

Sensorifiering av grep och rotator på skogsmaskin



Zacharias Olausson br/ Christoffer
Magnusson

**Högskoleingenjör, Bilsystemteknik
2022**

Luleå tekniska universitet
Institutionen för teknikvetenskap och matematik

Förord

Under vårterminen 2022 har ett examensarbete inom bilsystemteknik utförts av två studenter på Luleå Tekniska universitet och till detta examensarbete behövs denna rapport också. Vi vill tacka Magnus Karlberg, Torbjörn Lindbäck och Håkan Lindskog för handledningen med val av sensorer, planering och tillgång till skogsmaskinen.

Sammanfattning

Detta projekt har målet att hitta och implementera en lösning för att mäta grepens vinkel samt överföra den mätdata och rotatorns position till styrenheten för den autonoma drivningen då den i dagsläget saknar detta. För att uppnå detta mål så användes Ulrich & Eppingers metod för produktutveckling. Man börjar planera, söka behov från kund, framställa krav och skapa koncept för att få fram det bästa resultatet. Det bästa konceptet var en hydraulcylinder med en inbyggd linjär lägesgivare då det hade varit den mest robusta lösningen, men den var för dyr och då blev det i stället det nästa bästa konceptet, en extern lägesgivare. Arduino med WiFi valdes att använda för att överföra mätdata trådlöst. Det ursprungliga målet att montera en ny givare och testa den nåddes tyvärr inte på grund av tidsbrist. En CAD-modell av givaren där den är monterad på cylindern skapades och testning av kommunikationen genomfördes. CAD-modellen visar att givaren får plats och kan monteras samt att trådlös kommunikation med WiFi är en lämplig lösning.

Abstract

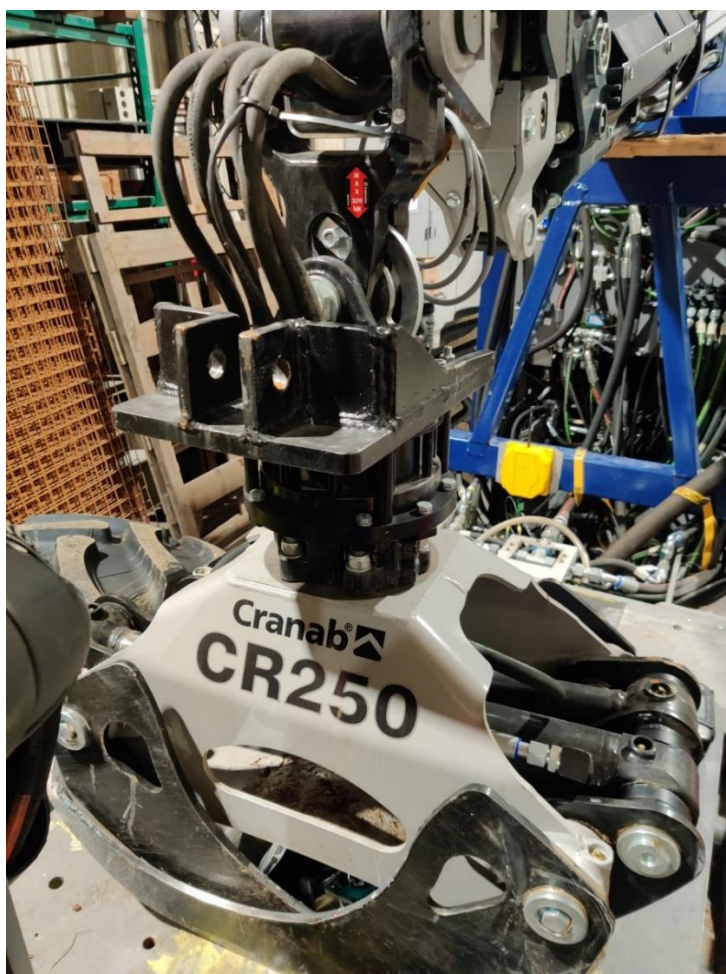
The goal of this project is to find and implement a solution to measure the angle of the claws and transmit that data and the position of the rotator to the control unit as the machine currently lacks this information. To achieve this goal Ulrich & Eppingers method for product development was used. You start by planning the project, then identify the needs of the client, translate those needs into measurable points and make concepts based on these points. The best concept was to replace the current hydraulic cylinder that controls the claws with a new one that has a built-in position sensor as it would be the most robust solution. It was however too expensive and so the next best solution was chosen which was an external linear position sensor. An Arduino with WiFi was chosen to transmit the data wirelessly. The original goal of implementing the chosen sensor could not be done due to time constraints. A CAD-model of the sensor where it is mounted to the hydraulic cylinder was made and testing of the wireless communication was performed. The CAD-model shows that the sensor does fit and can be mounted, and the testing of the wireless communication proves that it is a possible solution.

Innehållsförteckning

1. Inledning	1
2. Metod	2
2.1. Planering	2
2.2. Behovsanalys	2
2.3. Kravspecifikation och metrik	3
2.4. Benchmark	4
2.5. Konceptgenerering	4
2.6. Konceptutvärdering	4
2.7. Konceptval	5
2.8. Detaljkonstruktion	5
2.9. Mätning och testning	6
3. Resultat	7
3.1. Behovsanalys	7
3.2. Metrik och kravspecifikation	8
3.3. Konceptgenerering	9
3.4. Konceptutvärdering	10
3.5. Konceptval	12
3.6. Detaljkonstruktion	12
3.6.1. <i>CAD-Modell av givare</i>	13
3.6.2. <i>Överföring av data</i>	16
4. Diskussion och slutsats	18
4.1. Diskussion	18
4.2. Felkällor	18
4.3. Slutsats	18

