utföras. Kombinerar dessa två tillsammans kan text- och grafisk programmering framställas. Detta tillåter testning av mjukvaran via dessa verktyg i en simulering för att säkerställa att det fungerar innan den används med hårdvaran. Istället för att skriva mängder med rader av kod översätter Simulink den grafiska programmeringen till C kod som används i hårdvaran. [8]

2.5 REGLERSYSTEM

Vid reglering så observeras ett mätvärde som vi vill reglera, mätvärdet jämförs med ett börvärde och en styring görs för att förändra mätvärdet så att det efterliknar börvärdet. Nedan (se Figur 3) visas ett exempel på en kaskadreglering. Denna reglering består av två reglerkretsar, ett överordnat och ett underordnat. Den överordnade reglerkretsen reglerar huvudmätvärdet, vilket i detta exempel är flödet. Den underordnade reglerkretsen reglerar i sin tur ventilsignalen. Kaskadreglering görs för att mer eller mindre helt reglera bort störningar ”djupare” i systemet, och på sådant sätt inte påverka huvudregleringen.

Kaskadreglering är ofta eftertraktat eftersom vi då kan styra flödet, dvs ”resultatet” av systemet, och inte bara ventilläget.



Figur 3. Kaskadreglering [9]

3 METOD

3.1 PLANERING

För att ha möjligheten att påbörja projektet utan att ha tillgång till de övriga delarna som skulle tilldelas vid ett senare tillfälle började samarbetet genom att spåna på idéer, samt planera hur delarna skulle utformas. Via de ritningar och datablad som fanns tillgängligt kunde vi föra konversationer kring de fördelar och nackdelar med hur de olika delarna skulle kunna konstrueras.

3.2 KONSTRUKTION OCH ADDITIV TILLVERKNING

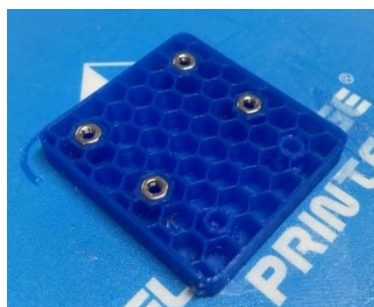
För att konstruera flera av de mekaniska delarna har CATIA V5 använts. För att ta fram prototyperna och de färdiga delarna efter att de designats i CATIA V5 använde vi oss av Finder 3D printer och Ultimaker 2+. Additiv tillverkning som använder lager-på-lager teknik.

En del mekaniska delar modellerades i programmet Inkscape som är ett vektorbaserat ritprogram. Dessa modeller användes i en laserskärare där modellerna skars ut i 3 mm tjockt plexiglas.

3.3 MEKANISKA DELAR

3.3.1 Motorfäste#1 och Motorfäste#2

Motorfäste#1 användas för att bevara en motor stadigt på plats. Motorns uppgift är att hantera z-axeln på kranen, lyfta och sänka lasten som sitter på linan. På grund av begränsad yta där den skall placeras på toppen av hytten placerades muttrar inuti motorfästet underdel för att förenkla monteringen. Genom att pausa utskriften gick det att placera muttrarna där det var tänkt och därefter fortsatte 3D-utskriften från samma lager där den pausades (se Figur 4). En *pocket* utfördes under konstruktionen på toppen av motorfästet, detta för att göra en böjning som inte är för styv för att kunna dra fast motorn med hjälp av skruv och mutter.



Figur 4. Motorfäste #1

Gällande motorfäste#2 har den samma uppgift, se till att en motor inte roterar utan håller den på plats. Motorns uppgift är att rotera de kugghjul som finns under hytten och som används för att rotera den. Motorn behövdes placeras horisontellt för att kunna placeras direkt in i planetväxeln. Här konstruerades det två väggar som skapar en fjädrande design där två skruvar klämmer fast motorn. Två hål placerades i bågiga sidorna på underkanten för att kunna fästa den i hytten. *Constraints* funktionerna var till stor hjälp för att få de exakta måtten och *Sketcher Design Tools* för det önskvärda utseendet.

3.3.2 Lintrumma

Lintrumman som ska vira in och ut linan placeras på motorns drivaxel. Det handlar om att kunna förflytta lasten cirka 18 centimeter upp i höjd för att hindra lasten att kollidera med hinder. Anledningen till det format den har idag är att det ska vara enklare att kunna räkna ut hur mycket lintrumman behöver dra in för att förflytta lasten. Omkretsen på lintrumman är 30 mm, vilket bestämdes vid konstruktionen. Vid ett varv av motorn förflyttas lasten 3 cm i z-led. För att kunna centrera linan längsmed kranarmen behövde lintrumman placeras längst in på drivaxeln och genom att borra upp ett hål samt gänga upp det gick det att fästa lintrumman på motorns drivaxel.

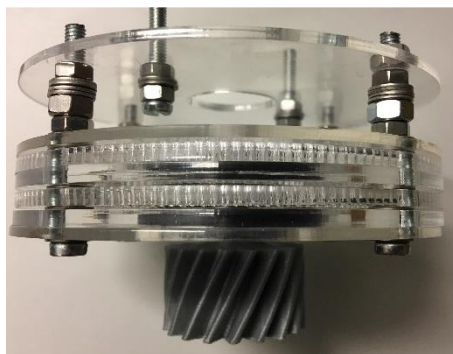
3.3.3 Platta

Stegmotorn som är monterad på glidskenan har en höjd som hindrar hytten att förflytta till den önskade slutpositionen. För att öka längden skapades den mekaniska delen kallad platta (se Figur 5). Den placeras på undersidan av vridbordet för att höja hela hytten. För att dra nytta av produkten har den även till uppgift att bevara det stora kugghjulet på plats.

Planetväxlarna är konstruerade med raka tänder på grund av att vi inte använde oss av additiv tillverkning utan laserskärning. Laserskärning innebär en begränsning vid konstruktionen om det jämförs med additiv tillverkning, (se Figur 7 och Figur 8)



Figur 7. Planetväxel ovanifrån



Figur 8. Planetväxel från sidan

Nedan visas information om de resulterande kugghjulen.

Hjul och drev:

Kuggtal drev : 18 st.

Delningsdiameter drev : 30 mm.

Kuggtal hjul : 96 st.

Delningsdiameter hjul : 160 mm.

Modul : 5/3

Utväxlingsförhållande : $96/18 = 5.333333...$

Planetväxel:

Kuggtal solhjul : $z_1 = 20$ st.

Kuggtal planethjul : $z_2 = 48$ st.

Kuggtal ringhjul : $z_3 = 2 * z_2 + z_1 = 116$ st.

Kuggdelning : $t = 2.0 \text{ mm}$.

Modul = t/π .

Utväxlingsförhållandet beräknades med följande formel (se Kugghjul och utväxling):

$$(z_3 + z_1) * T_y = z_3 * T_r + T_s * z_1$$

Eftersom innerkuggkransen (ringhjulet) i detta fall är stillastående så får vi $T_r = 0$. Genom att lösa ut T_y som driver drevet får vi följande utväxling:

$$\frac{z_1}{z_3 + z_1} = \frac{20}{116 + 20} = \frac{5}{34}$$

Ett varv på solhjulet motsvarar därmed $\frac{1}{6.8}$ varv på planetbäraren.

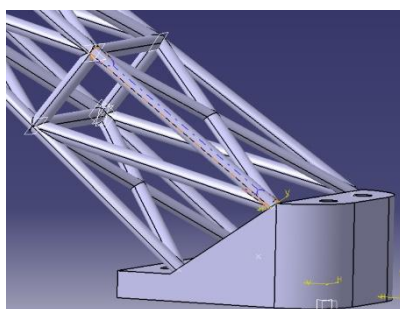
Två stycken planetväxlar staplades på varandra för att få följande total utväxling, inklusive drev och hjul:

$$6.8^2 * \frac{96}{18} = 46.24 * \frac{96}{18} = 246.613333...$$

3.3.5 Kranarm

Kranarmen är konstruerad med en botten som gör det enkelt att fästa den i de befintliga hål som finns på hytten. Fyra hål som är genomgående genom hela botten för att kunna använda sig av skruv och mutter. Vid toppen av kranarmen har det utformat ett hål mellan två väggar för att kunna montera på en V-spårlager som linan rör sig på.

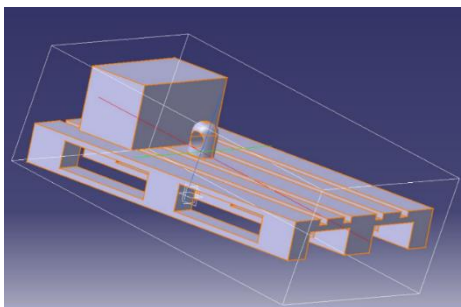
Den är konstruerad med fackverk och efter att bottendelen på kranarmen designats påbörjades fackverkskonstruktionen. Genom att först rita upp fyra pelare med den längden som krävdes för att komma längst ut på arbetsplanen. Därefter delades den in i fyra delar för att kunna skapa fackverk inom dessa. Varje fackverksdel är konstruerad med funktionen line och rib för att få samma utseende som metallrör (se Figur 9).



Figur 9. Fackverket på kranarmen

3.3.6 Europapall

Europapallen är framställd med måtten $100 \times 66,7 \text{ mm}$. En skalenlig pall med en osymmetrisk last placerad på ovansidan. För att kunna förflytta lasten med hjälp av kranarmen finns det en ögla för enkel anslutning av linan. Med hjälp av measure inertia räknades tyngdpunkten fram (se Figur 10), vilket gör att lasten förflytta sig horisontellt med vridbordet.

