

Lars Bastian Reite

Design av konsept for prototype av smart robotgriper for fisk

Bacheloroppgave i Produkt og systemdesign

Veileder: Ola Jon Mork

Medveileder: Irina-Emily Hansen

Mai 2023

Lars Bastian Reite

Design av konsept for prototype av smart robotgriper for fisk

Bacheloroppgave i Produkt og systemdesign
Veileder: Ola Jon Mork
Medveileder: Irina-Emily Hansen
Mai 2023

Norges teknisk-naturvitenskapelige universitet
Fakultet for ingeniørvitenskap
Institutt for havromsoperasjoner og byggteknikk



Kunnskap for en bedre verden

Forord

Denne oppgaven er skrevet i forbindelse med emnet MASA2900 «Bacheloroppgave Maskin» ved NTNU Ålesund, og utføres av en student med bakgrunn fra maskiningeniør-studiet. Oppgaven er rettet mot satsingen på forskingsprosjektet FISK 4.0 som har som mål å skape større verdi innen marin og maritim sektor ved utvikle fremtidens måter å fange, behandle og utnytte fisk som råstoff på.

Valget av oppgaven faller mest på interessen for det kreative arbeidet, produktutvikling og de praktiske aspektene ved oppgaven, som det å designe ett konsept og bygge en fysisk prototype. Gjennom studietiden min har praktiske oppgaver av denne typen gitt størst glede.

Først ønsker jeg å takke Ola Jon Mork og Irina-Emily Hansen som har fungert som mine veiledere og som har gitt tilbakemeldinger på oppgaven underveis.

Deretter ønsker jeg å takke Tomas Hellstrøm Olsen og Marcus Illstad for rådgivning og assistanse. Jeg vil også takke både NTNU og Ellingsøy barne- og ungdomsskule for disponering av ressurser som material og utstyr for ulike deler av prosjektarbeidet.

Til slutt ønsker jeg å rette en stor takk til min samboer og kjæreste, Margrethe Arntsen, for støtte under arbeidet med rapporten og rapportens ferdigstilling.

Arbeidet med oppgaven har vært lærerikt, men også krevende. Å jobbe individuelt har tidvis gitt følelsen av å ikke ha kontroll på prosessen, men også gitt en mestringsfølelse når ting har gått som forventet eller bedre. Gjennom arbeidet har en også utviklet og forbedret egne kunnskaper rundt de ulike metodene som brukes.

Sammendrag

Denne rapporten er skrevet for NTNU i sitt arbeid i samarbeidsprosjektet FISK 4.0 som skal utvikle fremtidens metoder for håndtering av fisk som råvare. Arbeidet som rapporten baserer seg på går ut på å designe ett konsept for en smart robotgriper som egner seg til håndtering av fisk, gjennom problemstillingen «*design et konsept for en prototype av smart robotgriper for fisk*». I tillegg skal det bygges og testes en prototype med de viktigste funksjonene fra konseptet.

Det blir i rapporten beskrevet formålet for konseptet, definert visjon og misjon og konseptutviklingmetoden blir tatt i bruk for å forme ett konsept for en prototype. Det blir tatt i bruk aktivitetsplan med milepæler og gjennomført en SWOT-analyse, samt brukt en Lean-tankegang.

Det blir tatt i bruk produktutviklingsmetodikk, hvor man i fase en utformer konseptet ved å samle idéer om løsninger og funksjoner, før man i fase to skaper en sammensatt prototype av løsninger som skal utgjøre konseptet.

Gjennom bruk av ulike CAD-verktøy designes og 3D-printes en prototype som gjennomgår ulike funksjonstester før det gjennomføres en full test av prototypen. For prototypen har de viktigste bruksfunksjonene kommet med og en har oppnådd relativt gode testresultater som kan vise til potensialet konseptet har. Resultatene blir brukt til å legge grunnlaget i arbeidet videre for konseptutvikling mot et ferdig produkt.

Abstract

This report is written for NTNU in its work in the collaborative project FISK 4.0, which will develop future methods for handling fish as raw material. The work on which the report is based on consists of designing a concept for a smart robot-gripper that is suitable for handling fish, through the problem of "designing a concept for a prototype of a smart robot-gripper for fish". In addition, a prototype with the most important functions from the concept will be built and tested.

In the report, the purpose for the concept is described, vision and mission are defined and the concept development method is used to shape a concept for a prototype. An activity plan with milestones is used and a SWOT analysis is carried out, as well as a Lean way of thinking.

Product development methodology is used, where in phase one the concept is designed by gathering ideas about solutions and functions, before phase two creates a composite prototype of solutions that will make up the concept.

Through the use of various CAD tools, a prototype is designed and 3D-printed, which undergoes various functional tests before a full test of the prototype is carried out. For the prototype, the most important user functions have been included and relatively good test results have been achieved, which can show the potential the concept has. The results are used to further set the basis the work for concept development towards a finished product.

Tabeller

Visjon og misjon	13
Tabell over de mest populære griper-typene i industrien	14
Aktivitetsplan	22
Analyse av problemstilling	25
Tabell over funksjonsløsninger	27
Brukeranalyse	28
Oppdeling av griper	29
Tabell over programmer i HuskyLens	37
Tabell over test og resultat av HuskyLens	53
Visjon og misjon	59

Figurer

Figur 1 - FISK 4.0.....	10
Figur 2 -Pproduktutvikling.....	15
Figur 3 - Faser.....	16
Figur 4 – Milepæler.....	17
Figur 5 - Konseptfase.....	18
Figur 6 - Verdi og svinn.....	19
Figur 7 - SWOT-analyse.....	23
Figur 8 - SWOT-analyse av Reite.....	24
Figur 9 -Begrensning av faser.....	24
Figur 10 – Tankekart.....	26
Figur 11 - Monteringsskisse.....	30
Figur 12 - Planlegging av print.....	30
Figur 13 - Stående orientering av del.....	31
Figur 14 - Liggende orientering av del.....	32
Figur 15 - Part av print.....	33
Figur 16 - Fordeling av print.....	33
Figur 17 - Enkle skisser.....	34
Figur 18 - konseptskisse av løsning for føling.....	34
Figur 19 - Konseptskisse av griper.....	35
Figur 20 - Test av HuskyLens.....	36
Figur 21 - Rapid prototyping av hus og arm-løsning.....	38
Figur 22 - Itereringsprosess.....	38
Figur 23 - 3D-modell av spenne.....	39
Figur 24 - Iterering av spenne.....	40
Figur 25 - Planlegging av kode.....	41
Figur 26 - Situasjonsskisse av konsept.....	42
Figur 27 - Konseptskisse.....	43
Figur 28 - Modell av prototype.....	44
Figur 29 - Designprosess.....	44
Figur 30 - Prototype.....	45
Figur 31 - Ulike modeller av fisk.....	46

Figur 32 - Vekttest	48
Figur 33 - Funksjon av HC-SR04.....	49
Figur 34 - Grove Ultrasonic sensor og HC-SR04	49
Figur 35 - Kalibrering av avstandsmåler	50
Figur 36 - Måling av gripeavstand	51
Figur 37 - Test av knapper	52
Figur 38 - Opplæring av HuskyLens.....	54
Figur 39 - Nytt design av kontaktflate	55
Figur 40 - Test av kontaktflate	55
Figur 41 - Test av griping	56
Figur 42 - Test av prototype	57

Innholdsliste

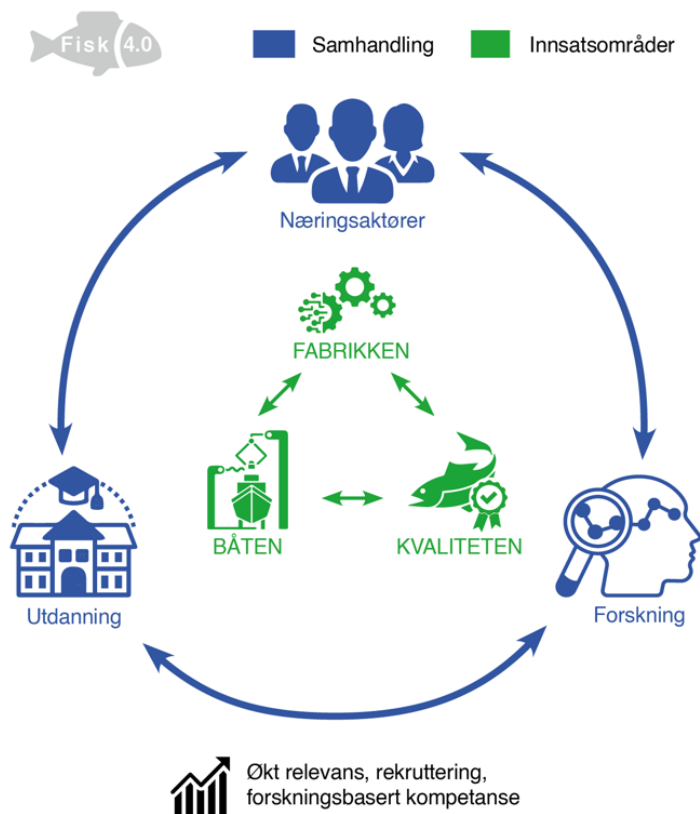
Forord.....	1
Sammendrag	2
Abstract	3
Tabeller.....	4
Figurer	5
1. Introduksjon	10
1.1 FISK 4.0.....	10
1.2 Store verdier å hente i fisk	11
1.3 Fangstskader	11
1.4 Skader i fabrikkannlegget.....	11
1.5 Håndtering av fisk	12
1.6 Problemstilling	12
1.7 Visjon og misjon	13
1.8 Avgrensning.....	13
1.9 Dagens griper	13
2. Teori.....	15
2.1 Produktutvikling, PU	15
2.2 Faser	15
2.3 Milepæler	17
2.4 Konseptutvikling.....	17
2.5 Prototyping	18
2.5.1 Rapid prototyping	18
2.6 Lean.....	18
2.7 Computer-Aided Design/Dataassistert konstruksjon	19
2.8 Mekkatronikk og robotikk	20

2.9 Kunstig Intelligens, KI	20
2.10 Additiv tilvirkning	20
3. Metode.....	21
3.1 Planlegging og SWOT-analyse	21
3.1.1 Aktivitetsplan	21
3.1.2 SWOT-analyse.....	23
3.2 Konseptutvikling	24
3.2.1 Analyse av problemstilling og behov, Fase 1.....	25
3.3 Samling og utvalg ideer	25
3.3.1 Kartlegging av konseptets funksjoner og teknologi	26
3.4 Brukssituasjon og bruker.....	28
3.5 Lean tankegang	28
3.5.1 Oppdeling av griper.....	28
3.5.2 planlegging av print.....	30
3.6 Desing og utforming.....	33
3.6.1 Concepts.....	34
3.6.2 Autodesk Sketchbook.....	35
3.7 Modellering.....	35
3.8 Bruk av KI.....	36
3.8.1 HuskyLens	36
3.9 Rapid prototyping	37
3.10 Testing og itterering	38
3.11 Programmering av Arduino	40
4. Resultat	42
4.1 Konseptet	42
4.2 Design.....	43

4.3 Prototypen	45
4.4 Funksjoner, tester og resultat	45
4.4.1 Overgang med Quick release	46
4.4.2 Avstandsmåler.....	48
4.4.3 Føling.....	51
4.4.4 HuskyLens	52
4.4.5 Kontaktflate av TPU	54
4.4.6 Griping.....	56
4.5 Full test av prototypen	57
5. Diskusjon	59
5.1 Måloppnåelse.....	59
5.2 Valg av løsninger og komponenter.....	60
5.3 Bruk av Lean	61
5.4 Nøkkelordet « <i>smart</i> »	61
5.5 Å feile i prosessen	62
5.6 Videre arbeid.....	63
6. Konklusjon.....	64
Kildeliste.....	65
Appendix	67
Komponentliste:.....	67
Skisser:	67

1. Introduksjon

I slutten av 2021 ble det klart at Norges Forskningsråd vil tildele 28 millioner kroner i støtte for prosjektet FISK 4.0 (ÅKP, 2021). Prosjektet er en av åtte prosjekter som ble valgt ut til å motta støtte i sammenheng med utlysningen av Norges Forskningsråd sitt prosjekt *Kapasitetsløft* (Forskningsrådet, 2021). Hensikten med prosjektet er å styrke samarbeidet mellom forskning, utdanning og næringsliv (Bragstad, 2021).



Figur 1 - FISK 4.0

1.1 FISK 4.0

Prosjektet FISK 4.0, ledes av Møreforskning og i samarbeid med NTNU og flere andre aktører innen næringsliv, har som mål å omstille den marine og maritime sektoren i Møre og Romsdal for verdiskapning gjennom utvikling av kunnskap og bygge forskningskapasitet (Kvile, 2021). Prosjektet skal i en periode på seks år bruke havfiskeflåten som utgangspunkt for utvikling av automasjonsløsninger for å kunne håndtere fisk som råstoff og samtidig beholde høy kvalitet i håndtering av råstoffet i store mengder (Kvile, 2021).