1. Inledning

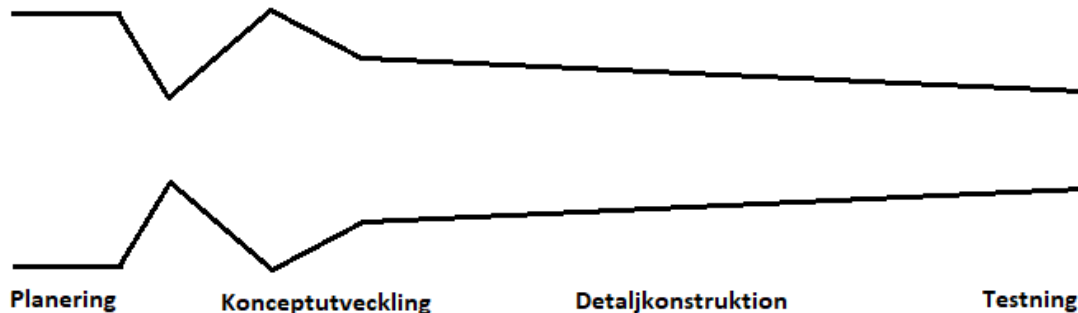
Världens första autonoma skogsmaskin är ett pågående projekt på Luleå Tekniska Universitet. Detta projekt är en del av arbetet med terrängfordonsplattformen. Det är en plattform som används för att utveckla autonoma lösningar som kan användas inom exempelvis jord- och skogsbruk. (Stridsman, 2020). Kranen till maskinen har inget system som mäter vinkeln på grepen utan i stället mäts tiden när grepen stängs och öppnas. För att maskinen ska kunna plocka upp och släppa objekt behöver den mycket mätdata för att styra sig själv och grepen. Därför behövs en givare som kan mäta grepens position. Dessutom är det för mycket kablar och trådar från aggregatet till grepen och för en maskin som kommer arbeta mycket i skogen kan en gren lätt skada de utsatta kablarna och skapa en flaskhals i produktionen. Detta är inte optimalt om maskinen ska ut på marknaden för allmänheten att köpa. Det hade behövts en trådlös lösning för att skicka mätdata från aggregatet som kan hjälpa att få bort alla kablarna från kranen och minska risken för en olycka. Målet med detta projekt var att utveckla trådlösa lösningar för dataöverföring av grepvinkeln från grepen och aggregatets position från rotatorn sak dessutom fungera för den befintliga rotatorsensorn.



Figur 1; Grep till skogsmaskin

2. Metod

Detta projekt består av två delar. En del där en sensor för att mäta grepens läge ska väljas och implementeras och den andra delen består av att hitta ett sätt att överföra datan från den nya sensorn och rotatorns befintliga sensor. Arbetet med att utveckla dessa lösningar följde Ulrich & Eppingers metod som beskrivs nedan.



Figur 2: Produktutvecklingsprocess baserad på Ulrich & Eppingers metod [14]

I Figur 2 syns en bild som är grundad i Ulrich & Eppingers metod för produktutveckling. Den beskriver hur arbetet börjar med en planering där flera olika aspekter kan behöva tas i beaktning. Den smalnar sedan ner till en färdigställd planering som kan användas under projektets gång. Sedan blir figuren bredare igen under konceptutvecklingsfasen då många olika koncept som kan tänkas användas ska tas upp. Därefter smalnar figuren av under arbetets gång för att symbolisera att konceptet som valts förfinas tills den slutligen kan säljas på marknaden. (Ulrich, Eppinger, 2014)

2.1. Planering

Det första steget i en Ulrich & Eppinger metod (Figur 2) är planeringen som kan ses i Bilaga 1. Ett Gantt-schema i både Google Drive Sheets och Microsoft Excel användes för att skapa en överblick i projektet på vad som ska göras, när det skulle göras och hur lång tid de olika momenten kommer ta. Varje del fick en viss preliminär tid som det förväntades att ta och det finns alltid förväntningar på att det kan ändras när en planering görs. Planeringen gjordes i två delar, läsperiod 3 och läsperiod 4. Läsperiod 3 gjordes i mitten av januari och Läsperiod 4 gjordes tidigt april.

2.2. Behovsanalys

De behov som behövde uppfyllas gavs av handledare under de inledande mötena för projektet och under mötena gjordes anteckningar på handledarens behov. Efter mötena tolkades behoven som sades under mötena och skrevs om till mer konkreta behov. Behovsanalysen låg sedan till grund för kravspecifikationen. Detta kan ses i Figur 4.

2.3. Kravspecifikation och metrik

När de viktigaste behoven var dokumenterade gjordes en transformation till en kravspecifikation där de uppfattade behoven från kunden från behovsanalysen tas upp och omvandlar dem till krav. Ett behov kan delas upp i olika krav som kan ses i vissa rader i Figur 3. När kravställningen är färdig är det dags att börja kolla över metriken, hur dessa krav ska mätas, och hur alla krav ska prioriteras, i detta fall ansågs numrering mellan 1–5 lämpligast. Alla krav måste uppfyllas av den slutliga produkten.Handledarna hjälpte också till med att värdera alla kraven.

2.4. Benchmark

Benchmarking är ett moment där information om andra liknande produkter på marknaden ska användas för att ge minimivärden på den metrik som används för kraven som definierats tidigare. Då detta projekt utvecklar en produkt som inte finns på marknaden fanns det inte mycket att jämföra med.

Benchmark kan vara problematiskt då specifikationer hos andra företag ska hittas för att ha något att jämföra med sin egen produkt. Detta gör det lättare att veta vad marknaden gillar/vill ha men det är sällan företag går ut med så pass specifika specifikationer och om det inte finns information så lämnas rutan blank.

2.5. Konceptgenerering

Efter kravspecifikationen har sammanställts tas olika koncept fram som kan tänkas uppfylla de kraven. De olika koncepten inkluderar olika sensorer som kan användas för att mäta den sökta rotationen på gripfen. Enligt Ulrich & Eppingers teori togs det fram så många olika koncept som möjligt då det finns många olika typer av sensorer och sätt att mäta rotationen, direkt eller indirekt.