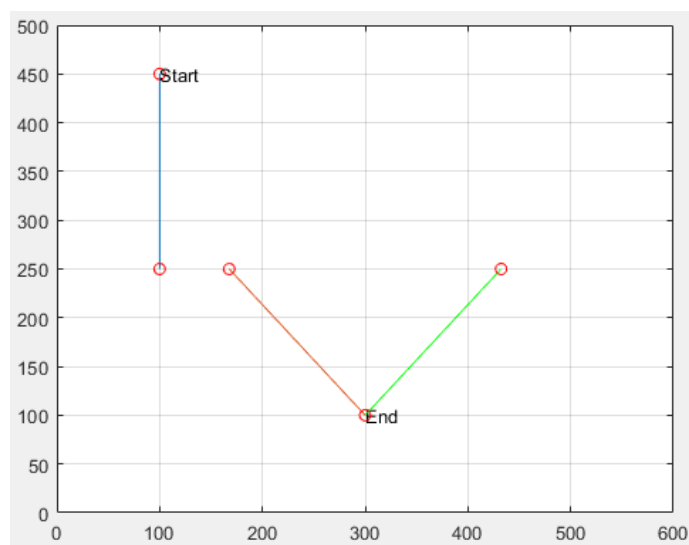


Figur 10. Europapall med last och ögla i tyngdpunkt

3.4 Mjukvarufunktioner

3.4.1 MoveAB

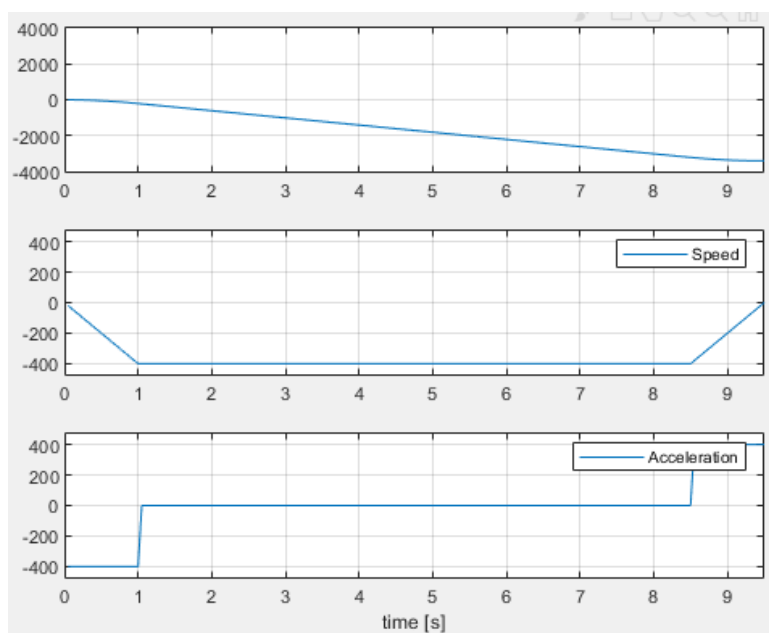
Genom MATLAB har flera funktioner skapats för att styra och reglera kranen. Funktionen *MoveAB* används för att ta fram sträckan kranen skall förflytta sig till. Funktionen tar emot dimensioner och positionen som kranen har, samt positionen *Start* som lastpallen befinner sig på vid start och position *End* som är slutpositionen för lastpallen. Funktionen beräknar och ger tillbaka två olika sträckor som kranen måste förflytta sig i x-led samt rotationen för att få lasten från *Start* till *End*. Funktionen plottar även de nya positioner och tillhörande vridning som kranen får från de beräknade värdena (se Figur 11).



Figur 11. MoveAB

3.4.2 Hastighetsprofil

Funktionen *Hastighetsprofil* används för att ta fram en profil för vridningen för de olika motorerna. Det den gör är att den reglerar hastigheten som sedan respektive motor skall följa. Funktionen tar emot en förflyttning, maxacceleration, maxhastighet, samt vilken motor som skall användas. Den returnerar positionen (motorvridning) samt hastigheten i form av en matris. Dessa plottas även tillsammans med accelerationen (se Figur 12).



Figur 12. Hastighetsprofil

För att skapa hastighetsprofilerna sker en omvandling på sträckan som de olika motorerna skall förflytta kranen (*Delta*) till, motsvarande puls-värden omvandlas för att ta reda på antalet rotationer de olika motorerna skall utföra (se Figur 13). Delta för motor 0 ger en vridning i radianer vilket är motorn som hanterar rotationen av hytten. Stegmotorn som även kallas motor 2 ger en sträcka i mm, det gäller även för motor 1 som hanterar linan i Z-led.

Variablerna *LastX* och *LastW* används för att spara stegmotorns och rotationsmotorns position när kranen har kommit fram till sin slutdestination. Detta används för att beräkna en ny förflyttning efter att kranen har lämnat sin startposition och startvinkel (se Figur 13).

Ett varv på motorerna 0 och 1 (maxon-motor, inklusive intern planetväxel) motsvarar 1996.8 pulser. Planetväxeln har en utväxling på 46.24 och drevet tillsammans med hjulet har en utväxling på cirka 5,333. Detta resulterar i att 360 graders rotation för kranen motsvarar ca 492 437 pulser i motorn.

Omkretsen för lintrumman är 3 cm, och omkretsen för stegmotorn är 3,608 cm. 400 steg på stegmotorn ger ett varv.

Eftersom kranens förflyttning är begränsad till spåret som förflyttar kranen så är den begränsad inom ett visst område. Kranen kan inte komma ut till kanten av arbetsplanen som bestämmer koordinatsystemet vilket gör att stegmotorn inte har möjlighet att nollställas på koordinatsystemets nollpunkt i X-led. Därför nollställs stegmotorn 11 cm in på arbetsplanen samt att förflyttningen i pulsgivaren börjar räknas från samma punkt.

```

load('LastXW.mat');
if(motor == 0) % Hytt rotation
    procent = Delta / (2*pi);
    StartPos = (LastW/(2*pi))*492437.50399999999969222656;
    EndPos = StartPos + round(492437.50399999999969222656 * procent);
elseif(motor == 1) % Lintrumma
    rev = (Delta/10)/3;
    EndPos = round(rev*1996.8);
    StartPos = 0;
else % Stegmotor
    rev = (Delta/10)/3.608;
    StartPos = ((LastX/10)/3.608)*400 - (11/3.608)*400;
    EndPos = StartPos + round(rev*400);
end

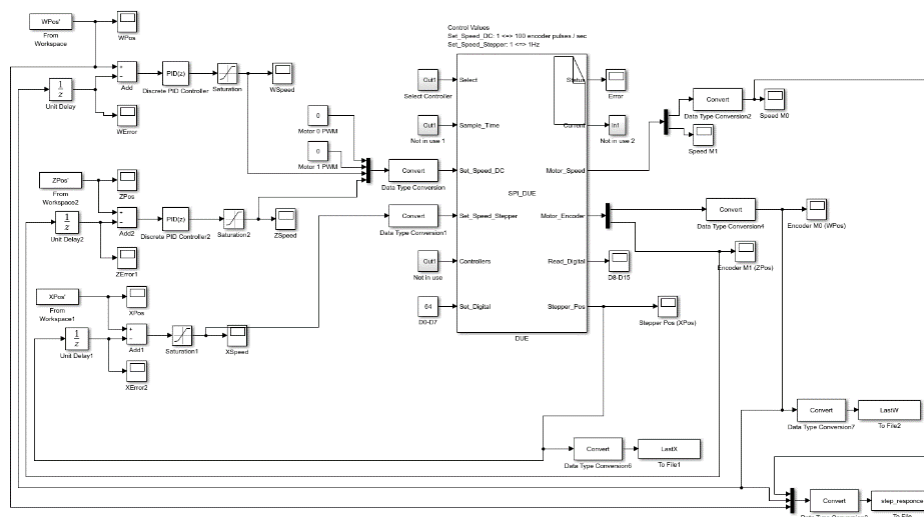
```

Figur 13. Hastighetsprofil, beräkning av sträcka

3.4.3 Simulink

Slutligen så används matriserna för vridningen på de olika motorerna i Simulink för att driva motorerna (se Figur 14).

$WPos$, $ZPos$ och $XPos$ är de beräknade positionsprofilerna för de olika motorerna (rotation av kran, höjd på last och förflyttning av kran i X-led). Nästa värde i positionsprofilerna hämtas med en *Sample Time* på 0.05 sek. Dessa värden jämförs med nuvarande position i positionsåterkopplingen för att få kvarstående position. Denna position integreras i PI-regulatorerna för att ge en hastighet som sedan används i DUE-kortet för att styra motorerna med pulsbreddmodulering för respektive hastigheter. Den beräknade hastigheten begränsas till ett övre max och nedre minvärde, detta gjordes för att säkerställa att oönskade kraftiga signaler inte skickas till motorerna vid utveckling av systemet.



Figur 14. Simulink

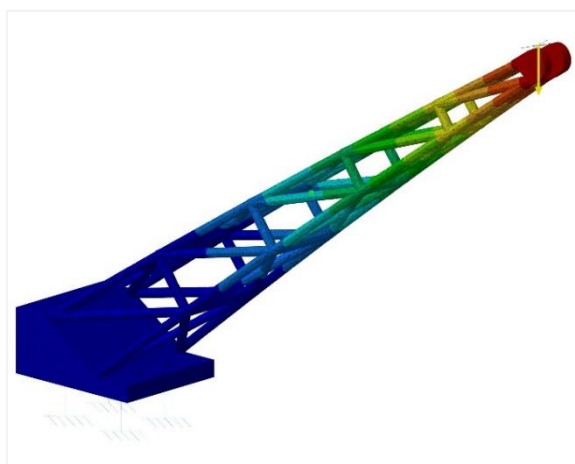
3.5 FEM-ANALYS

I CATIA V5 utfördes en FEM-analys på kranarmen. Genom att skapa en *Rigid Virtual Part* för belastningspunkten kunde en *Distributed Force* på -0,491 N i Z-led appliceras på denna punkt. Kraften motsvarar en tyngd på 0.05 kg med en tyngdacceleration på 9,82 m/s².

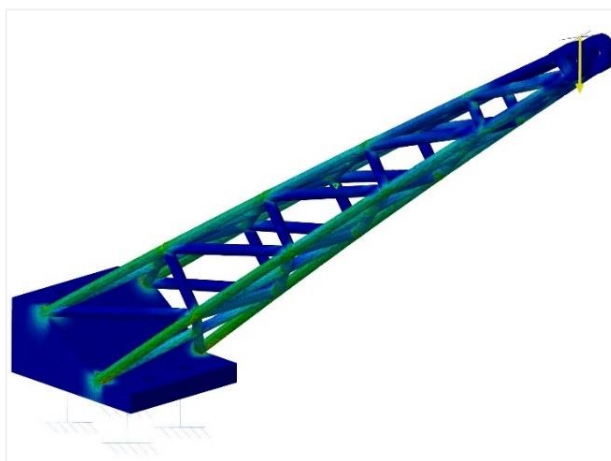
Clamp användes på kranarmens undersida som är i kontakt med hytten för att låsa fast armens undersida i alla riktningar.

Vi analysen användes materialet *Plastic* för kranarmen vilket ger en approximation av krafternas påverkan på materialet av den 3D-skrivna kranarmen i PLA-plast. Via PLA-plastens datablad hittar vi informationen; Densiteten på materialet *Plastic* är 1200 kg/m^3 , Elasticitetsmodulen för materialet är $2.2 \cdot 10^9 \text{ pascal (N/m}^2\text{)}$, (se *Bilaga A & Bilaga B*).