FISK 4.0 stammer fra betegnelsen Industri 4.0 som er den fjerde industrielle revolusjonen hvor fokuset ligger på integrasjon av digitale systemer og vareflyt i verdikjeden (Kvile, 2021). Ved å optimalisere samhandling mellom biologisk og teknologisk kunnskap skal prosjektet redusere omstillingsrisikoen for havfiskeflåten (Kvile, 2021). En del av arbeidet i prosjektet er å utvikle ny teknologi som skal forbedre hvordan vi fanger, håndterer og prosesserer fisk på som råstoff med fokus på bærekraft (Ervik, 2022).

1.2 Store verdier å hente i fisk

Fra en pressemelding av Norsk sjømateksport, satte næringen eksportrekorder både i 2021 og 2022 (Vatlestad og Furuset, 2023). Ifølge tallene eksporterte Norge tre millioner tonn sjømat til en verdi på rundt 121 milliarder kroner i 2021, og 2,9 millioner tonn sjømat til en verdi på 151.4 milliarder kroner i 2022, en økning på 25% (Vatlestad og Furuset, 2023). Selv om dette er gode tall, vises det ikke til verdiene som har gått tapt på grunn av dårlig kvalitet.

Prisen på fisken er knyttet til kvaliteten den har, selv om den varierende kiloprisen også påvirker den totale fortjenesten (Vatlestad og Furuset, 2023). Dette kan ses ved å sammenligne årene mot hverandre, med en reduksjon på 0,1 millioner tonn i eksport mot at fortjenesten økte med rundt 30 milliarder kroner i 2022. Selv om norsk eksport har satt to rekordår på rad, kan en ikke utelukke at summene kunne vært høyere. Tallene viser kun til den fisken som er eksportert og ikke til verdiene som er gått tapt på grunn av kvalitetsfaktorer.

1.3 Fangstskader

En av de større utfordringene for fiskeindustrien er fangstskader (Nofima, 2015). Fangstskader i denne sammenheng brukes om alle skader som oppstår fra fisken fanges til den er kommet til fabrikken på båten eller på land. Redskaper som brukes for å fange fisk i vannet er det første leddet hvor skader oppstår. Med tanke på hvor utilgjengelig direkte håndtering av fisken er når den er i vatnet, er dette vanskelige forhold å kontrollere. En kan ikke undersøke skadeomfanget før fisken er kommet ombord. I videre håndtering er det lettere å kontrollere og gripe inn.

1.4 Skader i fabrikkannlegget

Selv om mye av skadene forårsakes ved fangst, kan en ikke utelukke at skader forekommer når fisken behandles i fabrikkannlegget. Når fisken sendes gjennom prosessanlegget, vil det ikke være

unaturlig at skader som overflateslitasje, kutt eller andre fysiske skader forekommer. Fordelen her er at det er lettere å forebygge enn ved fisk som skades under fangst på grunn av hvor tilgjengelig fisken er i ett prosessanlegg og hvor lett man kan gripe inn i prosessen. Ved å forebygge skader som kan forekomme i fabrikkene, er potensialet større fortjeneste for eventuelle mellomledd i salgskjeden og mellom fisker og forbruker. Potensialet for fortjenesten er knyttet til at man muliggjør større volum av fisk av høyere kvalitet i enden av prosessen. For å oppnå dette er det nødvendig utvikle teknologi og/eller løsninger som kan håndtere fisk på en enkel og skånsom måte for å forebygge kvalitetsreducerende faktorer.

1.5 Håndtering av fisk

Å håndtere fisk direkte kan være en utfordring. Fisk er bløte dyr som kommer i relativt ulike former og størrelser. Gjennom kjertler i huden skiller fisk ut slim og sekret som skal smøre skjellene og for å forebygge infeksjoner (Aarnes, 2003). Denne smøringen gjør at fisk får en glatt overflate, og er årsaken til utfordringen med å gripe fisk.

Gjennom utviklingen av teknologi og bruk av redskaper, har en klart å forebygge utfordringene rundt håndteringen av fisk. Med nyere og smartere teknologi og løsninger, har vi i tillegg den muligheten til å erstatte menneskelig arbeidskraft i en del prosesser som anses som belastende for mennesker. Dette forutsetter at løsningene og teknologien som erstatter mennesket, er kapabel nok til å utføre det samme arbeidet som den manuelle arbeidskraften den erstatter, med samme eller bedre presisjon og resultat, og i denne sammenheng håndtere fisk.

1.6 Problemstilling

I FISK 4.0 sitt arbeid mot å forbedre hvordan fisk håndteres, må det utvikles teknologi som kan tilpasses for bruk på fisk. Teknologien må kunne anvendes i sammenhenger med automatikk og sensorteknologi. I bruken av roboter innenfor automatisering, må roboten kunne håndtere fisk på skånsom måte for å opprettholde kvaliteten på best mulig måte for å forebygge verditap. Problemstillingen for denne rapporten er derfor: «*design et konsept for en prototype av smart robotgriper for fisk*».

1.7 Visjon og misjon

Det skal ut fra en eller flere idèer designes, bygges og testes ett konsept for en smart robotgriper som skal tilpasses for bruk på fisk i automatiseringsammenheng. Ved bruk av ulike former for teknologi og metoder, skal konseptet for griperen kunne se og gjenkjenne fisk, samt vite når den har grep om fisken.

Visjon	Misjon
Utforme med ett konsept for en smart robotgriper som er tilpasser bruk på fisk. Konseptet skal kunne testet med bruk av TM eller UR robot.	Design, bygge og teste ett konsept for en prototype for smart robotgriper som kan håndtere fisk på en skånsom måte.

1.8 Avgrensning

Rapporten vil begrenses til de to første fasene i Hans Petter Hildre (2008) sin definisjon av produktutvikling som er fasene «å se» og «skape». Rapporten vil baseres på resultater fra tester og observasjoner fremfor numeriske analyser og resultater, og deles inn i to hoveddeler:

- Konseptutvikling – Denne delen vil inneholde arbeidets utvikling fra idèer, grov-skisser, skisser, detaljsskisser og modellering til ett ferdig utformet konsept.
- Prototyping - Denne delen vil inneholde bygging, testing av løsninger og resultater av prototypen av konseptet.

Under arbeidet er det brukt en støpt modell av en fisk og denne modellen refereres til som fisken i teksten.

Siden arbeidets omfang og dermed også rapporten er rettet mot konseptutvikling, vil ikke rapporten gå inn på fasene «forbedring» og «implementering», men de vil presenteres kort i kapittel 2.2 (Hildre, 2008).

1.9 Dagens griper

Robotgriper kommer i flere ulike typer, men med samme oppgave; gripe og holde fast i objekter. Kombinerer man dette med collaborative roboter, kan produksjonslinjene automatisere

nøkkelprosessene i linjen som for eksempel inspeksjon, sammensetting, forflytning og/eller maskinstell (Universal Robots, 2022).

Type griper	Virkemåte	Fordeler	Ulemper
Vakuump griper	Bruker forskjellen i atmosfærisk trykk og vakuum for å generere en sug-effekt mot gripehodet for å kunne løfte objekter.	<ul style="list-style-type: none"> • Kan gripe fatt i mange ulike fasonger 	<ul style="list-style-type: none"> • Kostbar bruk • Sensitiv for urenheter i overflaten
Pneumatisk griper	Bruker lufttrykk til å bevege fingrene for å gripe.	<ul style="list-style-type: none"> • Lave kostnader • Stor gripestyrke • Kan brukes i trange områder 	<ul style="list-style-type: none"> • Ikke egnet for prosesser for objekter med ulike former
Hydrauliske griper	Bruker hydraulisk væske for å bevege fingrene eller aktivere griping.	<ul style="list-style-type: none"> • Stor gripekraft • Kan løfte tyngre objekter 	<ul style="list-style-type: none"> • Høy Vedlikehold
Elektriske griper	Bruker servoer til å aktivere griping	<ul style="list-style-type: none"> • Godt egnet der høy hastighet og lett/moderat gripestyrke er ønsket. 	<ul style="list-style-type: none"> • Dyr produksjon • Relativt lav gripestyrke

Tabell over de mest populære griper-typene i industrien (Universal Robots, 2022).

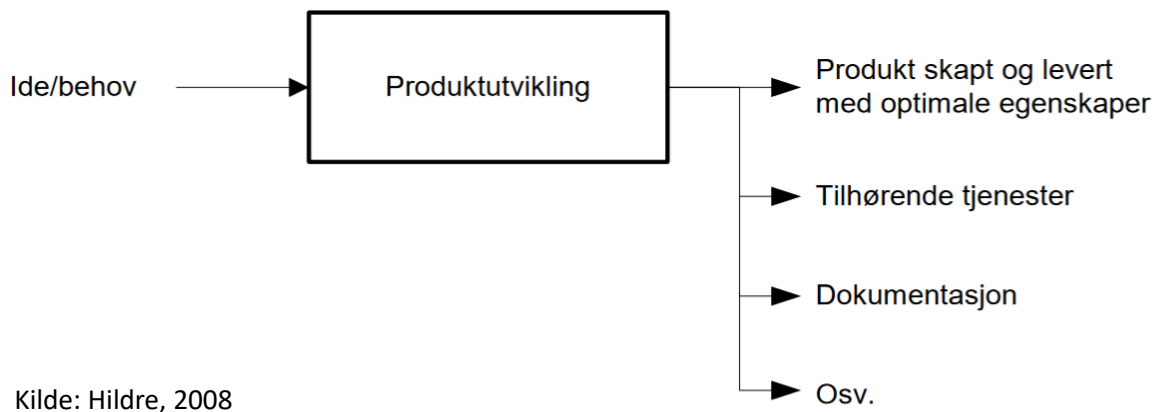
Det som ser ut til å trende blant de smarteste griperene er at de er tilbehør til større roboter, i tillegg til at noen av dem muligens trenger et større anlegg for å operere. Dette er ikke gunstig for fabrikker på båter hvor plass er begrenset. Det kan derfor tenkes at det er behov for nye og smarte løsninger, slik som en smart robotgriper for fisk vil kunne være.

2. Teori

2.1 Produktutvikling, PU

Produktutvikling er prosessen fra en ide til ett ferdig produkt og tilhørende tjenester som er klart for produksjon og/eller lansering (Olseng og Holan, 2020).

En produktutviklingsprosess starter med ett behov eller en idé, som gjennom ulike faser, utarbeides systematisk for å realisere løsningen eller idéen. Hvordan oppdeling av fasene og deres definerte mål settes opp, avhenger av hvilken type produktutviklingsmetodikk som anvendes (Hildre, 2008).



Kilde: Hildre, 2008

Figur 2 - Produktutvikling

En metode innen produktutvikling er prosessmodellen. Denne modellen tar utgangspunkt i å dele prosessen inn i fire ulike faser med ulike målsetninger for utviklingen (Hildre, 2008). Under presenteres Hildres fire faser, hentet fra «Produktutvikling» (2008) i tillegg til en planleggingsfase som defineres som fase 0.

2.2 Faser

Fase 0 – Planlegging

Før en starter arbeidet med ett prosjekt, er det viktig å planlegge og definere arbeidet, begrensninger og mål. Valg av strategi og metoder er viktige for å bevare flyten i hele prosessen og at det hele gjennomføres på best mulig måte, samt redusere usikkerhet rundt framtidig arbeid.

Fase 1 – Å se

Denne fasen handler om å få innsikt i ett behov som må dekkes. I denne fasen blir også elementer som brukeren, brukssituasjon og bruksmåte tatt i betraktning for å kartlegge alle relevante aspekter rundt behovet. For denne fasen er metoder/teknikker som observasjon, situasjonsanalyse og idesamling viktige drivere for utformingen av en eller flere løsninger. Denne fasen avsluttes med vurdering av ideene som er samlet for å velge de beste løsningene.

Fase 2 – Å skape

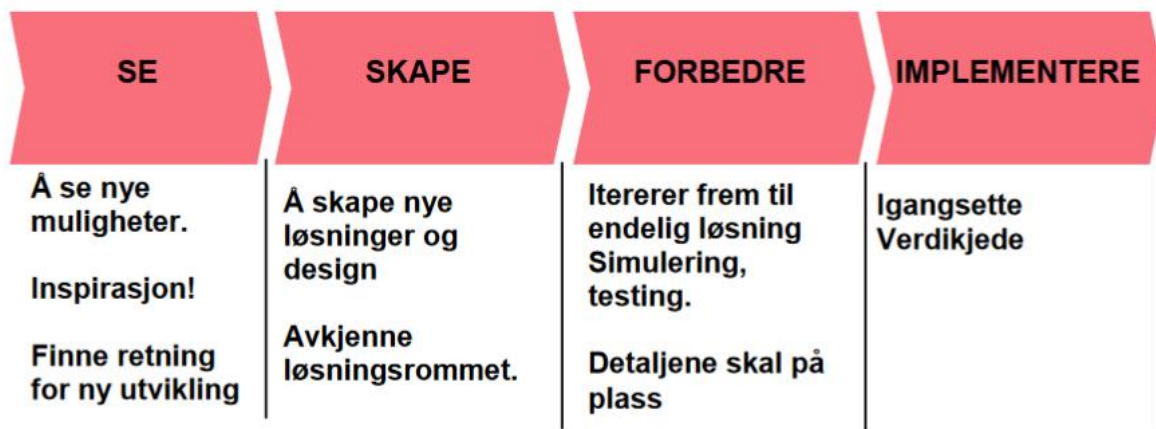
Fase to er den kreative fasen. Målet for fasen er å skape nye løsninger. Ideer fra fase en realiseres ved å produsere prototyper. Denne fasen gir innblikk i hvilke løsninger som fungerer eller ikke, og om flere løsninger eventuelt kan kombineres for ett nytt og bedre resultat.