2.6. Konceptutvärdering

När dessa koncept hade visats upp för handledarna genomfördes en "screening" som direkt kunde välja bort flera alternativ då de fallerade på den viktigaste punkten vilket är monterbarhet. De typer av givare som valdes bort var IMU, vajergivare, optiska mätare och tryckgivare. Det ansågs exempelvis att flertalet av givarna antingen var för stora för att få plats i det trånga utrymmet eller att de hade varit för känsliga för den arbetsmiljö de kommer befinna sig i. Därefter fick de kvarvarande alternativen en djupare utvärdering i form av en "scoring-matris" där koncepten rangordnades efter poäng som gavs till koncepten. Dessa poäng gavs ut enligt en poängmatris som konstruerades utifrån de givna värden som gick att hitta i de olika sensorernas specifikationer, exempelvis pris, IP-klass och noggrannhet. På mötena med handledare lades det sedan till givare som skulle utvärderas såsom linjärgivare och dragcylinder med intern lägesgivare.

2.7. Konceptval

Under ett efterföljande möte valdes alla koncept bort förutom dragcylinder för att handledarna önskade att veta mer om dragcylindrar då de var både bäst när det gäller robusthet och monterbarhet. Det begärdes en offert från ett företag angående en hydraulcylinder med lägesgivare men det visade sig att den var för dyr. Efter många möten och diskussioner visade det sig att scoringmatrisen inte var applicerbar för projektet då monterbarhet och robusthet var två kriterier som spelade mycket större roll än de andra och detta går att hantera genom att öka vikten på dessa kriterier. Handledarnas erfarenheter användes för att ta besluten i stället för scoringmatrisen. Då den nya hydraulcilindern var för dyr valdes externa linjärgivare i stället då de var mest prisvärda och monterbara.

Tidigt i projektets skede bestämdes det att någon sorts trådlös överföring av mätdatat från givarna till datorn skulle vara fördelaktig. Dels på grund av att eventuella kablar hade varit utsatta i den arbetsmiljö som maskinen ska befinna sig i och att det hade varit för arbetskrävande att montera kablar hela vägen från grepen i kranens ände tillbaka till styrenheten. En metod som utvärderades var att använda tre Arduino mikrokontroller där två var kopplade till varsin givare och radiosignalsändare och en mikrokontroll skulle vara mottagare för båda signalerna och kopplad till datorn. Detta valdes dock bort då det inte skulle vara möjligt att särskilja signalerna från radiosändarna. Det bestämdes därefter att Arduinos med WiFi skulle användas för att överföra mätdatat i stället då WiFi redan används för en del andra funktioner och det skulle vara lätt att integrera. Det används då två Arduinos för att ta emot den analoga mätdatan i form av spänning, transformera det till en vinkel som sedan skickas med WiFi till en router längre bak i maskinen. Från denna router skickas datan vidare till styrenheten och används av det självstyrande programmet.

2.8. Detaljkonstruktion

När ett slutligt koncept har blivit klart och godkänt av handledarna var det dags att börja med CAD ritningar. Det som behövde göras var att rita monteringsfästen för sensorn, rita givaren själv och en assembly som används för att fästa sensorn på de monteringsfästena som ritats på hydraulcilindern. Detta gjordes för att undersöka om sensorn kan monteras, att den inte är ett mekaniskt stopp för andra delar i grepen och att den kan sitta på cylindern när cylindern är fullt ihoptryckt och fullt utdragen.

2.9. Mätning och testning

När sensorn är bestämd och CAD-modellerna är klara är det dags för att testa latensen på signalen från arduinon. Kranen på skogsmaskin ska nå tio meter säger handledarna och då var det lämpligt att mäta upp tio meter åt fyra olika riktningar (fram, bak, höger, vänster). Innan det mättes upp testades räckvidden på signalen genom att gå längre och längre från WiFi routern och fortfarande ha en latens. När maxavståndet var uppmätt var det dags att börja mäta varannan meter i taget ända ut till tio meter.

3. Resultat

3.1. Behovsanalys

Behov nr.	Behov	Tolkat behov			
1	Lösningen ska vara hållfast/robust	Sensorn ska klara av låga temperaturer samt fysiska påfrestningar			
2	Hög signalkvalité	Signalen ska vara stabil och ha kort latens			
3	Lågt pris	Lågt pris men det viktigaste är att få med funktionalitet			
4	Strömmatning	Helst inte batterier och försöka ha så få kablar som möjligt, helst inga			
5	Grepen ska ha rätt vinkel mot det som ska plockas upp	Ska kunna mäta rotatorns vinkel			
6	Ge information om grepens position	Mäta grepens läge			
7	Fungera med andra verktyg än grepen	Lösningen ska kunna anpassas till olika verktyg			
8	Lösningen ska kunna implementeras i slutet av Mars	Kort leveranstid			

Figur 3: Behovsanalys

Totalt identifierades 8 olika behov som kan ses i den vänstra kolumnen i Figur 3. I den mittersta kolumnen finns alla de behoven som antecknades under de första mötena och i den högra kolumnen är alla tolkade behoven som gjordes efter mötena som en uppfattning av de behoven handledarna gav uttryck för.

3.2. Metrik och kravspecifikation

Krav nr.	Behov nr	Metrik	Enhet	Vikt
1	1	Lösningen ska klara av låga arbetstemperaturer	C	3
2	1	Lösningen ska klara av smällar	N	4
3	1	Lösningen ska klara av smuts	-	3
4	1	Vattentålighet	IP-klass	4
5	2	Signalen ska inte tappa koppling	[ms]	5
6	2	Kort latens	ms	4
7	2	Frekvensomfång	Hz	5
8	3	Inköpspris	tkr	2
9	4	Undvika kablar	-	4
10	4	Stabil strömmatning	%V	5
11	5	Mäta rotatorns vinkel	grader	5
12	7	Ska kunna anpassas till olika verktyg	-	1
13	8	Kort leveranstid	dagar	5
14	6	Noggranhet av grepens position	mm	5
15	9	Monterbarhet		4
16	10	Volym		3
17	10	Vikt	g	2

Figur 4: Metrik och kravspecifikation

I Figur 4 visas kravspecifikationen inklusive metrik och vikt. I kravspecifikationen visas det att högt värderade krav är fyror och femmor så som att sensorn ska klara av smällar och att signalen inte får tappa koppling medan de lägre värderade kraven är ettor och tvåor som till exempel vikten på sensorn och inköpspriset. När det gäller inköpspriset så värderas den lägre för att det är viktigare att sensorn uppfyller så många krav som möjligt än att den kostar för mycket, samtidigt får den inte kosta vad som helst. Tyngd relativt till stockarna som kranen kommer lyfta kommer aldrig vara av stor vikt men samtidigt får den inte väga vad som helst och väger den mycket så lär den ha en större volym och det är viktigare att sensorn får plats. Krav nummer 12 är den enda ettan av den anledningen att det är mer ett önskemål än ett krav. Själva benchmarken är väldigt tom på grund av att företaget inte har delat med sig av specifikationerna.