Genom denna FEM-analys kan vi se att förflyttningen är som störst 0,171 mm, (se Figur 15). *Poissons konstant* för materialet är 0.38, (se Figur 16) för armens *Von Mises Stress* vid belastning. Påfrestningen är som störst 0.32 MPa (N/m^2), vilket ligger väl under maxpåfrestningen för PLA enligt datablad.

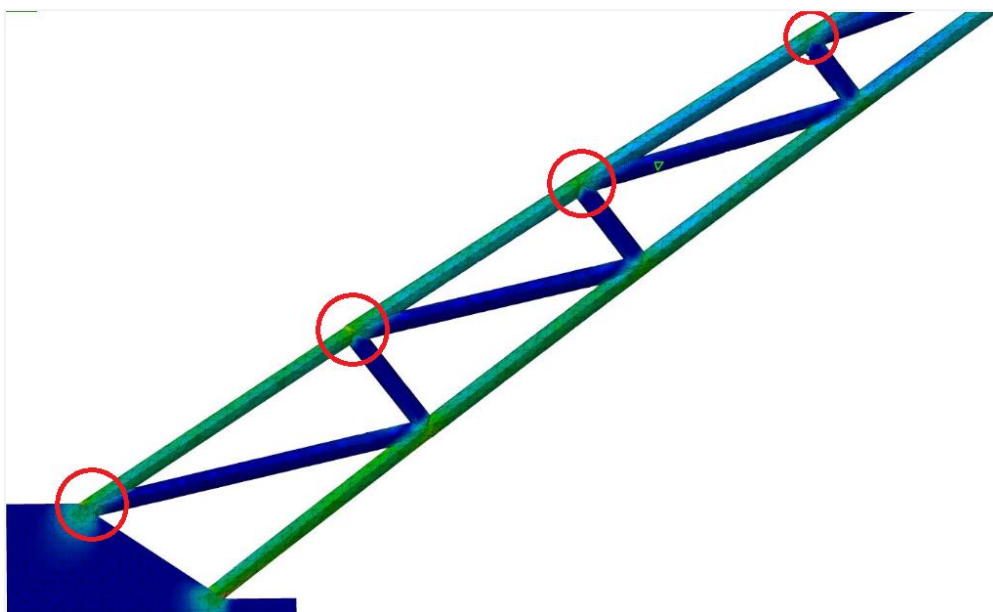


Figur 15. FEM - Displacement



Figur 16. FEM – Von Mises Stress

Notera hur fackverket fördelar belastningen från den nedre delen av bommen till den övre, (se Figur 17). Här är det de nedre pelarna som tar mest belastning på grund av att kranarmen kraftas belastas neråt. Med hjälp av de mindre stöden som är monterade på sidorna av bommen så överförs en del belastning till de övre pelarna.



Figur 17. Fackverk kraftfördelning

4 RESULTAT

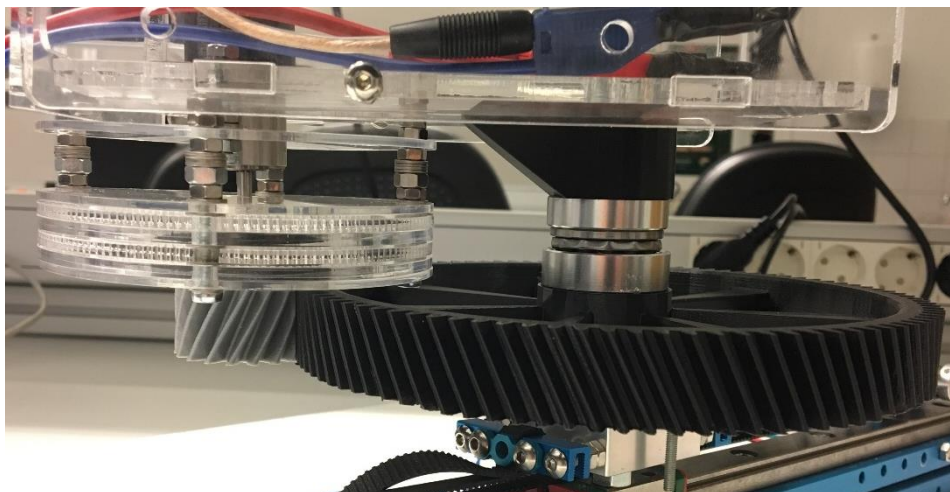
4.1 HÅRDVARA

Resultatet av de mekaniska delarna som var ett krav för kranen blev bra. Delar som inte var ett krav tillverkades för att göra kranen så pass optimal som möjligt.

Följande delar tillverkades (se Bilaga C):

- **Additiv tillverkning:**
 - Kranarm
 - Motorfäste#1
 - Motorfäste#2
 - Lintrumma
 - Kugghjul x2 (ett drev samt ett hjul)
 - Platta
 - Distans
 - Last (Europapall)
- **Laserutskärning:**
 - Planetväxel x2

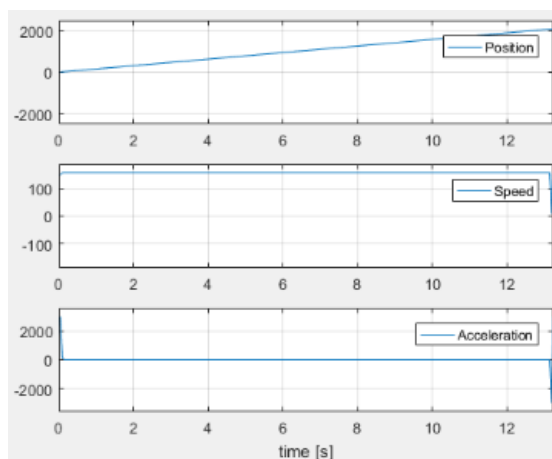
Nedan (se Figur 18) visas sammankopplingen av planetväxlarna samt drev och hjul som är monterad på undersidan av hytten.



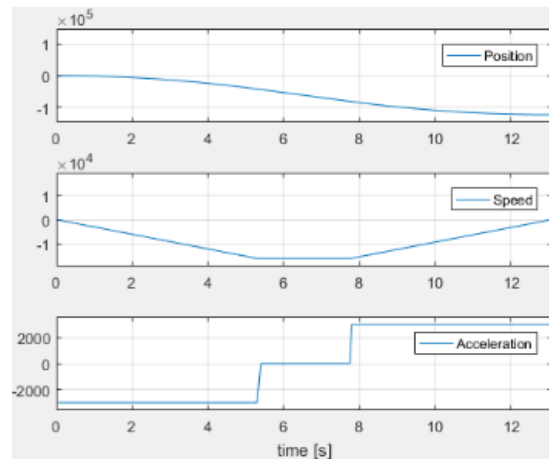
Figur 18. Växellåda

4.2 MJUKVARA OCH HÅRDVARA

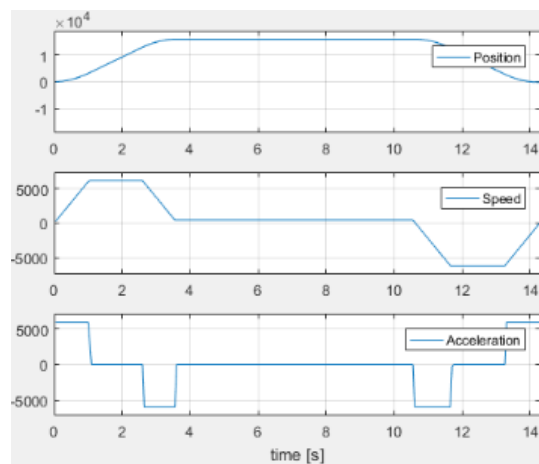
Hela systemet fungerar enligt de krav som ställdes, möjligheten att förflytta kranen från en punkt till en annan. Systemet beräknar fram hur kranen skall förflytta sig med hjälp av nuvarande positionen och gränsvärdet. Den tar fram två möjliga rutter men väljer den bästa. Skrivs slutpositionens koordinaterna (300,19) in i systemet kan positionsförflyttningen visas med hjälp av grafer. Via graferna kan den tiden det kommer att ta för förflyttningen att visas, här kommer det sammanlagt ta ca 13 sekunder för kranen att förflytta sig från startpositionen (0,0) till (300,19) (se Figur 19 & Figur 20). För Z-led kommer det ta ca 14 sekunder (se Figur 21) och anledningen till det är att lasten måste kunna höjas upp från arbetsplanen innan förflyttningen.



Figur 19. X-led

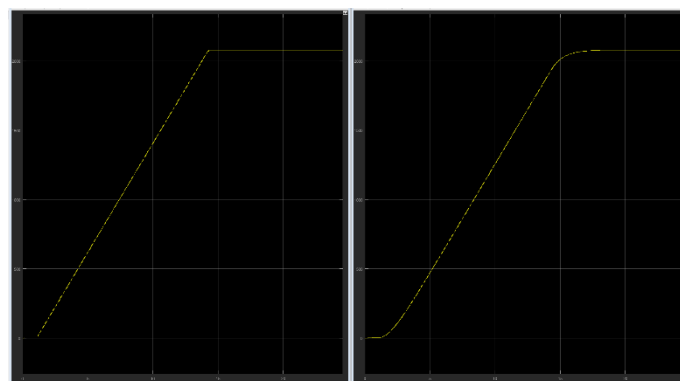


Figur 20. Y-led



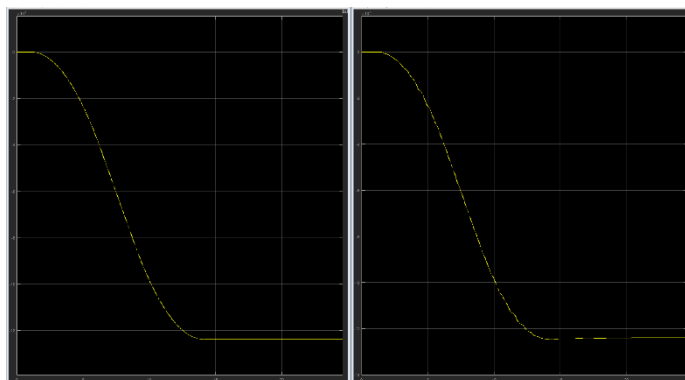
Figur 21. Z-led

Den förflyttning som utförts efter att kranen kört till sin slutposition kan läsas av via Simulinks grafer. Här visas exakt hur kontinuerligt kranen förflyttade sig i X-led, vänster graf visar positionsprofilen och höger graf är det resulterande positionsvärdena som skickas från stegmotorn (se Figur 22).