Fase 3 – Å forbedre

I denne fasen blir iterasjon og forbedring satt i fokus. Konsepter som velges ut fra fase to tilegnes flere detaljer og formes videre ved testing og iterasjon for optimalisering for en endelig løsning. Der er i denne fasen at selve produktet fullføres.

Fase 4 – Å implementere

I fjerde og siste fase rettes fokuset mot planlegging av produksjon, produksjonsmetoder og markedsføring i sammenheng med at produksjonen av produktet trappes opp og klargjøres for lansering.

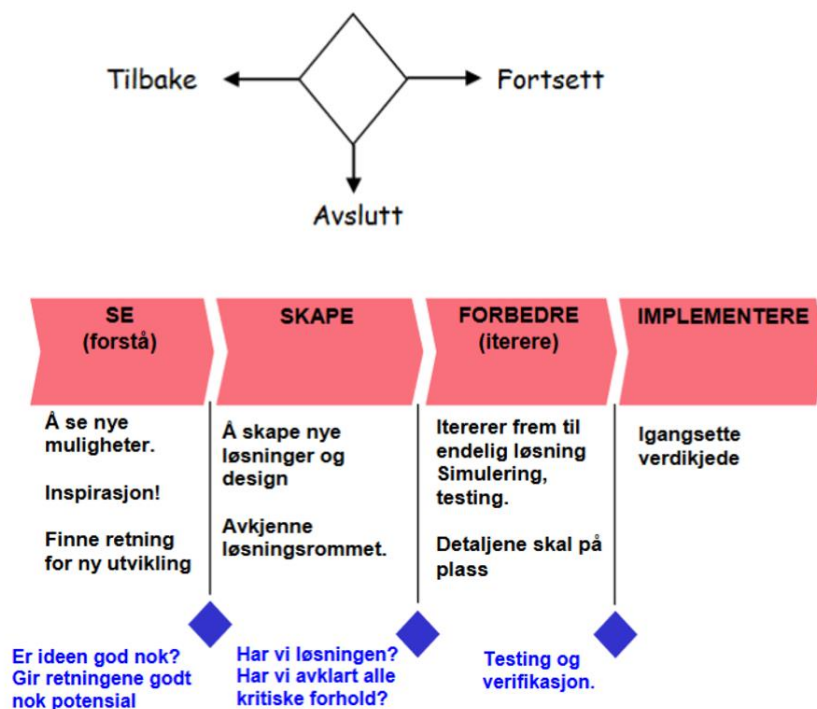


Kilde: Hildre, 2008

Figur 3 - Faser

2.3 Milepæler

En viktig del av metodikken for produktutvikling er å bruke milepæler. Milepælene skal fungere som delmål i utviklingen og markerer overgangen mellom fasene. Ved hver milepæl er det viktig å foreta vurderinger om utviklingen har modnet nok til å gå videre til neste fase. Ved oppnåelse av en milepæl kan det være fordelaktig å være på den mer kritiske siden fremfor den optimistiske før en går videre til neste fase. Dette er for å unngå unødvendige tilbakeblikk i utviklingsarbeidet på grunn av forhastede beslutninger.

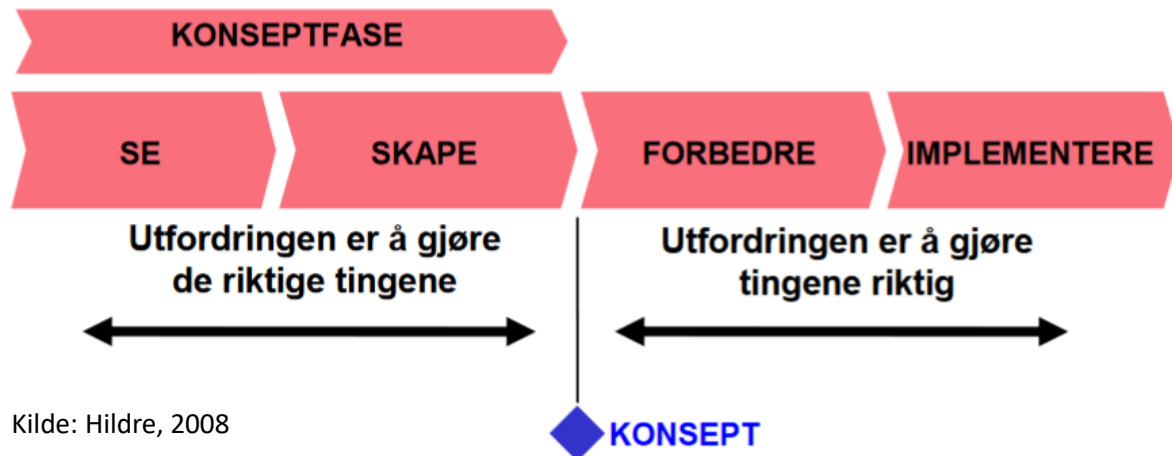


Kilde: Hildre, 2008

Figur 4 – Milepæler

2.4 Konseptutvikling

Fra fasene som er nevnt er det som regel de to første fasene som inngår i konseptfasen, men ut fra hvilken metode som brukes, kan konseptfasen inneholde flere faser (Hildre, 2008). I arbeidet fram mot ett konsept, jobbes det med finne løsninger som gjør de riktige tingene, mens det i ettertid jobbes med å gjøre tingene riktig. Ett konsept kan best skrives som en overfladisk og ikke-fysisk løsning for en problemstilling som formes og skapes ved å samle sammen ideer fra de ulike aspektene ved problemstillingen og sette dem sammen (Hildre, 2008).



Figur 5 - Konseptfase

2.5 Prototyping

Prototyping er en metode i produktutvikling som går ut på å lage enkle funksjonelle modeller av ett konsept. Metoden setter funksjonalitet og lav kostnad i sentrum og utgjør den fysiske delen av konseptet (Hildre, 2008). Gjennom metoden kan en sette idéer og løsninger i praksis og finne ut hva som fungerer, hva som ikke fungerer og hva som må endres.

2.5.1 Rapid prototyping

Rapid prototyping er å produsere enkle fysiske deler eller modeller ved å ta i bruk hurtige produksjonsmetoder. Metoden anvendes tidlig i konseptutvikling hvor det først lages digitale prototyper med CAD-verktøy og deretter bruke metoder for hurtig produksjon. For produksjon i rapid prototyping er det mest vanlig å bruke additive produksjonsmetoder som 3D-printing (TWI Global, u.å.).

2.6 Lean

Lean er en filosofisk arbeidsmetode som fokuserer på å redusere svinn og øke lønnsomheten i en produksjonskjede (Dyve, 2020). I bruken av Lean analyseres produksjonslinjen for å indentifisere og eliminere steg som ikke tilfører verdi i produksjonen.

I analyser av produksjonslinjer med Lean, kategoriseres prosesser i de to kategoriene verdi og svinn, hvor sistnevnte kan deles inn i to.



Figur 6 - Verdi og svinn

Grønn kategori, *verdi*, er alle prosesser og handlinger som er med på å skape og tilføre verdi i kjeden. Gjennom Lean er målet at kjedens flytkart er mest mulig grønt. Verdier i en kjede kan være godt strukturert i arbeidet eller reduksjon av tidsbruk.

Kategorien *svinn* kan deles i to, *svinn* og *nødvendig svinn*. Dette er prosesser som ikke tilfører noen verdi for kjeden og som det ønskes å fjerne. Utfordringen er at ikke all svinn kan elimineres som følge av teknologiske eller andre begrensninger. Svinn som kan elimineres markeres rødt i flytkartet, mens nødvendig svinn markeres som gult. Nødvendig svinn kan være ventetider i en prosess eller en arbeiders tidsbruk i forflytning mellom to stasjoner, mens svinn kan for eksempel være defekte produkter eller manglende vareinventar.

2.7 Computer-Aided Design/Dataassistert konstruksjon

Computer-Aided Design, forkortet CAD (Dataassistert konstruksjon, DAK på norsk), er dataverktøy som brukes for å lage digitale skisser og modeller i 2D og 3D. Ved hjelp av CAD-verktøy kan en også bygge hele konstruksjoner og sammenstillinger digitalt.

I denne oppgaven brukes tre ulike CAD-verktøy:

- Concepts – Primært brukes for å lage enkle og hurtige skisser av deler og modeller.
- SketchBook – brukes for mer detaljerte skisser og konseptskisser.
- Siemens NX – brukes for å lage 3D-modeller av deler og sammenstillinger.

2.8 Mekkatronikk og robotikk

Mekkatronikk er metoden hvor mekaniske komponenter styres eller reguleres av elektroniske komponenter ved å kombinere mekanikk, elektronikk og datateknikk. Denne ingeniør-grenen er sentral innenfor utviklingen av automasjonsprosesser hvor roboter og systemer behøver systemtenkning og tverrfaglig tilnærming for å løse de ulike utfordringene (Michigan Tech, u.å.).

Robotikk, som er en del av mekkatronikken, tilhører grupperingen av mekkatronikk som anvender metoden på ett mer avansert nivå (Queen's University, u.å.). Robotikk brukes også i industrisammenhenger for automatisering av prosesslinjer. Som følge av at automatisering av produksjonslinjer stadig blir en elementær del for bedrifter, øker behovet for bruk av roboter (Queen's University, u.å.).

2.9 Kunstig Intelligens, KI

Kunstig intelligens, forkortet KI (AI på engelsk, Artificial intelligence) er datasystemer som etterligner menneskelig intelligens. KI kan gjennom data fra ett bibliotek, algoritmer og egne erfaringer, lære og anvende læringen til å løse komplekse oppgaver på lik linje som ett menneske (PWC, u.å.).

2.10 Additiv tilvirkning

Additiv tilvirkning er produksjonsmetoden hvor modeller fremstilles ved at det tilføres masse av ett valgt material. Motsetningen til denne metoden er destruktiv metode hvor material fjernes. Additiv tilvirkning gir stor frihet for produksjon av egendefinerte deler siden produktene produseres ved å ekstrudere og smelte sammen materialet lagvis. I moderne form anvendes metoden i form av 3D-printere som trolig er den mest utbredte formen for additiv tilvirkning.

3. Metode

3.1 Planlegging og SWOT-analyse

Ved arbeidets startfase lages det en enkel plan over hvilke aktiviteter som må gjennomføres og hvor mye tid som skal settes av for hver aktivitet. I tillegg gjøres det en SWOT-analyse for å kartlegge hvilke styrker og muligheter som kan brukes og utnyttes, og trussler og svakheter som en må være oppmerksom på. Dette markerer også starten for fase 0.

3.1.1 Aktivitetsplan

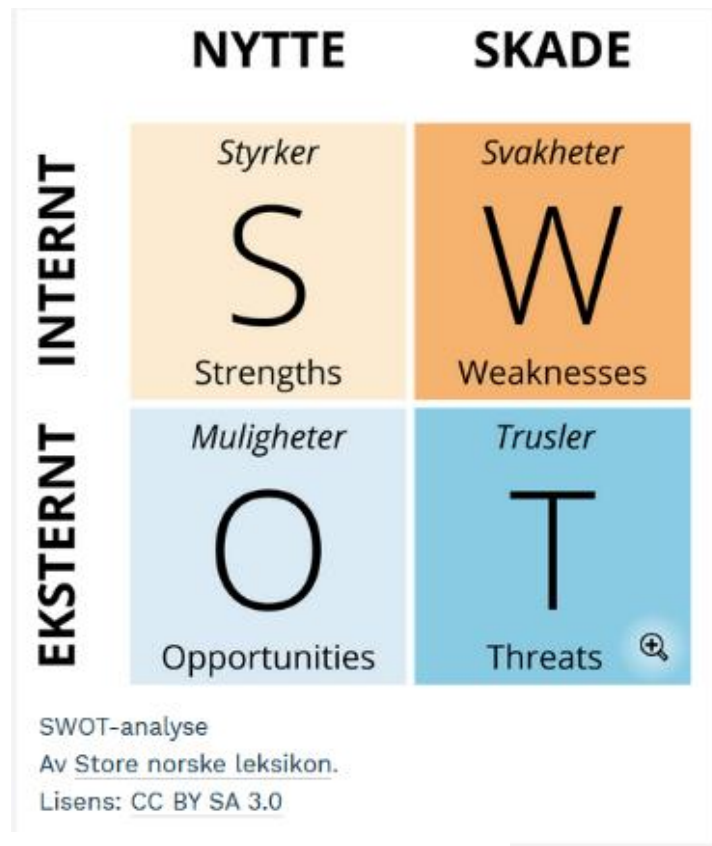
For å komme i mål med arbeidet er det viktig å lage en plan som gir oversikt over hva som gjøres og hvor mye tid som skal settes av for hver aktivitet. Aktivitetsplanen trenger ikke å være endelig, men vil heller fungere som en veileder for å holde riktig kurs og nå målet eller delmålene innen tidsfristen. I tillegg til aktiviteter, føres det også opp viktige milepæler. Milepælene brukes for å fremme mest mulig progresjon og markere viktige datoer for leveranse av ulike deler av arbeidet.