3.3. Konceptgenerering

Efter kravspecifikationen var framställd så påbörjades konceptgenereringen. I det steget användes "brainstorming" för att få fram så många olika koncept typer av givare som kunde tänkas användas för att ge den mätdata som eftersöktes. Ett antal olika typer av givare hittades och handledare kom några egna förslag.

De koncept som genererades först var rotationsgivare, linjärgivare, optiska mätare, hydrauliska tryckgivare och gyroskop. Rotationsgivare är sensorer som monteras på en roterande axel för att direkt mäta vinkelförändringen på axeln när den roterar. Rotationsgivaren hade då mätt vinkeln på axeln som klorna till grepen är monterad på ([5] och [6]). När en linjärgivare dras in och ut mäter den sträckan för en viss translationsrörelse. Linjärgivaren hade då kunnat mäta hydraulcylinderns rörelse när den trycks in och ut ([2] och [3]). En optisk mätare hade avläst positionen på cylindern med hjälp av någon sorts kamera ([10]). En hydraulisk tryckgivare hade kunnat mäta trycket i hydraulslangarna som går till grepen och indirekt mäta positionen på den då hydraulcylinderns läge beror på trycket ([11]). Gyroskop kan mäta den absoluta vinkeln på det den är monterad på ([12]).

Hädanefter hjälpte handledarna till att generera fler koncept som vajergivare och hydraulcylinder med inbyggd lägesgivare. En vajergivare fungerar på liknande sätt som en linjärgivare. Den fästs på eller längs cylindern och när cylindern dras in och ut så dras vajern ut och givaren mäter avståndet ([7] och [8]). Hydraulcylinder med inbyggd lägesgivare är precis som det låter, det är exakt samma som en vanlig linjärgivare bara att den är byggd inuti hydraulcylinder så den slipper vara i vägen (Referens saknas då den behövde specialbeställas).

3.4. Konzeptutvärdering

	5	4	3	2	1
Arbetstemperatur(°C)	>-40	-30	-20	-10	0<
Fukttålighet	>=IPx6	IPx5	IPx4	IPx3	<=IPx2
Krocktålighet	-	-	-	-	-
Smutstålighet	IP6x	IP5x	IP4x	IP3x	<IP2x
Noggrannhet					
Volym	-	-	-	-	-
Inköpspris	<2000	2000kr	4000kr	6000kr	>8000kr

Figur 5; Poängmatrix Scoring

I Figur 5 syns en poängmatrix som användes för scoringmatrisen och hjälpte till att göra det enklare att ge poäng i olika kategorier till de olika sensorerna som jämfördes. Allting bedömdes mellan 1–5 där 1 är det sämsta och 5 är den bästa poängen som syns i den översta raden. I typiska applikationsområden kan det bli -40°C och då är det viktigt att sensorn kan hantera en sådan kyla. Fukttålighet och smutstålighet korrigerades till IP-klass och om sensorn hade en högre skyddsklass fick den mer poäng. En skyddsklass kan till exempel skrivas "IP54" där femman är skyddsklassen i smutstålighet och fyran är skyddsklassen i fukttålighet. Krocktålighet var med från mötena men det fanns ingen statistik på det. I stället bedömdes krocktåligheten beroende på hur skyddat de kunde monteras. Noggrannheten bedömdes som kan synas i Figur 6 och detta var på grund av att alla de olika sensorerna hade olika metriker för noggrannhet. Vissa sensorer visade lineäritet, några visade noggrannhet i procent och en del visade noggrannhet i en längdenhet (t.ex. mm, cm) med mera. På grund av de olika enheterna som användes gick det inte att sätta in värden på en poängskala. Volymen var en kombination av volym och monterbarhet som bedömdes. Det var lättare att gå mer på känsla i stället för fakta då sensorn inte fick vara för stor. Priset var ett av de viktigare kraven då sensorn verkligen inte fick vara för dyr så desto dyrare sensorn var ju sämre betyg fick den. Längst till vänster i matrisen syns alla kraven från mötena.

	IMU			Rotary encoder		Pulsgivare		Vajergivare: SP1-25	
	Vikt	Poäng	V*P	Poäng	V*P	Poäng	V*P	Poäng	V*P
Arbetstemperatur	3	2	6	5	15	2	6	3	9
Fukttålighet	4	5	20	5	20	4	16	1	4
Krocktålighet	4	2	8	3	12	3	12	3	12
Smutstålighet	3	5	15	5	15	5	15	4	12
Noggrannhet	5	0	0	0	0	0	0	0	0
Volym/monterbarhet	3	0	0	0	0	0	0	0	0
Inköpspris	2	5	10	2	4	4	8	4	8
Total Poäng			59		66		57		45
	SPD-25-3			Optisk mätning E3SCL35MOMS		E3FA-DP25-F2		Tryckgivare 3100B 0-700bar	
	Vikt	Poäng	V*P	Poäng	V*P	Poäng	V*P	Poäng	V*P
Arbetstemperatur	3	5	15	3	9	3	9	5	15
Fukttålighet	4	5	20	5	20	5	20	5	20
Krocktålighet	4	3	12	2	8	2	8	4	16
Smutstålighet	3	5	15	5	15	5	15	5	15
Noggrannhet	5	0	0	0	0	0	0	0	0
Volym/monterbarhet	3	0	0	0	0	0	0	0	0
Inköpspris	2	2	4	4	8	5	10	4	8
Total Poäng			66		60		62		74

Figur 6; Första Scoring Matrisen

De olika färgerna i Figur 6 som varje poängbedömning har betyder hur säkert det resultatet är, just i denna matris är de flesta resultaten säkra men om de är orangea beror det på att statistik inte finns och en approximering har gjorts. Ovanför de två tabellerna i Figur 6 står det generella namnet på sensorn och under det står det uppgivna namnet på hemsidorna. Poängen bedömdes enligt poängmatrisen i Figur 5 mellan 1–5 och den totala poängen räknades ut genom att ta summan alla vikt*poäng(V*P) som syns under de båda tabellerna. Längst till vänster syns alla de olika kraven som tillgivits.