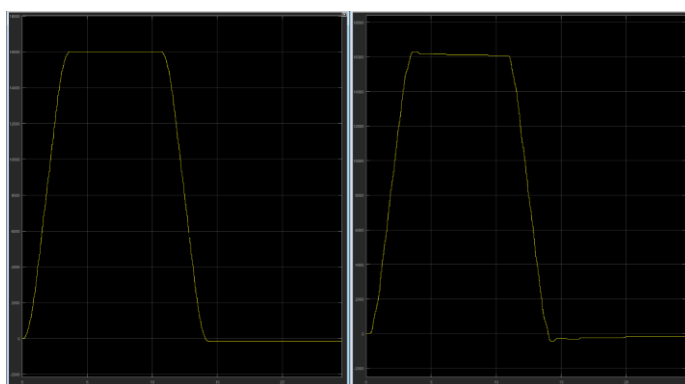
Figur 22. Förflyttning i X-led, stegmotor

Vridningen som utförs på kranen visas via grafer, där den vänstra grafen är positionsprofilen för kranrotationen och den högra grafen visar resultatet av positionsvärdena från pulsgivaren i motorn (se Figur 23).



Figur 23. Förflyttning i Y-led, kranrotation

Lintrummans positionsprofil som visas på den vänstra grafen efterliknar det resulterande positionsvärdena från pulsgivaren i motorn som syns på den högra grafen (se Figur 24).



Figur 24. Förflyttning i Z-led, lintrumma

Resultatet efter att kört kranen mellan två positioner upprepat tre gånger med varierande positioner, (se Tabell 1). Medelvärdet av noggrannheten är 4,61 mm och för precisionen är medelvärdet 1mm.

Körning	Felvärde (500,100)	Felvärde (100,100)
1	2mm	6mm
2	1mm	6mm
3	1mm	6mm
	Felvärde (200,100)	Felvärde (500,200)
1	3mm	2mm
2	1mm	2mm
3	1mm	2mm
	Felvärde (200,400)	Felvärde (500,200)
1	2mm	13mm
2	4mm	13mm
3	5mm	13mm

Tabell 1. Resultat av körningar

5 DISKUSSION

5.1 MEKANISKA DELAR

5.1.1 Kranarmen

Kranarmen är konstruerad med fackverk, ett konstruktionssystem som bildar trianglar för att erhålla en stabil konstruktion. Fördelarna med fackverk är bland annat högt materialutnyttjande vilket bidrar till att kostnaderna blir mindre vid tillverkningen.

Vid den additiva tillverkningen av kranarmen var vi tvungna att dela upp den i två delar. Storleken var för stor för att få kunna få plats i 3D-skrivaren. Skulle det vara en verklig kranarm hade det varit till en fördel att dela upp kranarmen på grund av att transporten blir enklare.

På grund av att kranarmen är tillverkad med additiv tillverkning som utför en lager på lager utskrift kan de ske risker med tillverkningen. Via FEM-analysen tittar vi på krafter som går neråt från toppen och det resulterar i att den klarar av dessa. Skulle det uppkomma en kraft sidledes in mot kranarmen är det större chans att den bryts på grund av att lager på lager utskriften gick nerifrån och upp. Via analysen syns klara tecken på varför fackverk är en fördel vid konstruktionen, de belastningar som förekommer på den nedre två pelarna fördelas vidare till de två övre pelarna och gör att den klarar av högre påfrestningar, (se Kapitel 3.5).

5.1.2 Kugghjul

Svagheter för kugghjulen har förbättrats under projektets gång. Allra första drevet som designades kom ut med fel vinkel på tänder från den additiva tillverkningen, (se Figur 25). Detta kunde ha undvikits genom att köra en animering via CATIA för att se om drevet fungerade tillsammans med hjulet. Detta hade inte bara sparat på tid utan även på materialet.



Figur 25. Drevet med fel vinkel på tänderna

När mjukvaran testades hittades brister som behövdes förbättras för hjulet. För att få den optimala lösningen visade det sig att vi måste fästa den på ett bra sätt. Efter en hel del körningar visade det sig att hjulet började lossna från skruven som ska fästa den på

vridbordet. Här beslutades det att *plattan* skulle konstrueras och en extra del på hjulet behövdes läggas till.

Att vi valde att köra med snedskurna kuggar har varit ett bra beslut, de fördelar som sägs om snedskurna kuggar visar sig stämma överens med det praktiska. Inget ljud skapas mellan drevet och hjulet samt att den kontinuerliga kontakten inte blir oregelbunden.

När vi bestämde storlek på kuggjulen så utgick vi från antalet kuggar, och framför allt förhållandet mellan antal kuggar på kugghjulen för att få en hög utväxling utan att diametern på kugghjulen blev för liten eller för stor. Detta gav en ej standardiserad modul på kuggarna och betydligt större kuggstorlek än önskat. Det hade varit mer optimalt om vi från början valde en liten standardiserad modul och sedan utveckla kugghjulen och kuggarna utifrån denna enligt beräkningarna som redogörs i Kuggjul och utväxling.

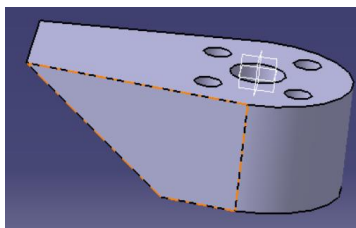
5.1.3 Planetväxlar

När det kommer till planetväxlarna behövdes en snabb lösning för att öka utväxlingen på motorn. Fördelen och grunden till varför vi använde oss av laserskärare var för att kunna minska på tillverkningstiden. Utan planetväxeln blev det för mycket friktion och vid körning kunde vi se hur strömmen ökade i spänningsaggregatet för att motorn inte klarade av kraften som skapades. Istället för att ta fram endast en planetväxel blev det två som är monterade på varandra och som utgör en utväxling på 6.8 för varje planetväxel. Detta resulterade i att vi fick en jämnare rörelse men friktion fanns fortfarande kvar (se Kapitel 5.2.1). Planetväxelns kuggar som skapades första gången hade för stora och för få tänder vilket resulterade i att den fastnade vid flertal tillfällen (se Figur 26). Ny design skapades med fler samt mindre tänder. Extra lager tillverkades för att hålla planeterna på sin position och kontakt med solen för att minska friktionen inuti planetväxeln. Tiden för att ta fram planetväxlarna tog längre tid än förväntat. Hade vi haft bredare kunskaper om vad som skulle behövas tänka på kan vi kunnat minska på tillverkningstiden.



Figur 26. Planetväxel med för stora tänder

Svagheter som finns kring planetväxlarna som skulle kunna justeras är placeringen under hytten. På grund av att det inte var tänkt att skapa en planetväxel när projektet påbörjades har den inte fått en optimal placering, vilket gör att hela hytten får en belastning som är för hög i bakre delen. Den mekaniska delen kallat distans skapades för att göra det möjligt att placera planetväxlarna mellan hytten och hjulet. Den spetsiga delen på distansen (se Figur 27) konstruerades för att göra hytten mer horisontell då den annars lutade mer.



Figur 27. Distans

5.1.4 Lintrumman

Vid tillverkningen av lintrumman och mjukvaran har vi inte tagit hänsyn till att omkretsen ökar för varje varv som snurras. Det är så pass litet fel vilket har gjort att vi valt att bortse från detta. Vid den additiva tillverkningen av lintrumman skapades support mellan de cirkulära väggarna vilket resulterade till vassa kanter. Riskerna finns att linan fastnar i en vass kant och det leder till att Z-led blir fel. Justeringar gjordes med hjälp av en fil, men inte helt optimal lösning. Det som kunde gjort annorlunda är att välja ett annat material för linan som inte har en tendens att fasta.

5.2 MJUKVARA OCH HÅRDVARA

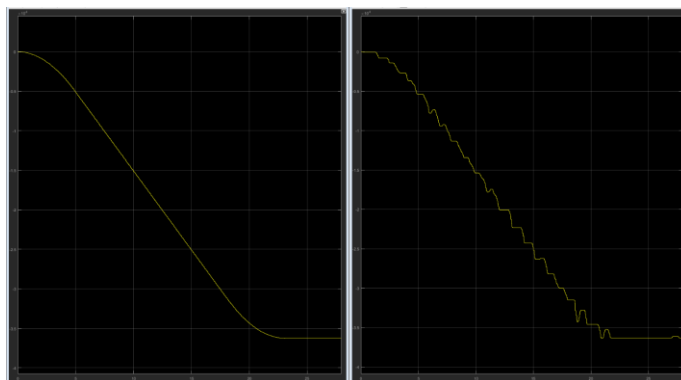
För att förbättra systemet kalibrerades den ett par omgångar. Genom att testköra till olika positioner samt upprepa dessa positioner hade vi möjligheten att förbättra resultatet. Efter ett par körningar kan det konstateras att noggrannheten av förflyttningen inte är hundra procent korrekt. Den inputen som vi skriver in i systemet skall vara i enlighet med positionen som lasten placeras sig på efter körning, här skiljer input av positionen och slutposition med cirka 4 mm. Svagheten här är belastningen som planetväxeln tillför med och gör att hela hytten inte står helt horisontellt.

En utmaningarna i projektet var att samspelet mellan mjuk- och hårdvaran ska vara felfri. Vi har stött på situationer där det inte fungerat mellan dessa delar men har arbetat med förbättringar. För att få ett felfritt mekatroniskt system måste alla beräkningar vara helt korrekta. Exempelvis gäller det att variablerna som finns i mjukvaran som vrider x antal varv måste vara i enlighet med de beräkningar som skett på de mekaniska delarna som samspelet med motorerna.

Nackdelen under körningarna var hastigheten det tog för kranen att förflytta sig mellan punkterna. En ändring i mjukvaran som hanterar accelerationen och hastigheten på motorerna justerades. Från att förflyttningarna tog upp till 30 sek har det justerats att det kommer ta max 20 sek.