Det brukes ikke andre milepæler enn det obligatoriske siden framgangen i arbeidet legger vekt på iterering og funn, spesielt i fase to. Målet er å utforske og prøve seg fram til en eller flere løsninger som skal samsvare med visjon og misjon på best mulig måte.

Måned	Aktivitet
Januar	Lage prosjektplan Finne problemstilling Idé-fase Hente inn relevant data for prosjektet Konseptutforming Konseptskisser
31. januar: Milepæl 1 – Presentasjon av arbeidet	Legge fram ideer og ulike skisser.
Februar	Grovskisser Modellering Valg av komponenter
Mars	Modellering Konstruere og programmering Testing Skriving og dokumentering
31. mars: Milepæl 2 – Status på arbeidet	Legge fram fysik modell av prototype
April	Modellering Konsturere og progammering Testing Skriving og dokumentering
Mai	Fullskala testing Retting: gramatikk og ferdigstilling av rapport
Innlevering	22. mai – Levere rapport
Sluttpresentasjon	24. mai

3.1.2 SWOT-analyse

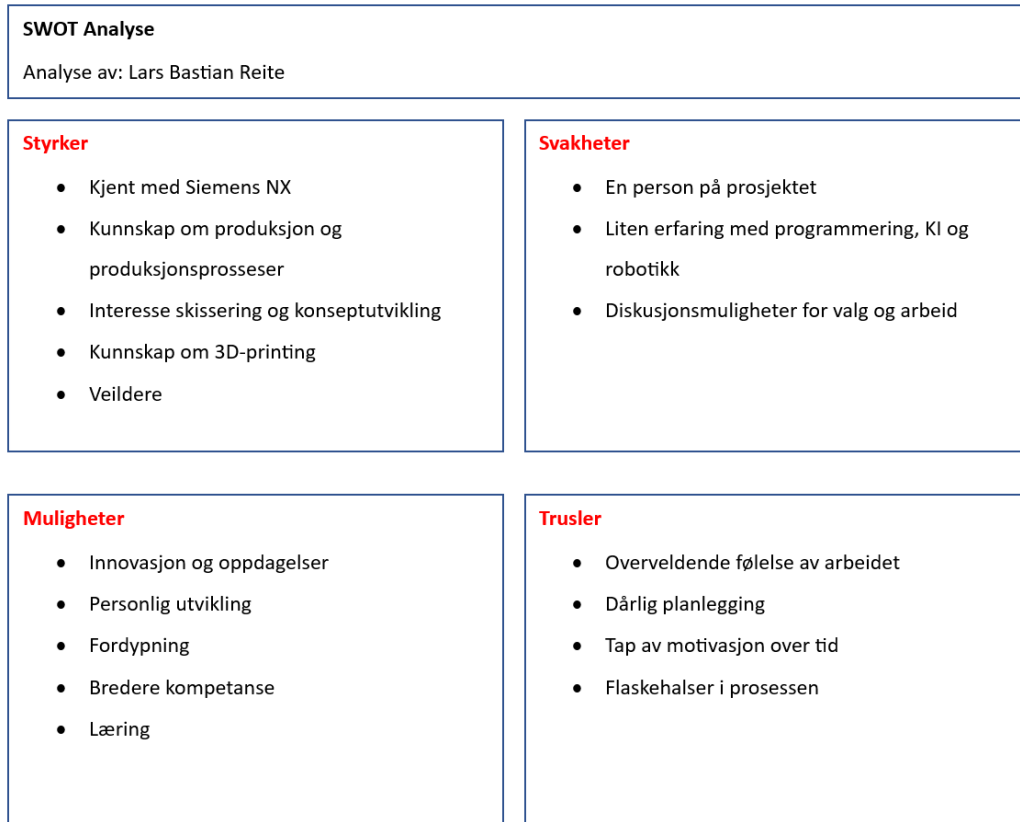
SWOT-Analyse brukes som regel i sammenheng med bedrifter for å kartlegge styrker og svakheter, muligheter og trussler (Vikøren og Phil, 2022). Analysen kan hjelpe bedrifter til å se situasjonen i markedssammenheng eller konkurransevnen, men kan også brukes i prosjektsammenheng for å kartlegge en gruppe personer eller individer.



Kilde: Vikøren og Phil 2022

Figur 7 - SWOT-analyse

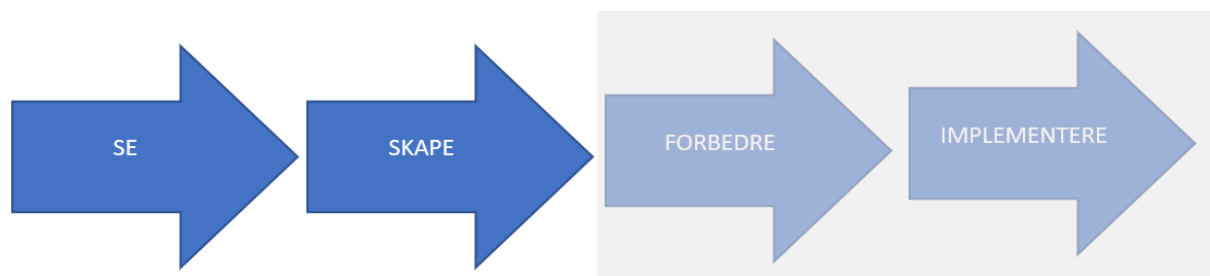
Prosjektet gjennomføres av en person og derfor finnes modellen relevant for å få en oversikt over hva som kan utnyttes og hva en må være oppmerksom på under gjennomføring av oppgaven. (Vikøren og Phil, 2022).



Figur 8 - SWOT-analyse av Reite

3.2 Konseptutvikling

Ved å ta i bruk prosessmodellen for produktutvikling, og begrense den for konseptutvikling, gjennomføres de to første fasene av metodikken. Målet er å kartlegge behov og hvilke løsninger som er aktuelle. Videre formes konseptet for løsningen som det skal lages en prototype av.



Figur 9 - Begrensning av faser

3.2.1 Analyse av problemstilling og behov, Fase 1

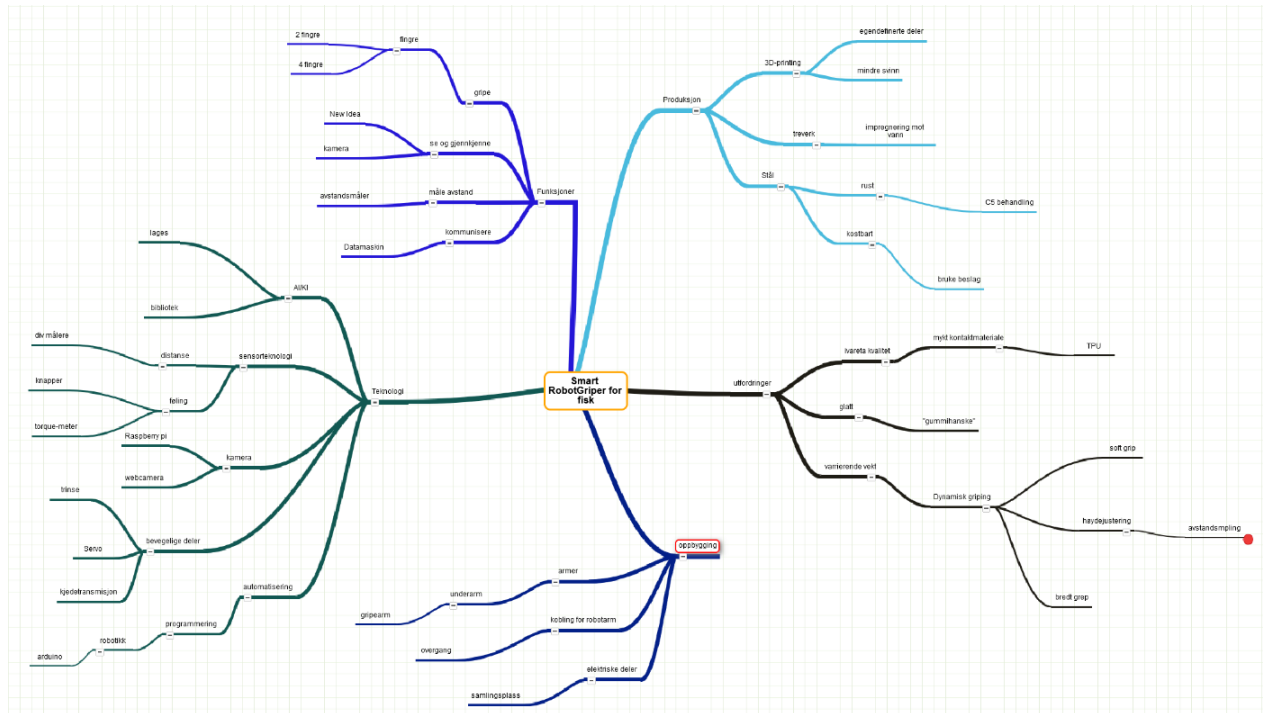
Sammen med veileder, går en gjennom hva arbeidet går ut på i mer detalj og annen relevant informasjon for arbeidet for å avdekke hva som inngår i behovet. Rapporten knyttes til prosjektet FISK 4.0 hvor målet er å utvikle fremtidens metoder for fangst, behandling og utnyttelse av fisk som råstoff. Dette skal de oppnå dette ved å implementere metoder og løsninger for en mer effektiv og bærekraftig måte og bruke automatiseringsløsninger.

I sammenheng med dette skal det derfor designes ett konsept for en prototype for en smart robotgriper for fisk. Idéen er å sette sammen ulike og nødvendig teknologi for å gjøre den kompatibel med automatiseringsløsninger samtidig som den håndterer fisk på en skånsommåte for å ivareta kvaliteten.

Hvem	Hva	Hvorfor	Hvordan
Prosjekt FISK 4.0	Forbedre håndtering av fisk som råstoff.	Prosjekt Fisk 4.0 skal skape verdi for marin og maritim næring og utvikle nye metoder å unytte fisk på.	<ul style="list-style-type: none"> • Ny teknologi • Automatisering • Robotikk • konseptutvikling

3.3 Samling og utvalg ideer

Samling og utvalg ideer baseres på behovsanalysen og aspektene med problemstilling. Bruken av tankekart gir en oppdelt oversikt over aspektene og hvilke ideer som kan knyttes til hvert aspekt. Idésamlingen gjennomføres med bruk av tankekart.



Figur 10 – Tankekart

3.3.1 Kartlegging av konseptets funksjoner og teknologi

Fra idéene som samles og velges i idéfase, utformes grunnpunktene for hvilke funksjoner konseptet skal ha og som kan legges til i prototypen.

Siden konseptet skal utstyres med en rekke funksjoner, lages det en tabell over hvilke løsninger som gjør det mulig å oppfylle funksjonskravene. De mest sentrale kravene for funksjoner som stilles til konseptet er at det skal kunne se, gjenkjenne, gripe og behandle fisk skånsomt. Deler skal produseres med 3D-printing.

<p>Kamera: Griperen må være utstyrt med ett kamera for å kunne se fisken. For kamera kan det brukes ett webkamera.</p>
<p>KI: Det må brukes KI for at griperen skal kunne lære å gjenkjenne fisk og eventuelt skille mellom ulike fisker. Med KI kan griper brukes for å styre armen fremfor at armen styrer griper.</p>
<p>Styring og regulering av komponenter: For å styre alle funksjonene må griperen utstyres med en datamaskin. For dette vil det brukes Arduino på grunn av begrenset erfaring og kompetanse rundt programmering.</p>
<p>Fingre og armer: Bevegelige deler som gjør selve gripingen mulig. Bruk av 3D printing gir en additiv produksjonsmulighet for å lage egendefinerte deler for armene. Bruk av hobby-servoer gjør det mulig å bevege armene.</p>
<p>Kontaktflate: Det området som skal være i kontakt med fisken og skal gi best mulig grep. Lages enten profilerte for begrensede former eller i blokk for mer gripedynamikk. Viktig å finne en balanse mellom godt grep uten for mye trykk. Fra tidligere erfaring er materialet TPU en god kandidat.</p>
<p>Avstandsmåler: Dersom arbeidsmiljøet krever dynamisk posisjonering må griperen være i stand til å måle avstand. Alternativ er at roboten den kobles til selv utfører disse beregningene.</p>
<p>Kommunikasjon: Griperen må kunne kommunisere med andre involverte datamaskiner for å kunne fungere best mulig.</p>
<p>Kropp/boks/hus: Siden griperen skal fungere på egenhånd, må det lages rom for plasseringen av nødvendige operative komponenter som datamaskin, kamera og avstandsmåler.</p>

3.4 Bruksituasjon og bruker

Visjonen for bruken av griperen vinkles primært mot fiskeindustrien og/eller andre områder hvor håndtering av hel og/eller levende fisk foregår. Dette kan være alt fra luking av bifangst, sortering av fisk eller holde fisk i ro om nødvendig. Eksempler på områder hvor dette forekommer er samleband på en fiskebåt eller i en fabrikk, alternativt fisk som sluses av ulike årsaker fra mærder i oppdretsanlegg.