Efter det första mötet där koncepten visades upp i form av en tabell som ses i Figur 6 valdes ett antal olika koncept bort. De koncept som valdes bort var IMU, vajergivare, optiska mätare och tryckgivare. IMU valdes bort på grund av att det kan bli fel mätvärden eftersom hela kranen kan gunga ganska mycket åt alla håll och det är inte optimalt för skogsmaskinens autonoma system. Vajergivaren valdes bort då vajern är väldigt utsatt för att få en gren eller liknande på sig då skogsmaskinen kommer arbeta mycket i skogsmiljöer. Vajern på givaren kan då tryckas uppåt eller neråt som kommer att visa fel värde och då kommer grepen inte att vara så öppen som det önskas. Optiska mätare valdes bort för att smuts på kamerorna gör skogsmaskinen blind och kan då inte fungera autonomt. Tryckgivarna togs bort för att det inte fanns några bra lösningar eller monteringslösningar till sensorerna. Länkar till alla givarna finns i Referenser.

	Rotary encoder									Linjära lägesgivare					
	WDGA 36A- SSI			WDGA 36A- CanOpen			Magnetisk			LWG-0150			LWG-0450		
	Vikt	Poäng	Total	Poäng	Total	Poäng	Total	Poäng	Total	Poäng	Total	Poäng	Total		
Arbetstemperatur	3	5	15	5	15	5	15	5	15	4	12	4	12		
Fukttålighet	4	5	20	5	20	5	20	5	20	4	16	4	16		
Krocktålighet	4	5	20	2	8	2	8	2	8	4	16	4	16		
Smutstålighet	3	5	15	5	15	5	15	5	15	5	15	5	15		
Noggrannhet	5	5	25	5	25	5	25	5	25	5	25	5	25		
Inköpspris	2	5	10	5	10	4	8	3	6	4	8	3	6		
Total Poäng			105		93		91		89		92		90		

Figur 7; Slutlig Scoring Matris

Efter att några av de första koncepten värderats bort fanns det två koncept kvar: rotary encoders och linjära lägesgivare visas i den överst i Figur 7. Som nämnt tidigare så motsvarar färgerna i matrisen hur säkra resultaten är, grönt är helt säkert, orange är lite osäkert och rött är osäkert. Det är samma värdering och poängsystem som den första scoring matrisen som kan ses i både Figur 5 och 6. Den enda skillnaden från den första matrisen är att kravet med monterbarhet/volym är borta. Detta är på grund av att det inte finns fakta om monterbarhet men i stället kunde handledarna avgöra hur monterbara sensorerna är. På ett möte öppnades CAD-modeller på grepen för att se om sensorerna kunde monteras men rotary encoder fann inte handledarna någon bra lösning på hur de skulle kunna monteras och då valdes koncepten men rotary encoders bort. Den bestämda sensorn blev då till slut en extern linjärgivare. En extern linjärgivare är mycket billigare än en inbyggd linjärgivare men ändå robust nog för priset och valdes på grund av den anledningen.

3.5. Konceptval

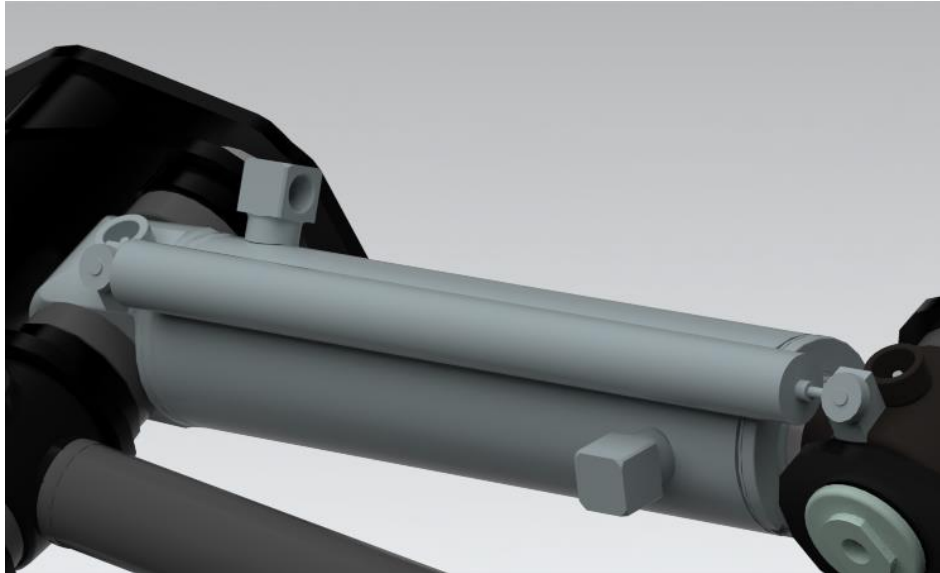
Den givare som slutligen valdes var en LWG-300 som har en slaglängd på 300mm som ansågs bättre än LWG-150 och LWG-450 som inte ansågs ha lika bra slaglängd. Den har arbetstemperaturer mellan -30 och 100 grader Celsius och har en skyddsklass på IP65 som ger sensorn bra skydd mot smuts, vatten och den tål många viktiga temperaturer.