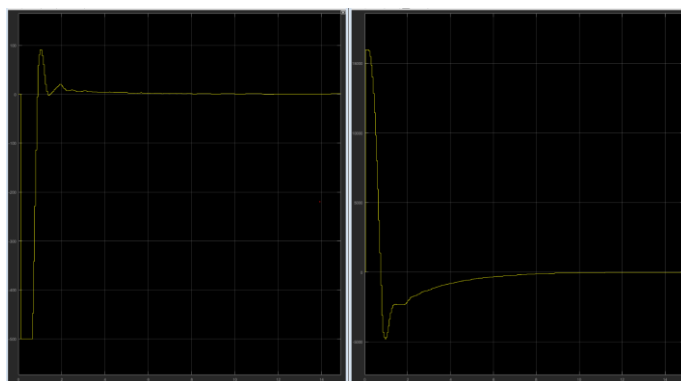
5.2.1 Justeringar för ett förbättrat system

Första varianten av planetväxeln som tillverkades är ett exempel som visar att samspelet mellan mjuk- och hårdvara är viktigt för att få ett kontinuerligt system. Tittar vi på positionsprofilen till vänster och jämför den med den resulterande positionsprofilen som visas på höger sida, (se Figur 28) ser vi den friktion som skapades. På grund av fel mått på kuggarna resulterade det till att hela vridningen blev hackig.



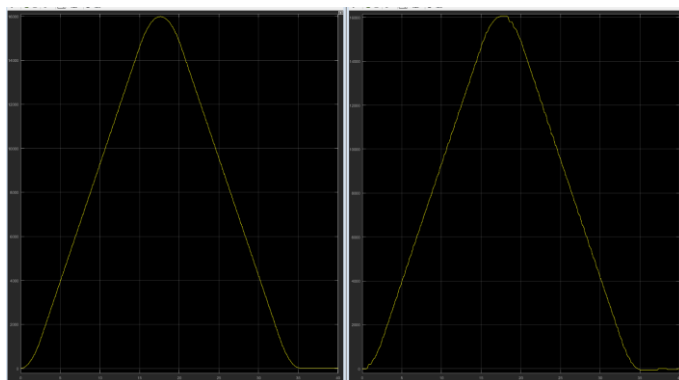
Figur 28. Vridningsresultat vid förflyttning

Ett fel som upptäcktes när den nya planetväxeln monterades var att motorn för rotationen fick en grov översväng i början när andra eller kommande körningar utfördes. Via grafen från Simulink visas positionsprofilen på vänster sida och det resulterade positionsvärdet från pulsgivaren på motorn syns på höger sida (se Figur 29). Det vi hittade var att första värdet som skickades in till motorn började alltid på 0 och det skiljer sig från värdet som motorn befann sig på. Detta resulterade till att motor skapade en översväng för att kunna komma upp till 0 och därefter följa positionsprofilen. Detta justerades genom att vi alltid skickar in en 0:a innan de övriga värdena som kommer in i positionsprofilen. Felet fanns fortfarande närvarande efter denna justering på grund av att återkopplingen vi har i systemet. Nu jämfördes ärvärdet som är 0 med börsvärdet som hade ett mycket högra tal beroende vart kranen befann sig. Genom att lägga till ännu en 0:a i positionsprofilen jämförs rätt värden och det blir en kontinuerlig förflyttning.



Figur 29. Fel vid start

Första stadiet för Z-led var att den åkte upp till toppen som var satt på 18 cm, därefter körde motorn ner till botten (se Figur 30). Detta avancerades upp genom att den tiden det tar för att komma upp till positionen används för att beräkna hur länge lasten skall hålla sig uppe för att undvika de hinder som placeras på arbetsplanen. Det den gör är att ta reda på totala tiden det skall ta för hela förflyttningen därefter beräknar ut tiden den ska hålla sig uppe genom att ta totala tiden subtraherat med accelerationen och retardationen.



Figur 30. Förflyttning Z-led

6 REFERENSER

- [1] "Gear," How stuff works, [Online]. Available: <https://science.howstuffworks.com/transport/engines-equipment/gear.htm>. [Använd 05 Januari 2019].
- [2] "Gear basic," How stuff works, [Online]. Available: <https://science.howstuffworks.com/transport/engines-equipment/gear1.htm>. [Använd 05 Januari 2019].
- [3] "Kugghjul," Mekanex, [Online]. Available: <https://www.mekanex.se/produkter/komponenter/kugghjul/cylindriska-kugghjul/>. [Använd 07 Januari 2019].
- [4] "Planetary gear," Researchgate, [Online]. Available: https://www.researchgate.net/figure/Torsional-model-of-planetary-gear-stage-with-M-planet-gears-in-Simscape-SimDriveline_fig7_266392784. [Använd 08 Januari 2019].
- [5] "FEM," Manortool, [Online]. Available: <https://www.manortool.com/finite-element-analysis>. [Använd 03 Januari 2019].
- [6] "CATIA," 3ds, [Online]. Available: <https://www.3ds.com/products-services/catia/>. [Använd 03 Januari 2019].
- [7] "Matlab," Mathworks, [Online]. Available: <https://se.mathworks.com/discovery/what-is-matlab.html>. [Använd 03 Januari 2018].
- [8] "Simulink," Mathworks, [Online]. Available: <https://se.mathworks.com/products/simulink.html>. [Använd 03 Januari 2019].
- [9] B. Carlsson, "REPETITION (OCH LITE NYTT) AV REGLERTEKNIKEN," [Online]. Available: www.it.uu.se/edu/course/homepage/h2orentek/WWT98/RepReg.pdf. [Använd 07 Januari 2019].
- [10] "Planetary Gears – a masterclass for mechanical engineers," [Online]. Available: <https://www.engineeringclicks.com/planetary-gears/>. [Använd 07 Januari 2019].

Safety data sheet PLA

Ultimaker

1. Identification of the substance / preparation and of the company

1.1 Trade name	PLA
1.2 Use of the product	3D printer filament
1.3 Supplier	Ultimaker B.V. Watermolenweg 2 4191 PN, Geldermalsen The Netherlands
Emergency phone number	In case of toxicological emergency, contact your doctor

2. Hazards identification according to regulation (EC) No 1272/2008 and GHS

2.1 Classification of the substance or mixture	No risk exists to the health of users if the product is handled and processed properly
2.2 Label elements	Not applicable
2.3 Other hazards	Not known

3. Composition / information on ingredients

3.1 Composition	Polylactic acid
3.2 Mixture	Not applicable

4. First-aid measures

4.1 Description of first-aid measures

General advice	If you feel unwell, seek medical advice (show the label where possible). Never give anything by mouth to an unconscious person
Inhalation	In case of inhalation of gases released from molten filament, move person into fresh air
Skin contact	Wash with soap and water. Seek medical attention if symptoms occur. If burned by contact with hot material, cool molten material adhering to skin as quickly as possible with water – do not try to peel it off. Seek for medical attention, if necessary, for removal and treatment of the burns
Eye contact	Any material that contacts the eye should be washed out immediately with water. If easy to do, remove contact lenses. Seek medical attention if symptoms persist. If molten material contacts the eye, immediately flush with plenty of water for at least 15 minutes. Seek medical attention immediately
Ingestion	Not probable. Seek medical advice in case ingestion occurs
Note to physician	Treat symptomatically

4.2 Most important symptoms and effects, both acute and delayed	Burns should be treated as thermal burns. The material will come off as healing occurs; therefore immediate removal from skin is not necessary
4.3 Indication of any immediate medical attention and special treatment needed	No data available

5. Firefighting measures

5.1 General advice	Material can accumulate static charges which may cause an electrical spark (ignition source). Use proper bonding and/or grounding procedures
5.2 Extinguishing media	Foam, carbon dioxide (CO ₂), water, dry chemical. Alcohol resistant foams are preferred if available. General purpose synthetic foams (including AFFF) or protein foams may function, but are much less effective Unsuitable extinguishing media: not known
5.3 Special hazards arising from the substance or mixture	Burning produces unpleasant and toxic fumes: carbon oxides (CO _x) and aldehydes
5.4 Advice for firefighters	Use self-contained breathing apparatus and full protective clothing

6. Accidental release measures

6.1 Personal precautions, protective equipment, and emergency procedures	Avoid breathing gases released from molten filament. Ensure adequate ventilation, especially in confined areas
6.2 Environmental precautions	No data available
6.3 Methods and materials for containment and cleaning up	Allow to solidify molten material. Dispose of waste and residue according to local regulations
6.4 Reference to other sections	-

7. Handling and storage

7.1 Precautions for safe handling	Avoid contact with molten material
7.2 Conditions for safe storage, including any incompatibilities	Product should be stored in a dry and cool place at temperatures between -20 to +30 °C. Avoid direct sunlight. Minimize moisture uptake by leaving it in a sealed package together with the supplied desiccant
7.3 Specific end use(s)	Filament for 3D printing

8. Exposure controls / personal protection

8.1 Control parameters	None
DNEL	No data available
PNEC	No data available
8.2 Exposure controls	
Eye protection	Use safety glasses for prolonged staring at printing
Skin and body protection	Good practices suggest to minimize skin contact. When material is heated, wear gloves to protect against thermal burns

Respiratory protection	If engineering controls do not maintain airborne concentrations below recommended exposure limits (when applicable) or to an acceptable level (in countries where exposure limits have not been established), an approved respirator must be used. Respirator type: air-purifying respirator with an appropriate government-approved (where applicable) air-purifying filter, cartridge, or canister. Contact a health and safety professional or manufacturer for specific information
Hand protection	Follow good industrial hygiene practices
Hygiene measures	Follow good industrial hygiene practices
Engineering measures	Good general ventilation (typically 10 air changes per hour) is recommended. Ventilation rates should be matched to conditions. If applicable, use process enclosures, local exhaust ventilation, or other engineering controls that maintain airborne levels below recommended exposure limits. If exposure limits have not been established, maintain airborne levels to an acceptable level

9. Physical and chemical properties

9.1 Information on basic physical and chemical properties

Appearance	Filament
Color	Various (incl. transparent)
Odor	Slight
Flash point	-
Ignition temperature	388 °C
Thermal decomposition	250 °C
Auto-ignition temperature	-
Melting point / range	145 - 160 °C
Density	1.24 g/cm ³
Water solubility	Insoluble
Solubility in other solvents	Chloroform smoothable

9.2 Other information

-

10. Stability

Stable under recommended storage conditions

10.1 Reactivity

No data available

10.2 Chemical stability

Biodegradable

10.3 Possibility of hazardous reactions

No decomposition or hazardous reactions if stored and applied as directed

10.4 Conditions to avoid

Print temperatures above 240 °C (at standard printing speeds)

10.5 Incompatible materials

Oxidizing agents, strong bases

10.6 Hazardous decomposition products

See 5.2

11. Toxicological information

11.1 Information on toxicological

effects Principal routes of exposure Acute toxicity

Eye contact, skin contact, inhalation, ingestion

There were no target organ effects noted following ingestion or dermal exposure in animal studies