Robotgriperen skal, til en viss grad, være selvgående hvor oppgaver og parametere kan justeres, men det må fortsatt overvåkes at oppgavene blir utført riktig eller se etter behov for vedlikehold. Robot med griper skal kunne plasseres langs linjen i prosesser for å utføre oppgavene sine.

Bruker: Fabrikker og andre anlegg som håndterer hel eller levende fisk.
Operatører: <ul style="list-style-type: none">• <i>Daglig Bruk:</i> Griperen skal selv kunne jobbe uten noe særlig inngripen fra mennesker med mindre dette er nødvendig.• <i>Vedlikehold:</i> Kyndig personell med kompetanse.

3.5 Lean tankegang

I arbeidet med oppgaven forsøkes det å ha en Lean tankegang for å optimalisere framgang og flyt i arbeidet. Dette gjøres ved å dele opp arbeidet, planlegge produksjon og se på hvilke prosesser som kan gjennomføres parallelt med hverandre. Med oppdelingen får også hver del av griperen en identitet som skal gjøre det enklere å forstå hvilke deler som menes.

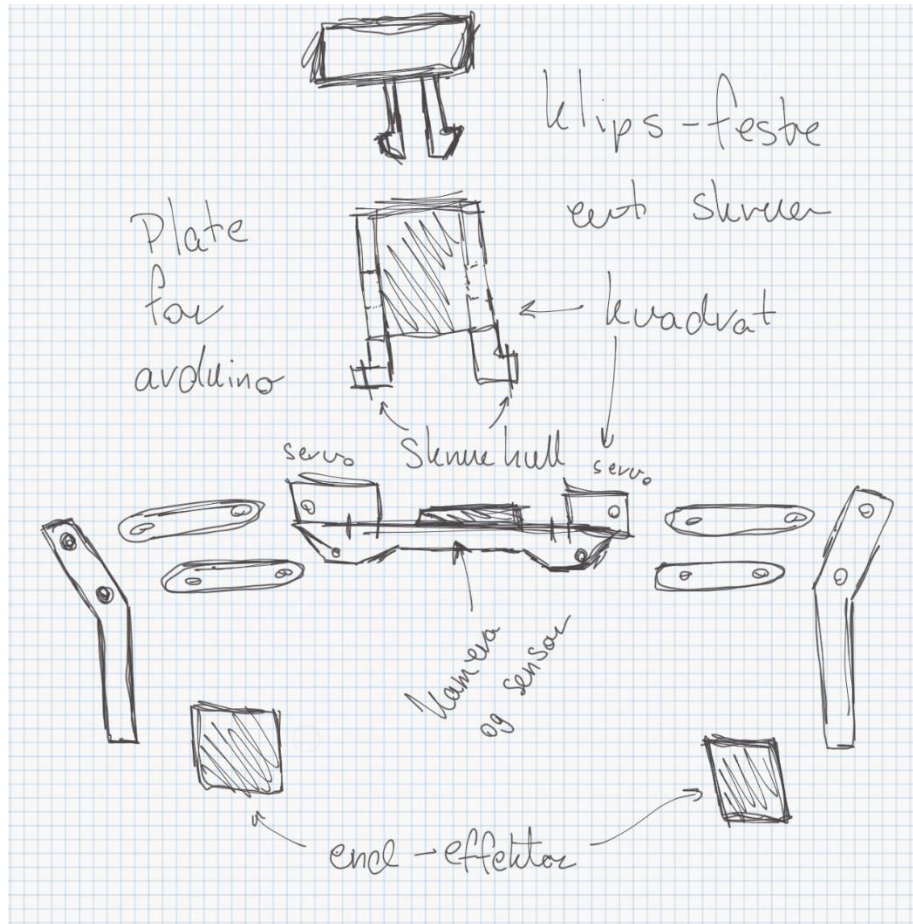
3.5.1 Oppdeling av griper

For å få en bedre oversikt over arbeidet og ett klarere mål på del-arbeid, deles griperen inn i fire deler.

Hoveddel	Sub-Del	Hva	Arbeid
Griper	Overgang	Gjør det mulig å koble griper til TM/UR robotarm	Studere endestykker til TM-robot og finne mål
	Hus	Hovedstasjonen for elektroniske deler som Arduino, breadbord, servoer osv.	Finne mål for komponenter som skal plasseres her for å samle alt på ett sted
	Armer	Den delen av griperen som utfører gripebevegelsen	Finne en løsning som lar griper kunne plukke opp smale og brede objekter
	Kontaktflate/gripehode	Den delen av griperen som har kontakt med objektet den skal løfte	Kontaktflate som påfører minst mulig skade på fisken evt forme seg etter fisken

I tabellen over vises hvordan de ulike delene deles opp. I siste kolonne fylles det inn hvilket arbeid som må gjøres for hver del.

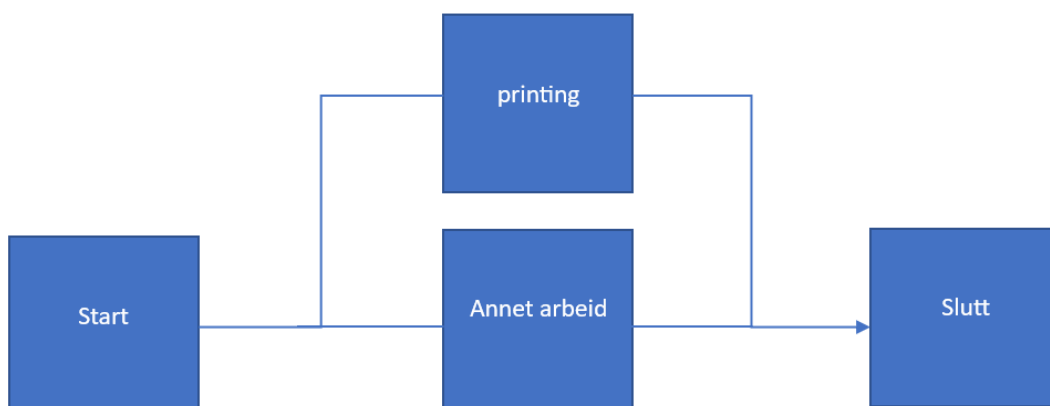
Med Lean tankegang skal det også forsøkes å designe prototypen på en slik måte at det enkelt kan tas fra hverandre med minst mulig arbeid. Derfor legges det vekt på design mot montering og testing.



Figur 11 - Monteringsskisse

3.5.2 planlegging av print

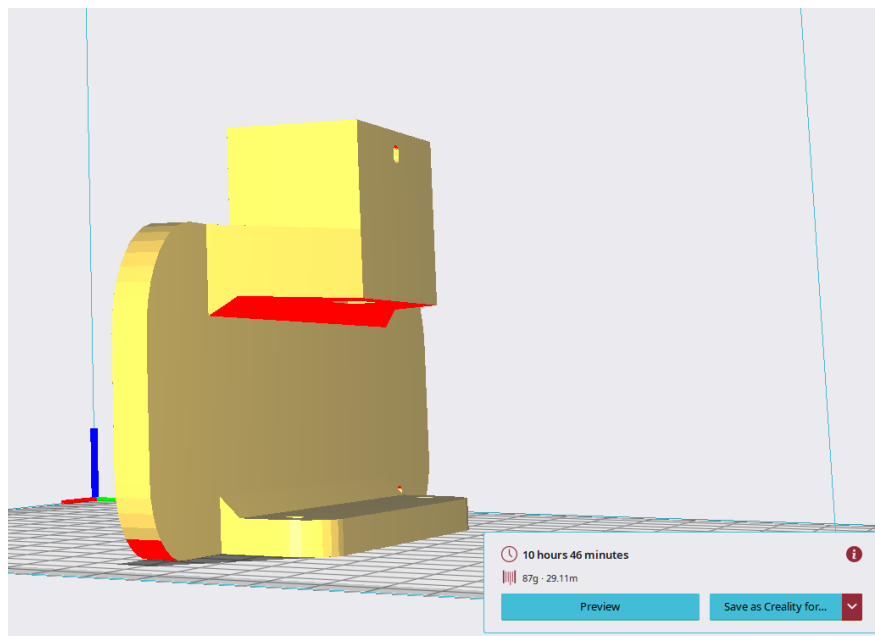
Siden delene skal produseres ved 3D-printing, er det fordelaktig og lønnsomt å planlegge printingen for å redusere total produksjonstid og materialforbruk. Partiene må printes så tidlig som mulig for å unngå flaskehalsen i prosessen som er avhengige av delen som printes.



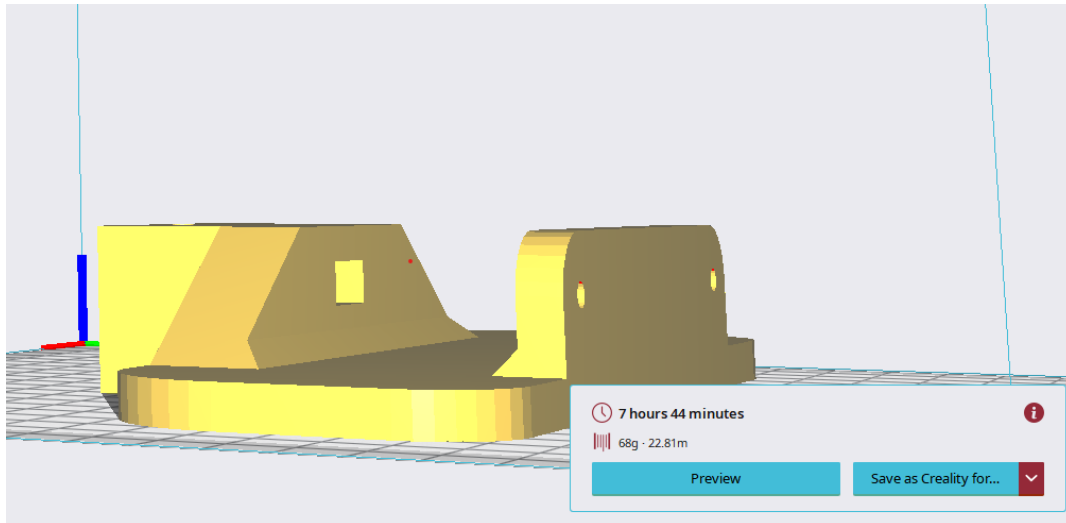
Figur 12 - Planlegging av print

De fleste 3D-printere har muligheter for at brukeren kan, til en viss grad, gjøre egne bestemmelser for hvordan ulike detaljer som støtte, fylde, fyldens mønster og lagtykkelse skal gjennomføres ved printingen. Konsekvensene av justeringer er tiden det tar å printe og mengden material som brukes. I planleggingen må det derfor finnes en god balanse mellom materialbruk og styrke for de ulike delene for å optimalisere tiden printingen tar. Å tilføre mer fylde i en del enn nødvendig er sløsing av tid.

Orienteringen på modellen vil også påvirke tiden og materialet som brukes per modell. Fra figurene under kan man se at ved å endre modellen fra stående til liggende, reduserer vi produksjonstiden med tre timer og materialbruken med 19 gram. Disse reduksjonen skyldes at ved å legge modellen ned så slipper en å måtte ta i bruk støttematerial i områder med overhengende masse, som man kan se markert rødt på figur 13.