3.6. Detaljkonstruktion

När konceptutvärderingen var färdig så var nästa steg att påbörja detaljkonstruktionen av hela lösningen.

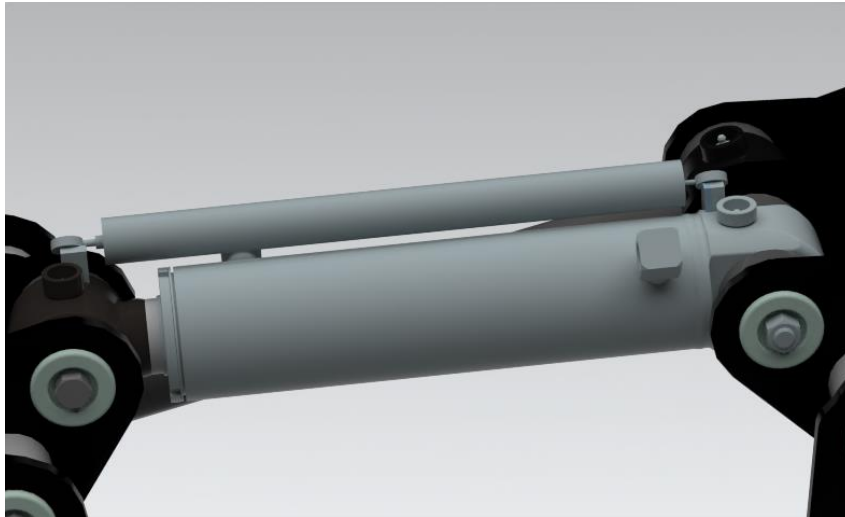
3.6.1. CAD-Modell av givare

Linjärgivaren behöver monteras på hydraulcylindern för att mäta dess rörelse. För att kunna montera den behövdes fästpunkter designas i CAD samt se till att givaren överhuvudtaget fick plats då det är trångt. Modellen av givaren utgick från ritningen i Referens 1.



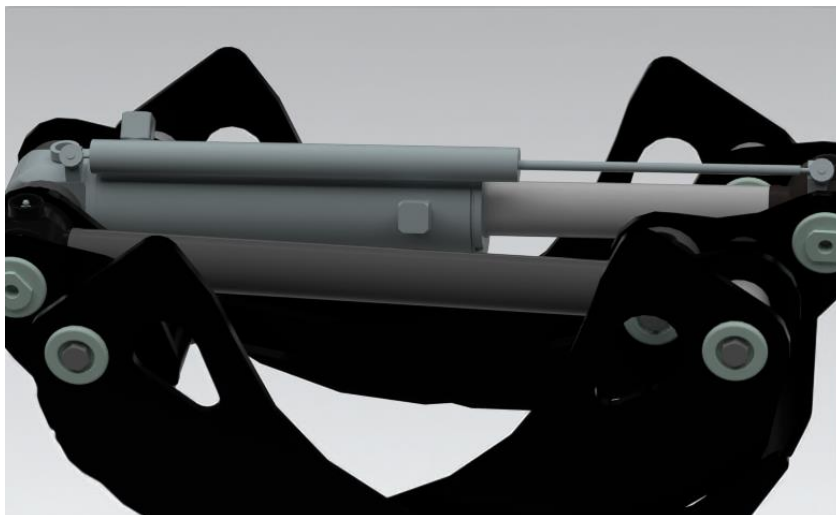
Figur 8; Överblick

I Figur 8 visas hur linjärgivaren, vilket är den mindre cylindern, kan monteras på hydraulcylindern. Den ljusgrå kåpan som syns i Figur 1 är gömd för att ge en bättre bild av givaren. Det kan svetsas fast en fästpunkt på vardera sida med en pigg som givarens fäste kan träs på.



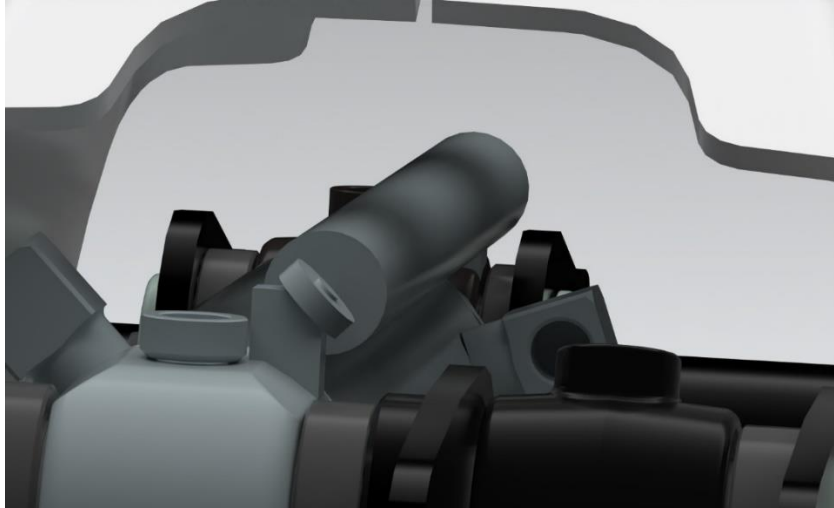
Figur 9; Överblick bakifrån

I Figur 9 syns givaren och cylindern bakifrån. Där syns det att givaren sitter nära cylindern då bedömningen har gjorts att den är mer skyddad från exempelvis grenar nära cylindern.