Skin corrosion / irritation

May cause eye / skin irritation. Product dust may be irritating to eyes, skin, and respiratory system. Caused mild to moderate conjunctival irritation in eye irritation studies using rabbits. Caused very mild redness in dermal irritation studies using rabbits (slightly irritating)

Serious eye damage / eye irritation

No data available

Respiratory or skin sensitization

No data available

Reproductive toxicity Carcinogenicity

No data available

No data available

12. Ecological information

12.1 Toxicity

No data available

12.2 Persistence and degradability

-

12.3 Bio accumulative potential

Does not bio accumulate

12.4 Mobility in soil

No data available

12.5 Results of PBT and vPvB assessment

No data available

12.6 Other adverse effects

No data available

13. Disposal considerations

13.1 Waste treatment methods

In accordance with local and national regulations

14. Transport information

ADR

Not regulated

RID

Not regulated

IATA

Not regulated

IMDG

Not regulated

Special precautions for user

Not regulated

15. Regulatory information

Not meant to be all-inclusive — selected regulations represented

15.1 Safety, health, and environmental regulations / legislation specific for the substance or mixture

US Regulations:

Sara 313 title III	Not listed
TSCA Inventory List	Listed
OSHA hazard category	-
CERCLA	-
WHMIS	-
State right-to-know requirements	-

Other Inventories:

Canada DSL Inventory List	Listed
REACH / EU EINECS	Components are in compliance with REACH and/or are listed
NEHAPS	-
Japan (ECL/MITI)	Listed
Australia (AICS)	Listed
Korean toxic substances control act (ECL)	Listed
Philippines inventory (PICCS)	Not listed
Chinese chemical inventory (IECSC)	Listed
15.2 Chemical Safety Assessment	No data available

16. Other information

The information provided in this Safety Data Sheet (SDS) is based on current knowledge and experience. This information is provided without warranty. This information should help to make an independent determination of the methods to ensure proper and safe use and disposal of the filament

Version Version 4.001

Date September 4, 2018

Technical data sheet

PLA

Ultimaker

Chemical composition	See PLA safety data sheet, section 3
Description	Ultimaker PLA filament provides a no-hassle 3D printing experience thanks to its reliability and good surface quality. Our PLA is made from organic and renewable sources. It's safe, easy to print with, and it serves a wide range of applications for both novice and advanced users
Key features	Good tensile strength and surface quality, easy to work with at high print speeds, user-friendly for both home and office environments, PLA allows the creation of high-resolution parts. There is a wide range of color options available
Applications	Household tools, toys, educational projects, show objects, prototyping, architectural models, as well as lost casting methods to create metal parts
Non-suitable for	Food contact and <i>in vivo</i> applications. Long term outdoor usage or applications where the printed part is exposed to temperatures higher than 50 °C

Filament specifications

	Value	Method
Diameter	2.85 ± 0.10 mm	-
Max roundness deviation	0.10 mm	-
Net filament weight	350 g / 750 g	-
Filament length	~ 44 m / ~ 95 m	-

Color information

Color	Color code
PLA Green	RAL 6018
PLA Black	RAL 9005
PLA Silver Metallic	RAL 9006
PLA White	RAL 9010
PLA Transparent	N/A
PLA Orange	RAL 2008
PLA Blue	RAL 5002
PLA Magenta	RAL 4010
PLA Red	RAL 3020
PLA Yellow	RAL 1003
PLA Pearl White	RAL 1013

Mechanical properties*

	Injection molding		3D printing	
	Typical value	Test method	Typical value	Test method
Tensile modulus	-	-	2,346.5 MPa	ISO 527 (1 mm/min)
Tensile stress at yield	-	-	49.5 MPa	ISO 527 (50 mm/min)
Tensile stress at break	-	-	45.6 MPa	ISO 527 (50 mm/min)
Elongation at yield	-	-	3.3%	ISO 527 (50 mm/min)
Elongation at break	-	-	5.2%	ISO 527 (50 mm/min)
Flexural strength	-	-	103 MPa	ISO 178
Flexural modulus	-	-	3,150 MPa	ISO 178
Izod impact strength, notched (at 23 °C)	-	-	5.1 kJ/m ²	ISO 180
Charpy impact strength (at 23 °C)	-	-	-	
Hardness	-	-	83 (Shore D)	Durometer

Electrical properties*

	Typical value	Test method	Typical value	Test method
Dissipation factor (at 1 MHz)	-	-	0.008	ASTM D150-11
Dielectric constant (at 1 MHz)	-	-	2.70	ASTM D150-11

Thermal properties

	Typical value	Test method
Melt mass-flow rate (MFR)	6.09 g/10 min	ISO 1133 (210 °C, 2.16 kg)
Heat detection (at 0.455 MPa)	-	-
Heat deflection (at 1.82 MPa)	-	-
Vicat softening temperature	-	-
Glass transition	~ 60 °C	ISO 11357
Coefficient of thermal expansion	-	-
Melting temperature	145 - 160 °C	ISO 11357
Thermal shrinkage	-	-

*See notes

Other properties

	Value	Test method
Specific gravity	1.24	ASTM D1505
Flame classification	-	-

Notes

Properties reported here are average of a typical batch. The 3D printed test specimens were printed in the XY plane, using the normal quality profile in Ultimaker Cura 2.1, an Ultimaker 2+, a 0.4 mm nozzle, 90% infill, 210 °C nozzle temperature, and 60 °C. The values are the average of five white and five black specimens for the tensile, flexural, and impact tests. The Shore hardness D was measured in a 7-mm-thick square printed using the normal quality profile in Ultimaker Cura 2.5, an Ultimaker 3, a 0.4 mm print core, and 100% infill. The electrical properties were measured on a 54-mm-diameter disk with 3 mm thickness printed in the XY plane, using the fine quality profile (0.1 mm layer height) in Ultimaker Cura 3.2.1, an Ultimaker 3, a 0.4 mm print core, and 100% infill. Ultimaker is constantly working on extending the TDS data.

Disclaimer

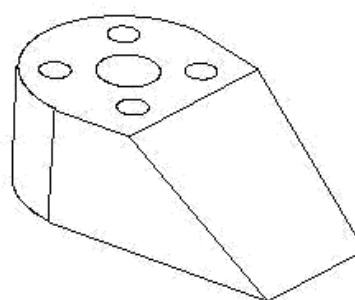
Any technical information or assistance provided herein is given and accepted at your risk, and neither Ultimaker nor its affiliates make any warranty relating to it or because of it. Neither Ultimaker nor its affiliates shall be responsible for the use of this information, or of any product, method or apparatus mentioned, and you must make your own determination of its suitability and completeness for your own use, for the protection of the environment, and for the health and safety of your employees and purchasers of your products. No warranty is made of the merchantability or fitness of any product; and nothing herein waives any of Ultimaker's conditions of sale. Specifications are subject to change without notice.

Version	Version 4.002
Date	November 19, 2018

D C B A

4

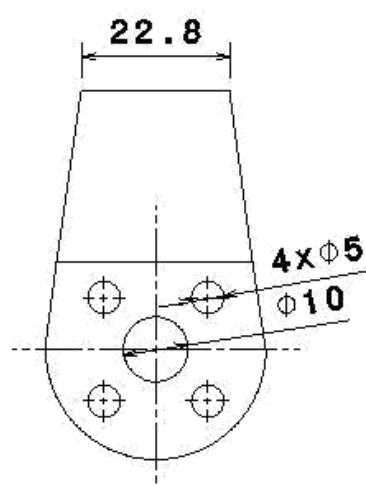
4



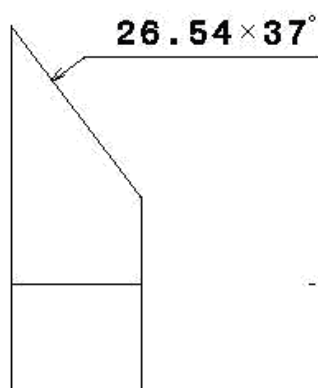
Isometric view

3

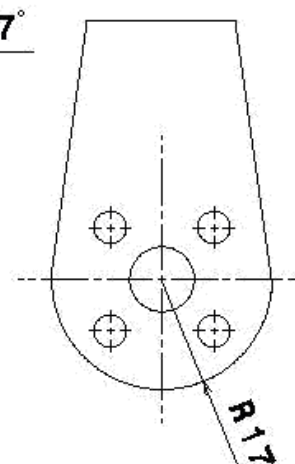
3



Right view



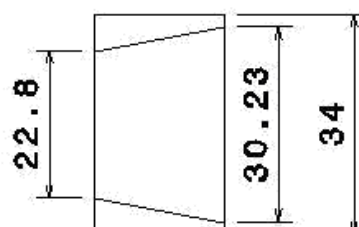
Front view



Bottom view

2

2



Top view

This drawing is our property.
It can't be reproduced
or communicated without
our written agreement.

DT4017 - KRAN

DRAWING TITLE

DRAWN BY

DATE

johhel/joshol

12/28/2018

Distans

CHECKED BY

DATE

XXX

XXX

SIZE

DRAWING NUMBER

REV

A4

2

X

DESIGNED BY

DATE

XXX

XXX

SCALE

1:1

WEIGHT(kg)