Figur 13 - Stående orientering av del

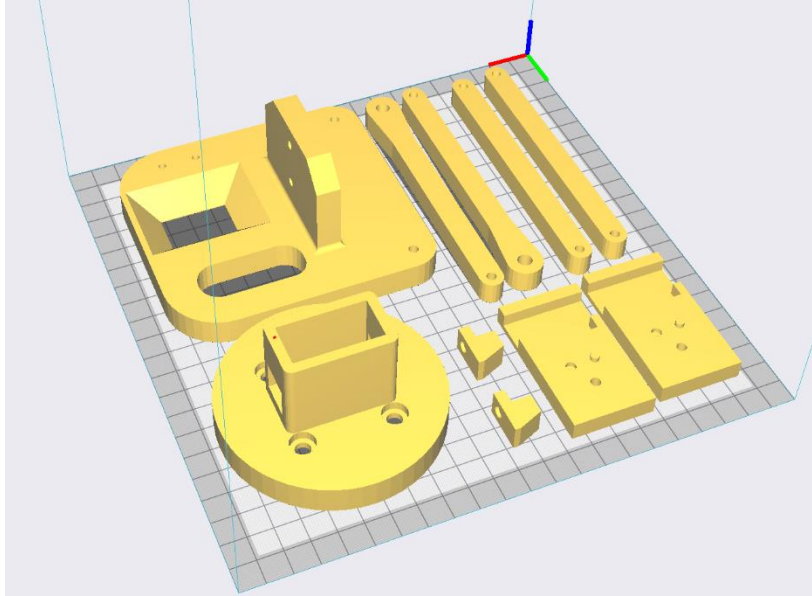


Figur 14 - Liggende orientering av del

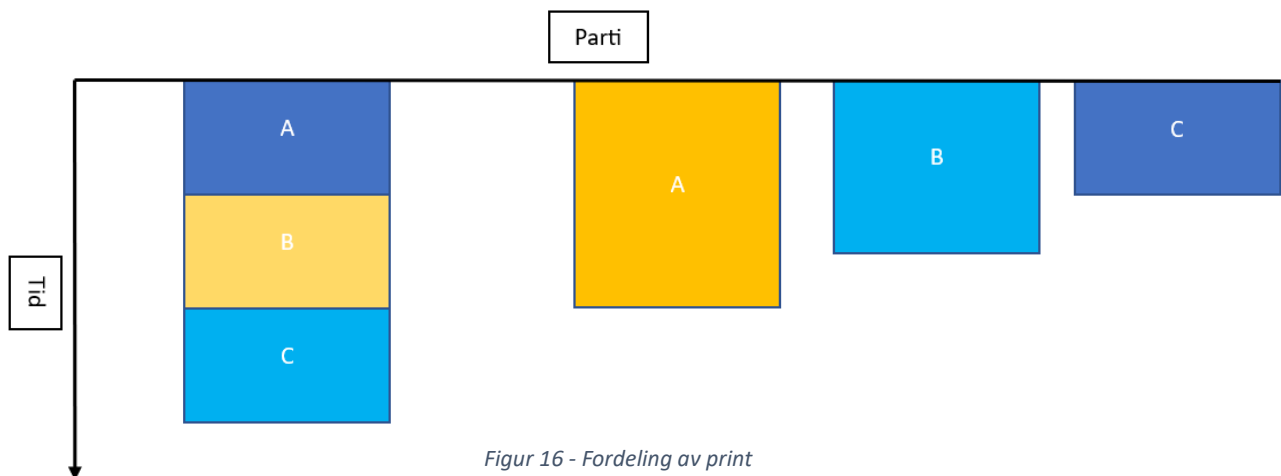
Mengden deler som legges i hvert parti som printes er også noe som også bør planlegges. Å fylle ett parti med med så mange deler som mulig vil resultere i at hver del tar lengre tid, fordi printeren må legge hvert lag på alle deler før den kan gå til neste lag.

Partiet i figur 15 er estimert til bruke 35-40 timer i følge printeren som brukes. Noen av delene vil fullføres før andre, men man kan ikke hente de ut uten å stoppe hele prosessen.

Dette fører til at ferdige deler blir liggende på vent til hele partiet er ferdig. Dersom tilgangen av 3D-printere er redusert, er det å stoppe printen for å fjerne ferdige deler en alternativ framgangsmåte. Denne metoden medfører stor risiko for vraking av print fordi gjenopptakelsen av printingen kan bli upresis og man får defekte deler.



Figur 15 - Part av print



Figur 16 - Fordeling av print

Den beste løsning for større partier er å fordele de på flere printere. På denne måten jobbes det kontinuerlig med flere deler samtidig og ferdige modeller holdes ikke igjen av uferdige. Den totale tiden det da tar er ikke lengre enn den tiden det største partier bruker.

3.6 Desing og utforming

Ved bruk av to ulike CAD-verktøy for skisser, lages det i rekkefølge først enkle skisser, som gjennom prosessen tillegges detaljer. De ulike programmene brukes for å enten utnytte forenklete eller mer avanserte funksjoner mens skissene modnes gjennom prosessen.

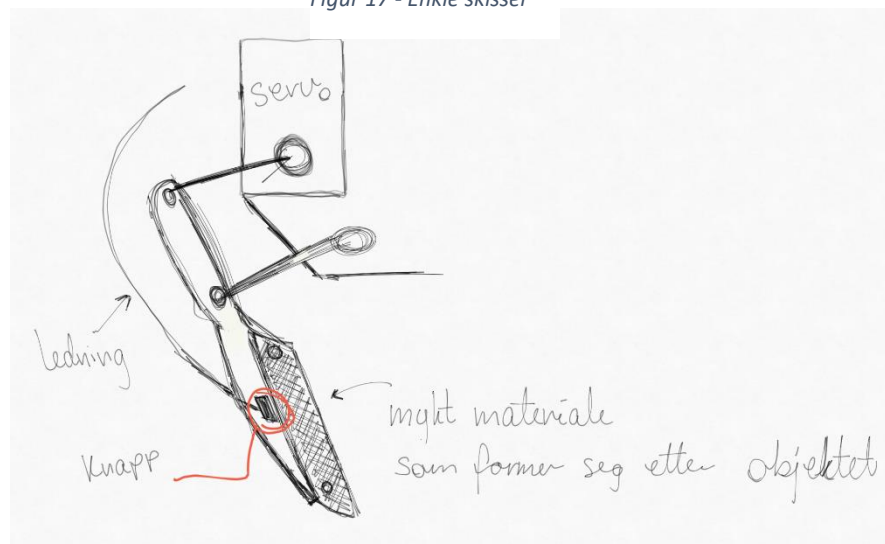
Dette markerer starten på fase 2.

3.6.1 Concepts

For de første og mest enkle skissene brukes programmet *Concepts*. Concepts er et enkelt digitalt tegneprogram som er utviklet for nettopp konseptprosjekter og hurtig produksjon av skisser og notat. Programmet brukes i denne fasen fordi «arket» som tegnes på er «uendelig» stort slik at brukeren kan ha alle skisser på ett og samme ark. Ved å bruke programmet kan brukeren produsere mange skisser på kort tid.



Figur 17 - Enkle skisser



Figur 18 - konseptskisse av løsning for føling

3.6.2 Autodesk Sketchbook

For mer definerte skisser som skal illustrere det ferdige konseptet, brukes programmet *Sketchbook*. Sketchbook har funksjoner som speiling og beveglige forsvinningspunkt for perspektivlinjer, noe som gjør detaljert skissering enklere og raskere. I kontrast med Concepts er tegnearket begrenset. Dette lar brukeren fokusere på kvalitet fremfor kvantitet i skisser. Sammen med lag-funksjonen kan ulike deler av skissene isoleres og bearbeides uten å «skade» skissen. Dette er også hjelpelig for å gir skissene mer dybde og kommunisere hva visjonen er.



Figur 19 - Konseptskisse av griper

3.7 Modellering

Skisser av utvalgte løsninger gjøres om til digitale 3D-modeller med bruk av CAD-programmet Siemens NX. Her gjør man også nødvendige endringer for at ulike deler skal passe sammen. Med hjelp av diverse verktøy innebygd i NX, kan en gjøre nøyaktige mål for toleransebilde mellom de ulike delene som modelleres.

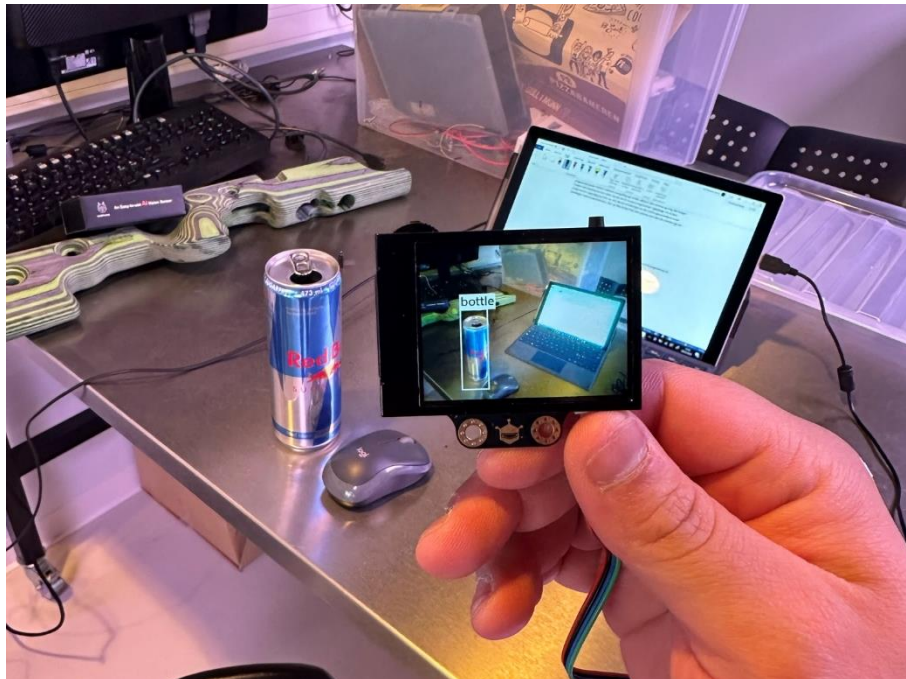
Med nettsiden *GrabCAD COMMUNITY* kan en laste ned 3D-modeller av spesifikke komponenter som skal brukes i prosjektet for å få nøyaktige mål for plassering av hull.

GrabCAD Community er ett gratis nettbasert samfunn hvor brukerne laster opp CAD-modeller de lager og som deles med andre brukere (GrabCAD COMMUNITY, u.å.). CAD-modeller som

hentes fra nettsiden er modeller for servo, avstandsmåler, HuskyLens, knapp, Arduino uno og breadboard.

3.8 Bruk av KI

For at griperen skal kunne se og gjenkjenne fisken, må datamaskinen som brukes, i dette tilfellet Arduino Uno, være kompatibel med bruk av KI. Gjennom undersøkelse om løsninger for å bruke KI med Arduino, kommer man over HuskyLens.



Figur 20 - Test av HuskyLens

3.8.1 HuskyLens

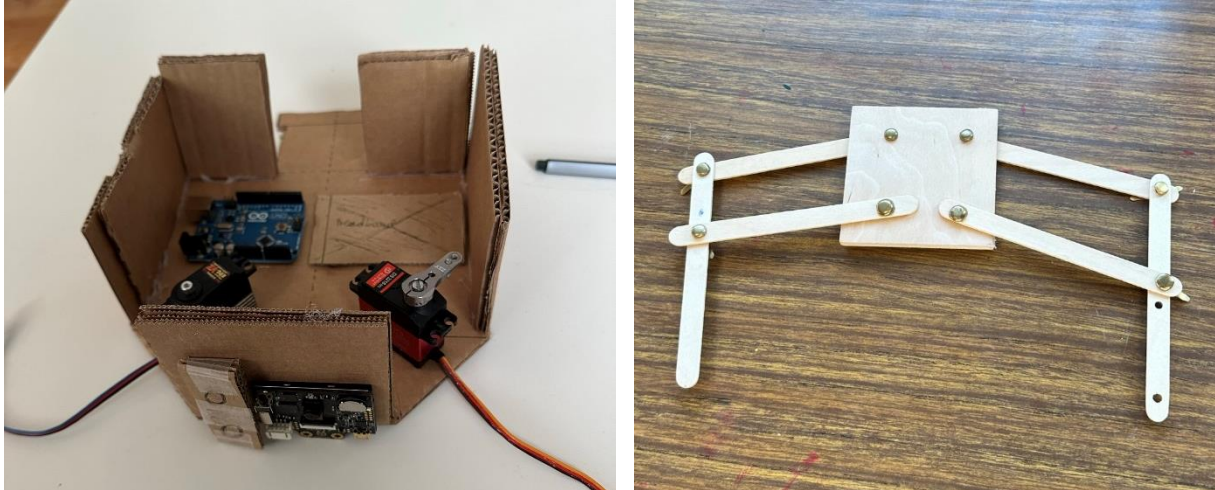
HuskyLens er en liten datamaskin som har både kamera og innebygd KI med maskinlæring. I tillegg har den en liten skjerm som gir direkte overføring av video under bruk og flere innebygde programmer med ulike funksjoner.

Tabell over programmer i HuskyLens:

Program	Beskrivelse
Face recognition	Denne funksjonen kan opppdage, gjenkjenne og følge ett ansikt.
Object tracking	Denne funksjonen gjør det mulig å lære HuskyLens å gjenkjenne og følge et objekt. Begrenset til ett objekt om gangen.
Object recognition	Denne funksjonen lar HuskyLens gjenkjenne og et utvalg av 20 forhåndslærte objekter og spore de.
Line tracking	Denne funksjonen lar HuskyLens gjenkjenne fargede linjer og foreta baneprediksjon.
Color recognition	Lar HuskyLens lære, gjenkjenne og spore spesifikke farger eller objekter basert på farger.
Tag recognition	Lar HuskyLens oppdage, lære, kjennkjenne og spore spesifikke tagger (April Tags).
Object classification	Lar HuskyLens lære flere bilder av ulike objekter og bruke den innebygde maskin-lærings algoritmen for opplæring. Deretter vil HuskyLens kunne gjenkjenne de ulike objektene og klassifisere dem med ett ID-nummer.