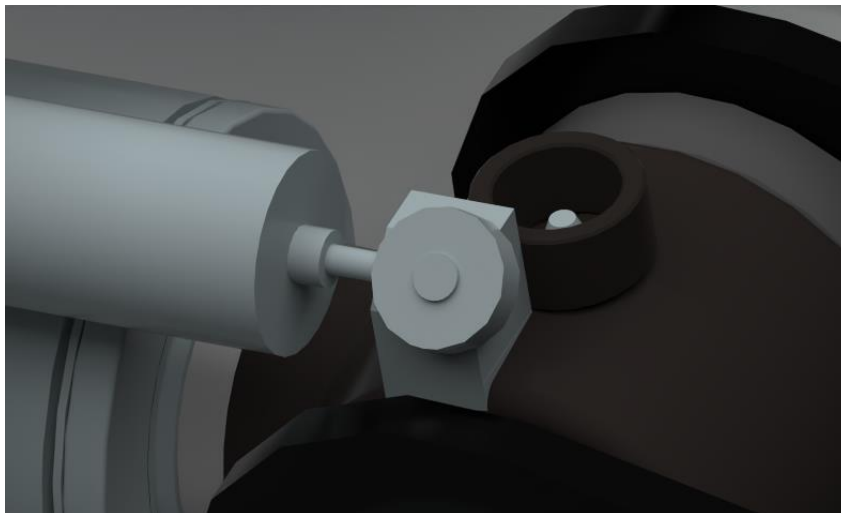
Figur 10; Överblick utdragen

I Figur 10 är grepen helt stängd och det betyder att cylindern och sensorn är så utdragna som de behöver vara. I Figur 11 syns då att med hjälp av CAD kan det konstateras att det kommer fungera. Sensorn är tillräckligt lång för att kunna mäta varje millimeter på cylindern från att den är helt öppen och helt stängd.



Figur 11; Sida med Kåpa

Figur 11 visar sensorn från sidan men med kåpan på. Detta perspektiv är viktigt då den visar att sensorn inte kommer att krocka mekaniskt med kåpan och att det finns gott om utrymme mellan sensorn och kåpan.



Figur 12; Monteringsfäste

Figur 12 visar en inzoomad bild på ett fäste. Där syns det att linjärgivaren är något utdragen även i det kortaste läget men då givaren har en större slaglängd än hydraulcylindern så orsakar det inget problem.

3.6.2. Överföring av data

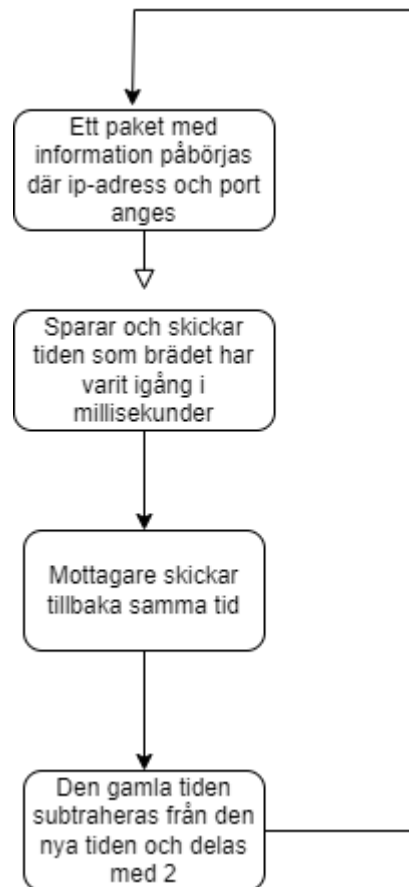
För att överföra datan från givare till användes som sagt Arduinos med WiFi. Det Arduino-bräde som användes var "Arduino MKR WiFi 1010" då det har en WiFi-modul inbyggt. UDP valdes som protokoll då det används av andra funktioner som maskinen har. För att testa latensen av kommunikationen användes två Arduinos där en agerade som mottagaren och den andra representerade sändaren av datan.

Sensorerna som tänkts användas skickar en analog signal i form av spänning mellan 0-5V. Då sensorerna inte kunde testas kunde inte heller koden för bearbetningen av signalen testas. Dock då den tänks vara analog så kan den konverteras med en kodsnuitt som exempelvis ser ut som den i Figur 13.

```
int sensorVal = analogRead(A0);  
float vinkel = sensorValue * (360 / 1023.0);
```

Figur 13: Exempel på kod

Uppställningen fungerar så att Arduinobrädets läser av spänningen som matas in på den "pin" som givaren är kopplad till. Den använder sedan en inbyggd ADC (analog-to-digital converter) som konverterar spänningen 0-5V till en siffra 0-1023. Då en viss spänning motsvarar en viss vinkel eller läge kan den vinkeln beräknas genom att dividera 360 grader med 1023 och multiplicera det med det konverterade värdet från givaren. Då hade exempelvis ett värde på 383 från givaren gett en vinkel på 134.8 grader.



Figur 14; Flödesschema för testning av kommunikation

I Figur 14 visas ett flödesschema för den kodsnuitt som användes för att möta latensen för kommunikationen. Den inbyggda funktionen "millis()" används för att mäta hur länge brädet har varit igång i millisekunder. Den tiden skickas till en annan Arduino som skickar tillbaka samma tid. När det paketet sedan kommer tillbaka till sändaren från mottagaren kommer brädet ha varit i gång en längre tid än när paketet skickades. De två tiderna jämförs för att ta reda på hur lång tid det tog fram och tillbaka. Sedan delas den tiden med två för att ta reda på hur lång tid det tog enkel väg.

Testning av latens genomfördes vid maskinen med maskinens router. Arduinon som var mottagare låg kvar vid maskinen och sändare fördes längre och längre bort från maskinen för att se om latensen påverkades av avståndet. Det visade sig att latensen förblev oförändrad inom kranens räckvidd som är 10 meter och blev endast sämre först vid cirka 70 meter från mottagaren.

4. Diskussion och slutsats

4.1. Diskussion

När det gäller resultaten av latensen önskades det egentligen en lägre latens än det som blev på cirka 80–140 millisekunder, det vore bättre att ha under tio millisekunder men fördelen var att inom den radien på tio meter som kranen kunde nå var latensen alltid samma. Vilket innebär att tiden alltid är samma oavsett vart grepen är i radien vilket är positivt. Infästning av fästöglor till linjärgivaren gjordes enbart på CAD-modellen som inte blev monterade i verkligheten men att svetsa på monteringar på cylindern är inte optimalt och där lär det finnas en annan lösning för att fästa dem. Däremot är linjärgivaren inte för stor och är inte i vägen för något annat i grepen som testades och bevisades i CAD-modellen. Det bästa konceptet var en inbyggd linjärgivare i själva hydraulcylindern men det konceptet visade sig vara högt ovanför budgeten för en sensor och då togs beslutet att vända sig tillbaka till scoringen och i stället välja det näst bästa konceptet som då var en extern linjärgivare.