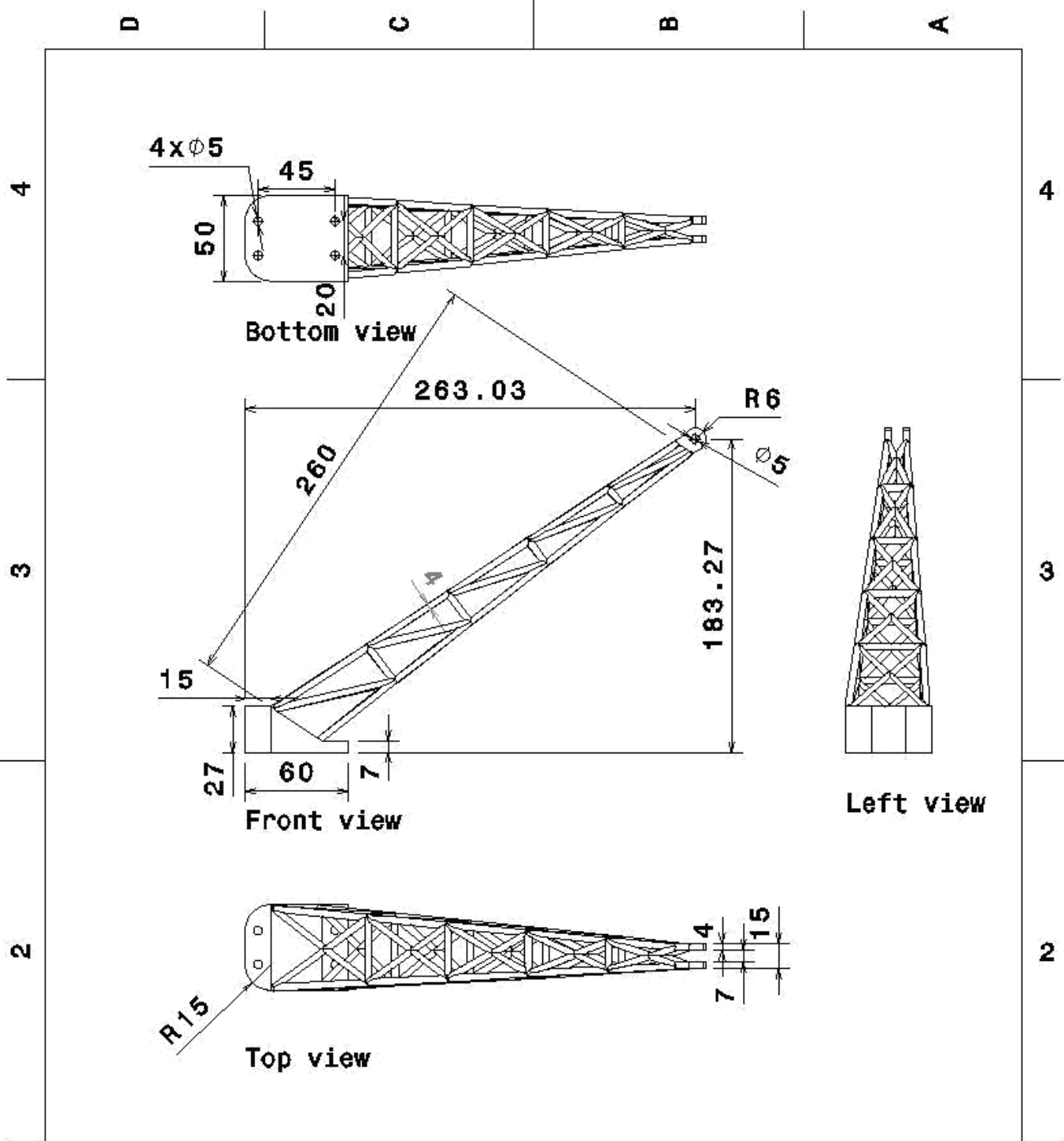
0.02

SHEET

1/1

D

A



This drawing is our property.
It can't be reproduced
or communicated without
our written agreement.

DT4017 - KRAN

DRAWING TITLE

DRAWN BY

DATE

johhel/joshol

12/28/2018

Kranarm

CHECKED BY

DATE

XXX

XXX

SIZE

DRAWING NUMBER

A4

10

REV

X

DESIGNED BY

DATE

XXX

XXX

SCALE

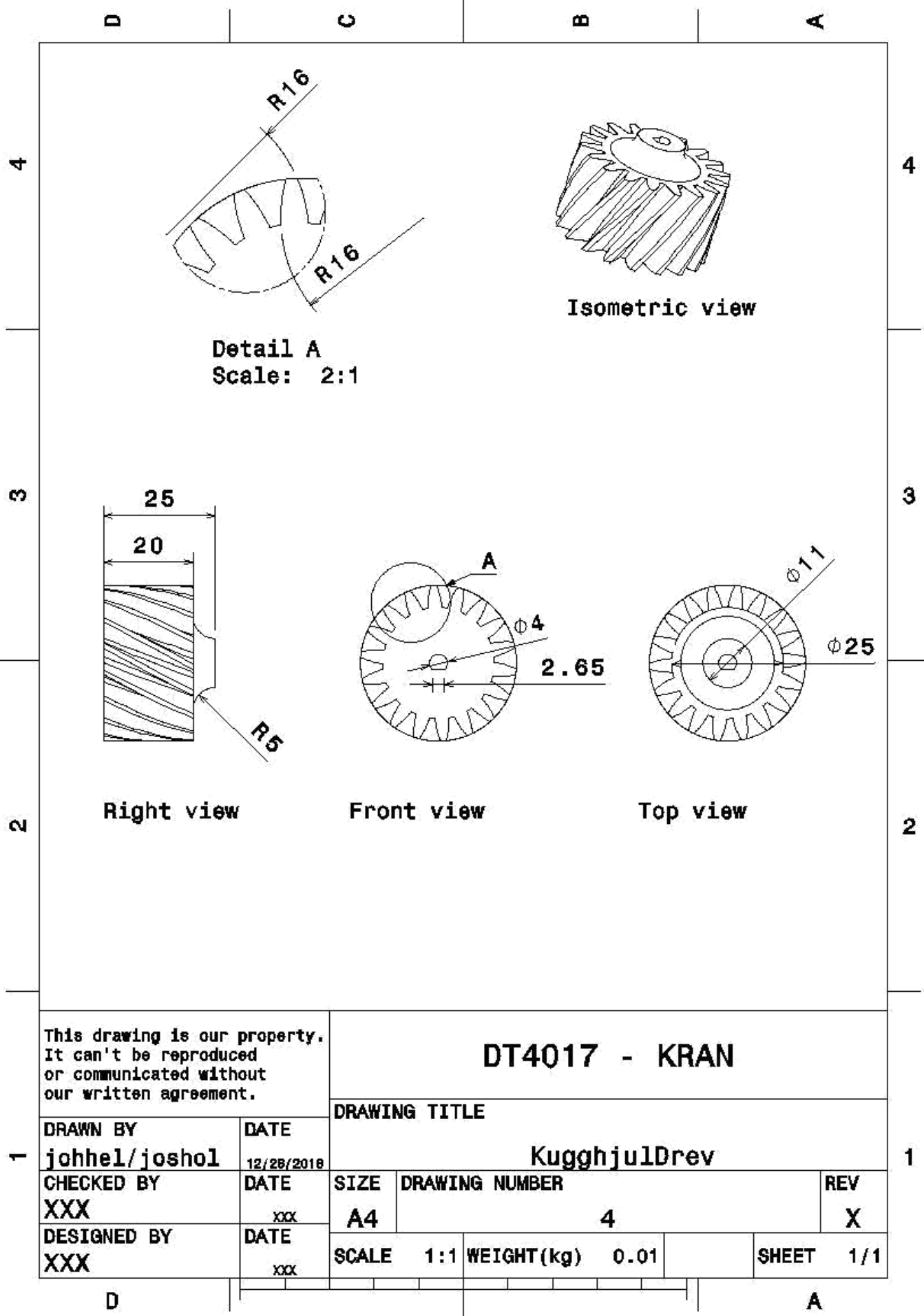
1:3

WEIGHT(kg)

0.08

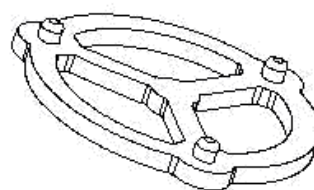
SHEET

1/1



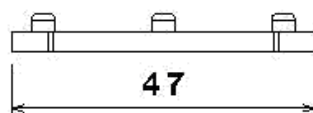
D C B A

4



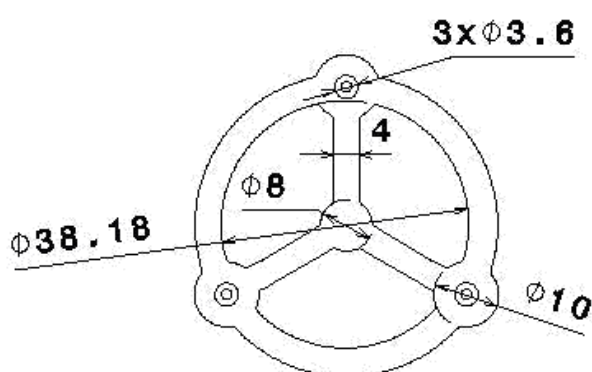
Isometric view

4

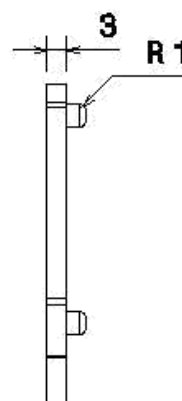


Bottom view

3



Front view



Left view

3

2

2

This drawing is our property.
It can't be reproduced
or communicated without
our written agreement.

DT4017 - KRAN

DRAWING TITLE

DRAWN BY

DATE

johhel/joshol

12/28/2018

Planetarm

CHECKED BY

DATE

XXX

XXX

SIZE

DRAWING NUMBER

A4

8

REV

X

DESIGNED BY

DATE

XXX

XXX

SCALE

1:1

WEIGHT(kg)