3.9 Rapid prototyping

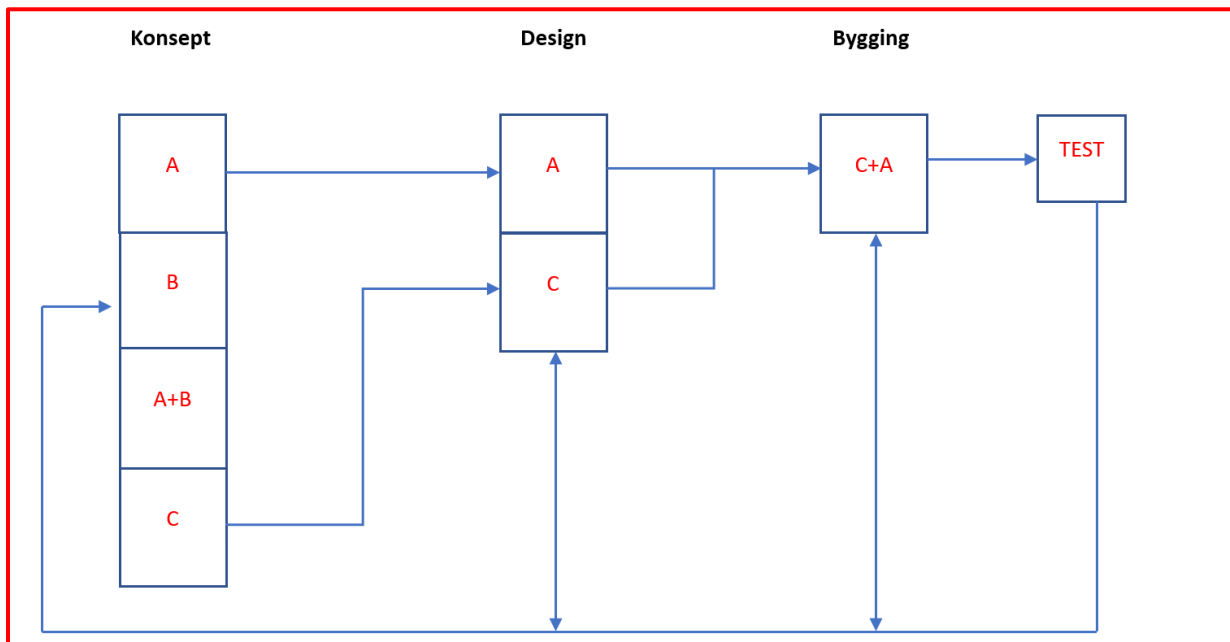
I arbeidet lages det hurtige modeller av ulike deler og funksjoner. Metoden brukes for å raskt kunne finne ut om teoretiske løsninger fungerer eller ikke. Metoden anvendes også for å få ett lettere og fysiske bilde av størrelser og hvordan organisering av komponenter kan gjøres for modellering, i tillegg til å spare tid og material ved bruk av print.



Figur 21 - Rapid prototyping av hus og arm-løsning

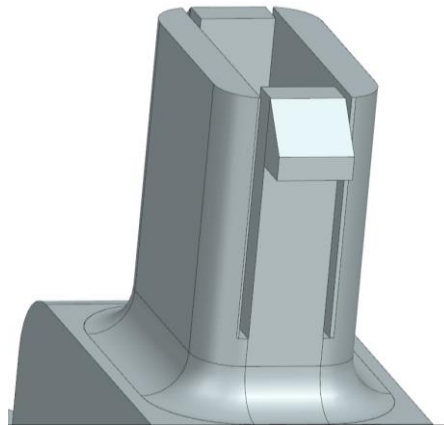
3.10 Testing og itterering

En viktig del av prosessen i arbeidet er testing. Tester gir en svar på om løsninger fungerer eller ikke. For hver test gjøres det observasjoner og fra resultatene brukes data for nødvendige endringer, itereringer eller termineringer, og prosessen repeteres. I arbeidet må man være åpen for nye ideer som dukker opp eller kan slås sammen som kan være med på å forbedre produktet.



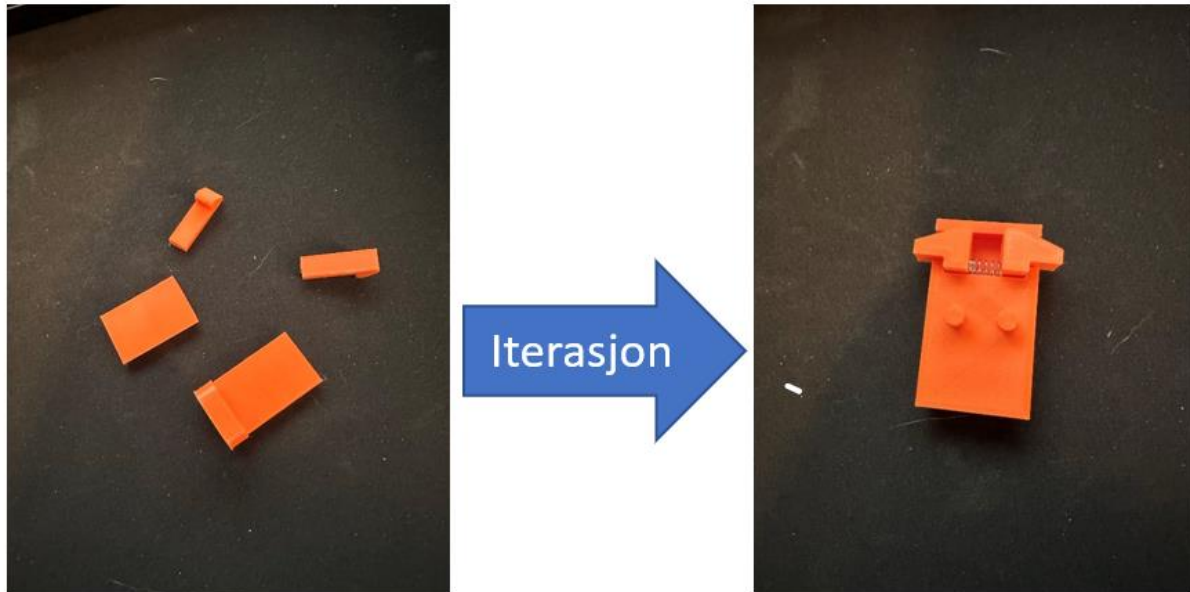
Figur 22 - Itereringsprosess

Blant itereringer som gjøres i arbeidet, er idéen for «quick release»-funksjonen en løsning som oppstår. Behovet for denne løsningen er for å spare tid mellom hver gang griperen festes på robotarmen. Del-konseptet skal være en smart løsning som lar brukeren raskere og enklere koble på og fjerne griperen fra armen, enn ved bruk av andre festemidler som bolter eller skruer. Konseptet baseres på låsemekanismer som man finner hos spenner på skolesekker. En forenklet modell på løsningen skisseres, modelleres og 3D-printes.



Figur 23 - 3D-modell av spenne

Resultatet blir brudd i spenne-hodene når fleksibiliteten skal undersøkes for å se om det er nok vandring i spennehodene. Observasjon av bruddet viser at tykkelesen på stammen ikke er tilstrekkelig. Med data og observasjoner fra testen blir det laget en spenne som drives av en fjær. Dette gjør at en kan eliminere utfordringer med små dimensjoner på delene, men også øke styrken.



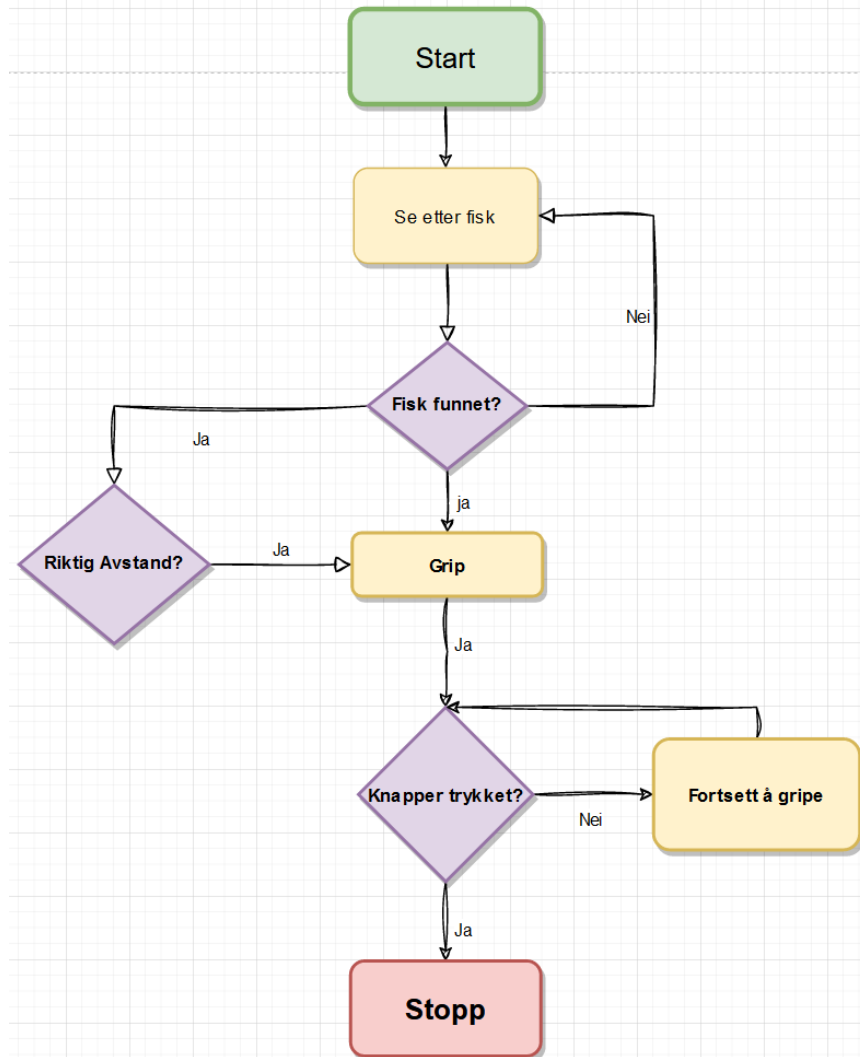
Figur 24 - Iterering av spenne

Resultat fra andre tester legges frem i resultatkapittelet.

3.11 Programmering av Arduino

I arbeidet brukes programmering av Arduino for å få griperen til å utføre funksjoner. Før koden skrives, lages det en parametrisk plan som skal sikre at griperen gjennomfører bestemte steg. Innhenting av informasjon for hvordan skrive og forme en kode gjøres gjennom opplæringsvideoer på YouTube, bruk av forumer for Arduino og instruksjonsboken for programmering av Arduino SIK Guide.

Dersom objektene som skal gripes krever dynamikk i gripeprosessen kan det legges inn steg for å forebygge dette. Griperen må da kunne måle avstanden fra objektet slik at fingerene/armene vil kunne komme i kontakt med objektet på ett optimalt område.

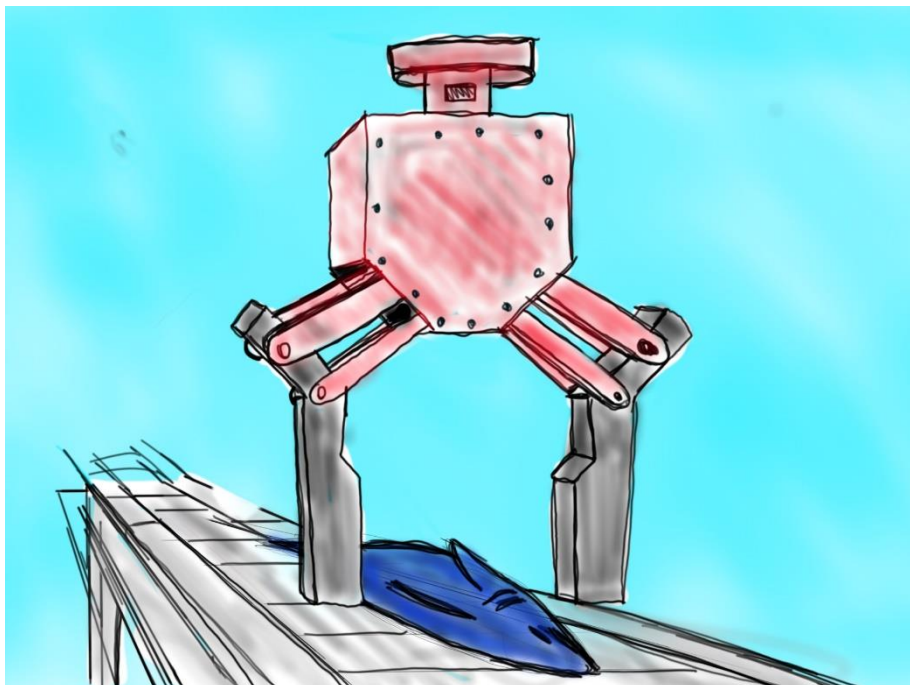


Figur 25 - Planlegging av kode

4. Resultat

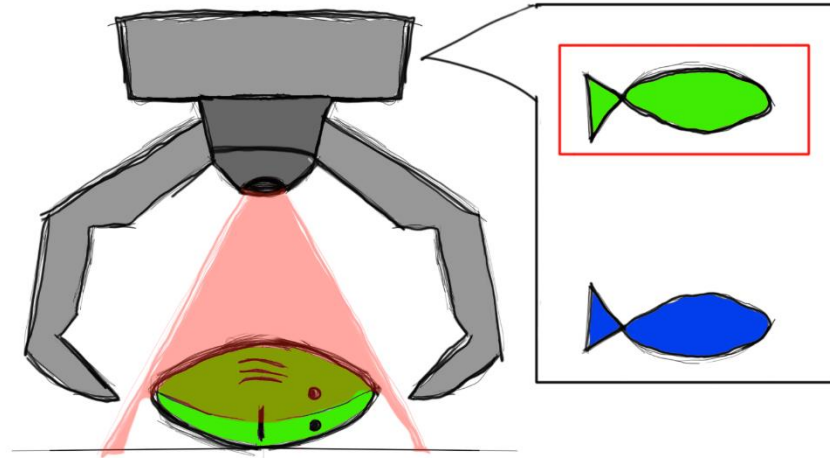
4.1 Konseptet

Konseptet som utformes gjennom fase en i konseptutvilkingen, er en griper som bruker KI-teknologi for å kunne jobbe effektivt og samtidig lære av jobben den utfører for å stadig forbedre seg. Griperen huser alle komponenter den bruker operativt i «huset», slik at brukeren enkelt kan feste den på en TM-robot eller lignende. Dette gir griperen en «plug-&-play» funksjon. Med denne funksjonen kan også griperen enkelt ved behov, byttes ut med andre sluttstykker eller flyttes mellom stasjoner.