Projektet blev inte helt färdigt då det hade behövts mer tid men att finna en annan lösning för att fästa monteringarna är någon som kan göras eller fortsättas på i framtiden. Att finna en lösning för att få ner latensen under tio millisekunder är också något som kan göras. Det främsta som inte blev klart var att fästa monteringar och linjärgivaren på grepen i verkligheten.

4.2. Felkällor

Det blev en del ändringar i planering genom projektet men den stora missen var beslut av produkt som borde tagit en till två veckor enligt planeringen (Bilaga 1) men i stället tog det upp mot en månad som gjorde att detaljkonstruktion och testning av produkt var tvunget att skjutas fram i planeringen.

Det bästa konceptet var en hydraulcylinder med inbyggd linjär lägesgivare men den var tvungen att specialbeställas från ett företag till ett dyrt pris. Problemet var att företaget tog 3 veckor att ge oss ett pris vilket återigen tvingade projektets testning av produkt framåt.

4.3. Slutsats

Gick det då att finna och implementera en trådlös sensor på grepen? I dagsläget både ja och nej. Det finns bra sensorer att montera på grepen och det finns lösningar för att överföra data trådlöst, problemet är att det inte finns så mycket alternativ som erbjuder trådlös strömmatning.

Referenser

[1] Stridsman, Sofia. 2020. Självkörande skogsmaskin redo för terrängen. *LTU*. 28 September. <https://www.ltu.se/ltu/media/news/Sjalvkorande-skogsmaskin-redo-for-terrangen-1.201852> (Hämtad 30/05 2022)

[2] Linjärgivare 300mm
<https://www.elfa.se/en/linear-potentiometer-position-sensor-300mm-5kohm-novotechnik-lwg-0300/p/16490445?queryFromSuggest=true>
Hämtad 16/5-22

[3] Linjärgivare 450mm
<https://www.elfa.se/sv/linjaer-potentiometerlaegessensor-450mm-5kohm-novotechnik-lwg-0450/p/16490447?q=linj%c3%a4rgivare&pos=37&origPos=37&origPageSize=50&track=true>
Hämtad 5/3-22

[4] Linjärgivare 150mm
<https://www.elfa.se/sv/linjaer-potentiometerlaegessensor-150mm-5kohm-novotechnik-lwg-0150/p/16490443?q=linj%c3%a4rgivare&pos=9&origPos=9&origPageSize=50&track=true>
Hämtad 5/3-22

[5] Rotary Encoders
<https://www.elfa.se/sv/magnetic-absolute-encoder-binaer-ssi-12-bit-st-10-32v-12000min-sup-sup-wachendorff-wdga-36a-06-1200-sia-b01-cb8/p/30121636?q=absolute+encoder&pos=3&origPos=16&origPageSize=50&track=true>
Hämtad 5/3-22
<https://www.elfa.se/sv/magnetic-absolute-encoder-binaer-canopen-12-bit-st-10-32v-12000min-sup-sup-wachendorff-wdga-36a-06-1200-coa-b00-cb5/p/30121635?>
Hämtad 5/3-22

[6] Magnetisk Rotary Encoder
<https://www.rls.si/eng/aksim-2-off-axis-rotary-absolute-encoder>
Hämtad 5/3-22

[7] Vajergivare SP1-25
<https://www.elfa.se/en/draw-wire-encoder-635mm-voltage-divider-30v-celesco-sp1-25/p/16490477?queryFromSuggest=true>
Hämtad 31/5-22

[9] Vajergivare SPD-25-3

<https://www.elfa.se/en/draw-wire-encoder-635mm-10-vdc-20-ma-40v-celesco-spd-25/p/11068943?queryFromSuggest=true>

Hämtad 31/5-22

[10] Optisk mätare E3SCLxxMOMS

<https://www.elfa.se/en/photoelectric-sensor-500mm-npn-pnp-omron-industrial-automation-e3scl2m1j03moms/p/30229790?queryFromSuggest=true>

Hämtad 31/5-22

[11] Optiskmätare

<https://www.elfa.se/sv/fotogivare-300mm-pnp-omron-industrial-automation-e3fa-dp25-f2/p/11096471?queryFromSuggest=true>

Hämtad 31/5-22

[12] Tryckgivare

<https://www.elfa.se/sv/trycksandare-700bar-20-ma-gems-3100b0700s01b000/p/30216096?q=3100b&pos=1&origPos=1&origPageSize=50&track=true>

Hämtad 31/5-22

[13] IMU

<https://www.elfa.se/sv/kx134-qwiic-axlig-breakout-digital-accelerometer-sparkfun-electronics-sen-17589/p/30241894?queryFromSuggest=true>

Hämtad 6/6-22

[14] Ulrich, Karl T och Eppinger, Steven D. 2014. *Produktutveckling: konstruktion och design*. Lund: Studentlitteratur AB

Bilaga 1. Preliminär Planering

Januari						
v4						
Planering och opponering						
Februari						
v5	v6	v7	v8			
Behovsanalys och metrik.		Färdigställa kravspec				
	Benchmark					
					Beställa produkt	
	Rapportskrivning					
					Related technologies	
					Konceptutvärdering	
Mars						
v.9	v.10	v.11	v.12			
Testning av produkt						
		Tenta-P				
Rapportskrivning						
Konceptutveckling						
April						
v.13	v.14	v.15	v.16			
Testning av produkt						
					Implementering	
					Beställa produkt	
					Beslut av sensor	
Rapportskrivning						
Maj						
v.17	v.18	v.19	v.20			
Testning av produkt						
Implementering						
		Förberedning av presentation				
Rapportskrivning						