0.00

SHEET

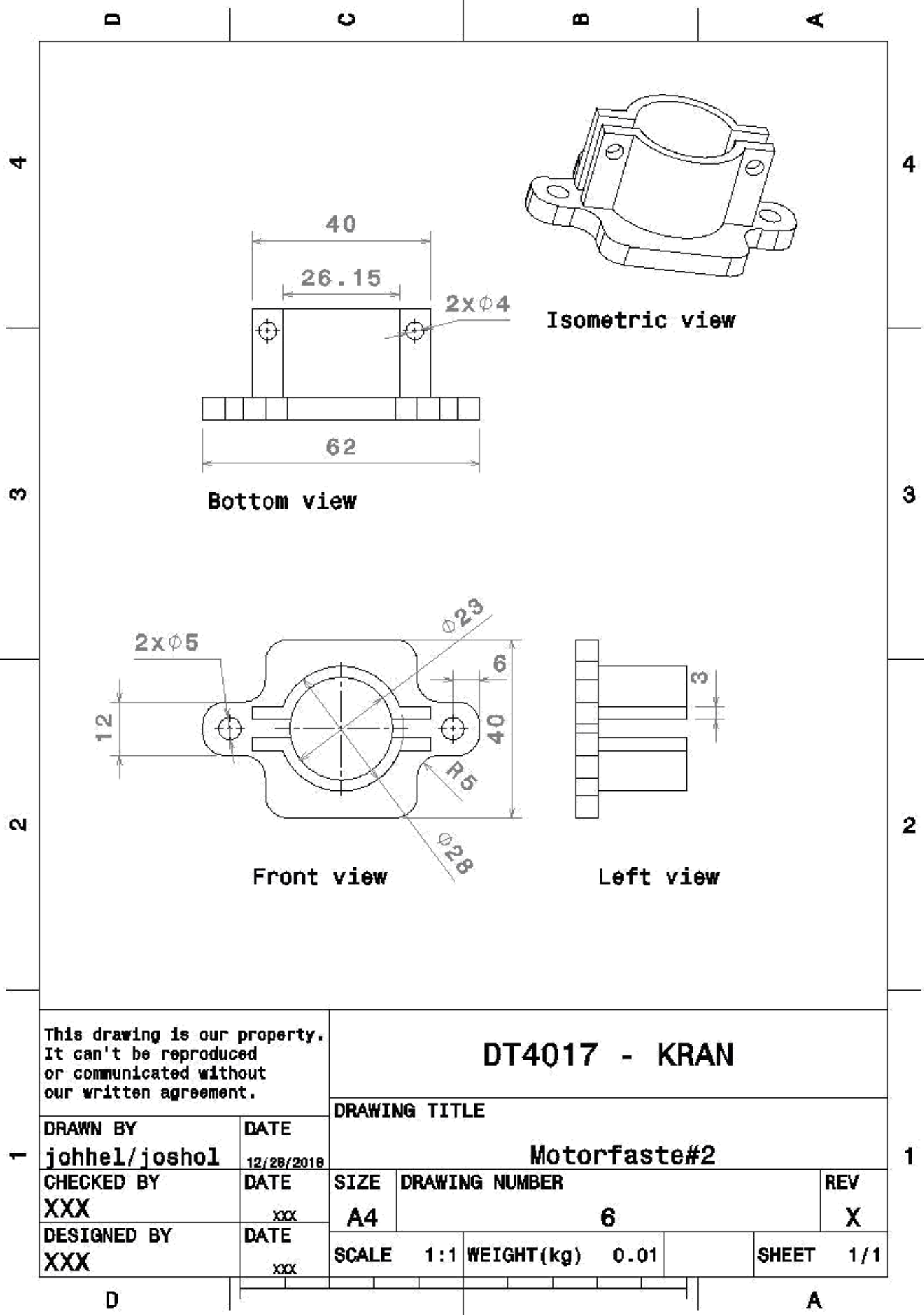
1/1

D

A

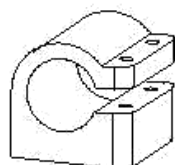
1

1



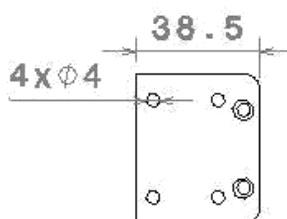
D C B A

4



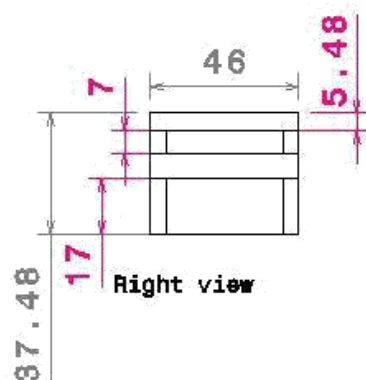
Isometric view

4



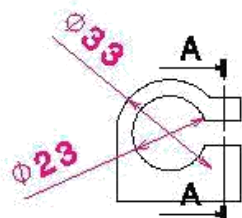
Bottom view

3

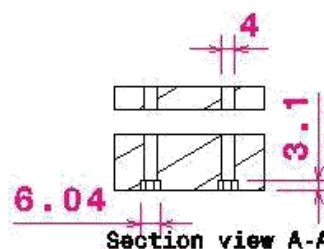


Right view

3

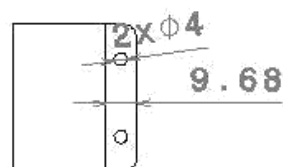


Front view



Section view A-A

2



Top view

2

This drawing is our property.
It can't be reproduced
or communicated without
our written agreement.

DT4017 - KRAN

DRAWING TITLE

DRAWN BY

DATE

johhel/joshol

12/28/2018

Motorfaste#1

CHECKED BY

DATE

XXX

XXX

SIZE

DRAWING NUMBER

A4

5

REV

X

DESIGNED BY

DATE

XXX

XXX

SCALE

1:2

WEIGHT(kg)

XXX

SHEET

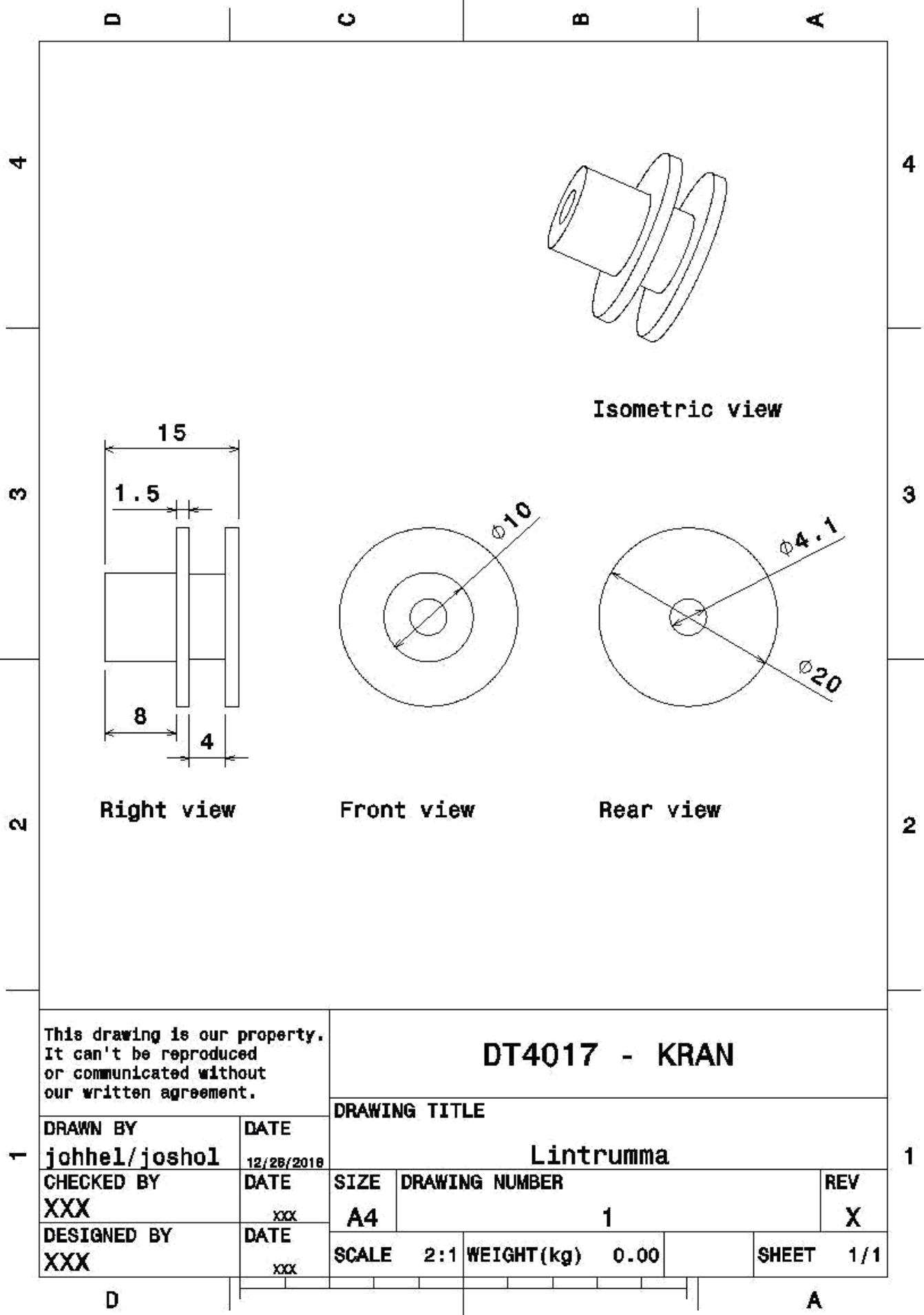
1/1

D

A

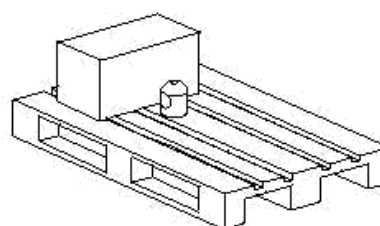
1

1



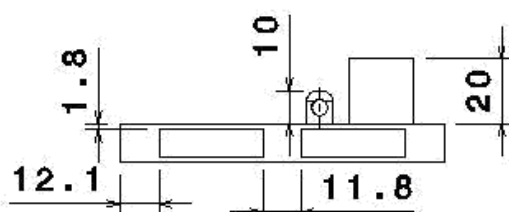
D C B A

4



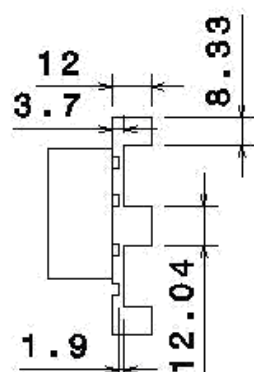
Isometric view

4



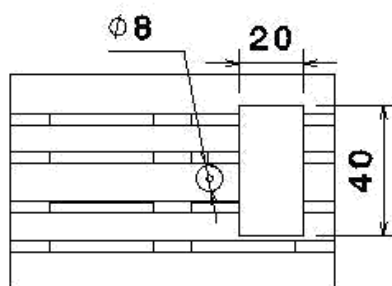
Bottom view

3

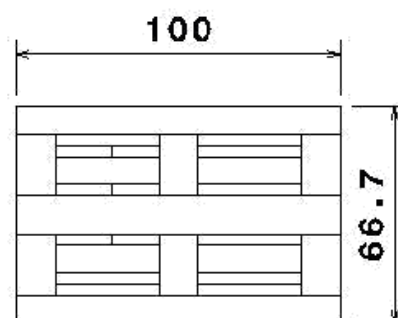


Right view

2



Front view



Rear view

2

This drawing is our property.
It can't be reproduced
or communicated without
our written agreement.

DT4017- KRAN

DRAWING TITLE

DRAWN BY

DATE

johhel/joshol

12/28/2018

EUpa11

CHECKED BY

DATE

XXX

XXX

SIZE

DRAWING NUMBER

REV

A4

3

X

DESIGNED BY

DATE

XXX

XXX

SCALE

1:2

WEIGHT(kg)

0.05

SHEET

1/1

D

A

1

1