Figur 26 - Situasjonsskisse av konsept

Med innebygd kamera kan griperen se, gjenkjenne og skille mellom fisk som kommer langs prosesslinjen. For å oppnå best mulig griping, kan griperen måle avstand og deretter med hjelp av kommunikasjon til armen, justere posisjonen sin. Med armer som er utformet slik at kontaktflaten alltid er orientert normalt mot underlaget, kan griperen gripe om fisker med store størrelsesforskjeller.

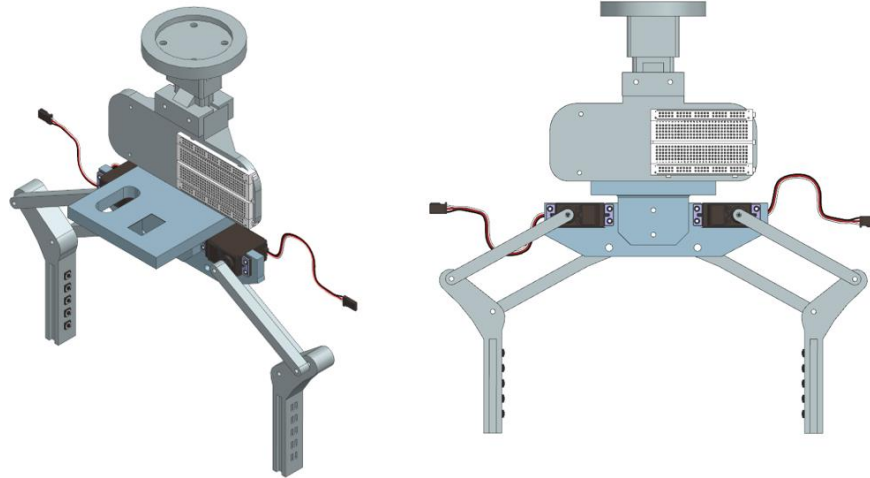


Figur 27 - Konseptskisse

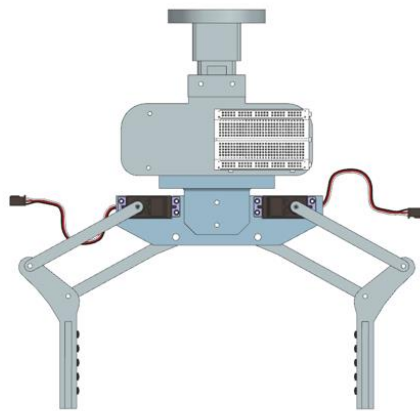
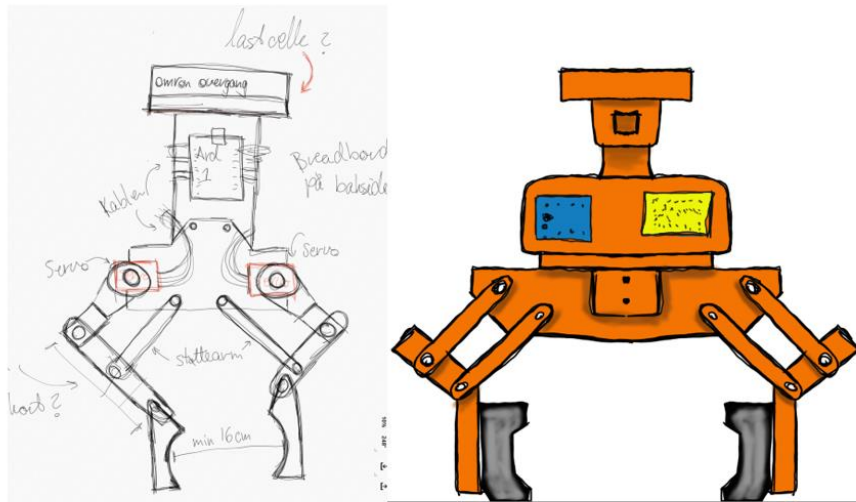
Den skånsomme og allsidige håndteringen av fisk oppnås ved utstyre griperen med kontakflater av mykt elastisk materialer som dynamisk former seg etter gripeobjektets form. På denne måten unngår man å begrense griperen til enkelte fisker, men heller gripe «alle» fisker. For å vite at den har fått grep om fisken, er griperen utstyrt med sensorer i kontakflatene som måler kraft og passer på at dette ikke går over ett bestemt punkt. Dette er fordi ulike fisker kan ha ulik grad av hvor bløte de er og unngå klemskader.

4.2 Design

Gjennom arbeidet er det gjennomført ulike metoder for å designe hvordan griperen skal se ut. Fra hurtige skisser til mer definerte skisser, er det valgte hoveddesignet beholdt og sluttresultatet viser lite avvik.



Figur 28 - Modell av prototype



Figur 29 - Designprosess

4.3 Prototypen

Prototypen som lages er en forenklet modell av konseptet hvor de funksjonene som er mest sentrale tas med, noen i begrenset format. Designet og modell av prototypen framstår som like. Dette resultatet viser til at en har fulgt skissene som lages i forarbeidet for produksjonen av prototypen. Prototypen består for det meste av 3D-printede deler av PLA-material, mens kontaktflatene er laget av NinjaFlex, ett spesielt formular av TPU. Komponenter som servoer, og avstandsmåler er alle funksjonelle ved hjelp av Arduino Uno og kodene som brukes. Ved sammensatt kode for flere komponenter er det noen funksjonsutfordringer.



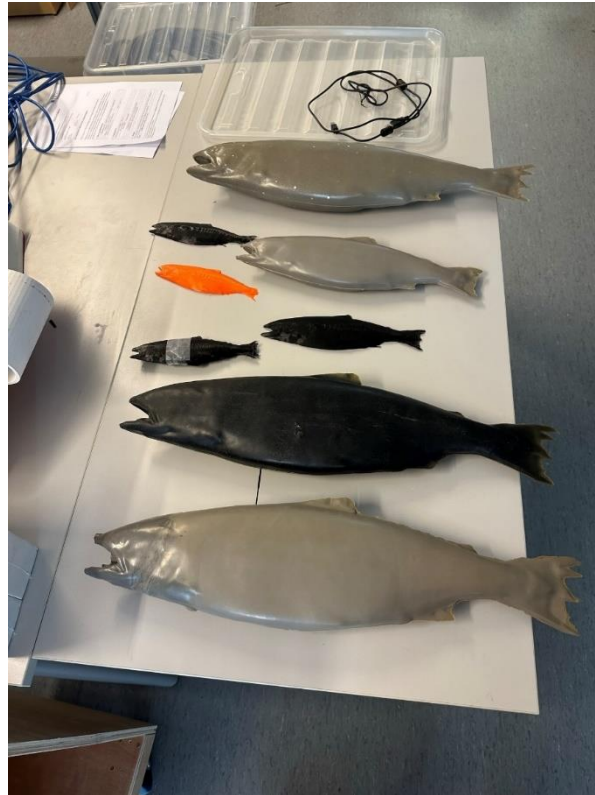
Figur 30 - Prototype

4.4 Funksjoner, tester og resultat

Gjennom byggingen av prototypen er det gjennomført en rekke tester av funksjoner i individuelle og kombinert sammenheng og resultatene er varierende.

4.4.1 Overgang med Quick release

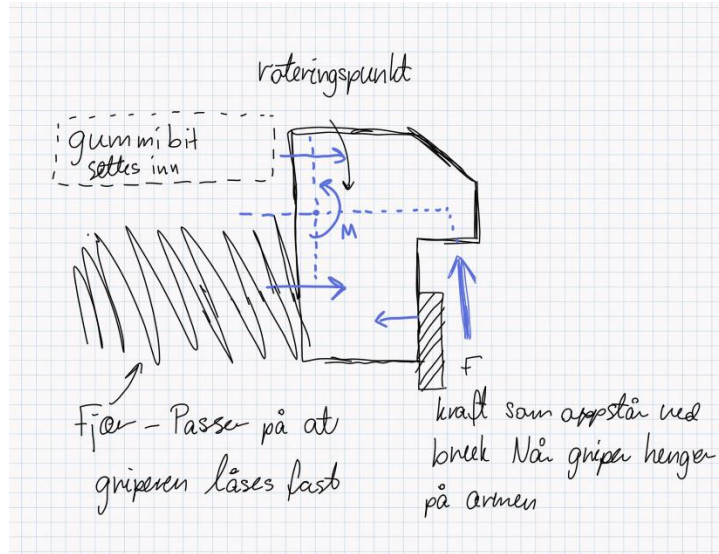
Test av quick release-ens evne til å fungere som den skal gjennomføres med fokus på låsemekanismen og vekten som skal bæres. Det brukes to modeller av fisk av ulik størrelse og vekt. Den minste modellen har en vekt på 3kg og den største har en vekt på 6kg.



Figur 31 - Ulike modeller av fisk

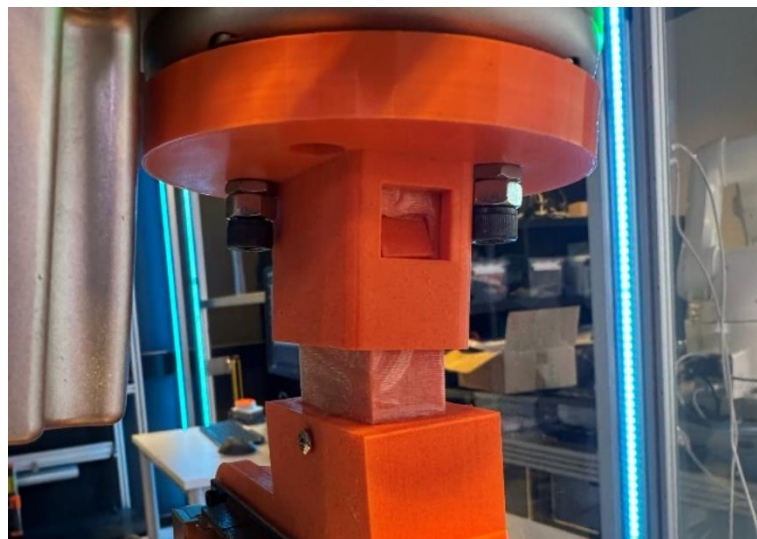
4.4.1.1 Låsning

Med låsning menes det når låseblokkene som spennes med en fjær, låses fast i utsnittet som er laget for dem.



Figur 31 - Illustrasjon av løsning med gummibit

Griperen kan tas av og på, på sekunder, men trykking av låseblokker er stivt. Toleransebildet mellom delene direkte involvert må forbedres på grunn av mye bevegelse i spillerommet mellom dem. Låseblokkene som skal sørge for låsning må også justeres da disse roteres når det legges vekt på dem under låsning. I flere tilfeller roteres de så langt at låsningen gir slipp. Potensiell løsning er å bytte ut fjæren med en større. Nytt resultat med større fjær er mykere trykking for åpning, men rotering skjer fortsatt og griperen låses ikke. Ny løsning er å sette inn en gummibit å stoppe roteringen og unngå kveiling av fjær i form av at den bøyes ved sammentrykking. Nytt resultat er at rotering stoppes nok til at griperen forbli fastlåst med akseptabel margin.



Figur 32 - Test av Quick release

Figur 33 - Test av Quick release

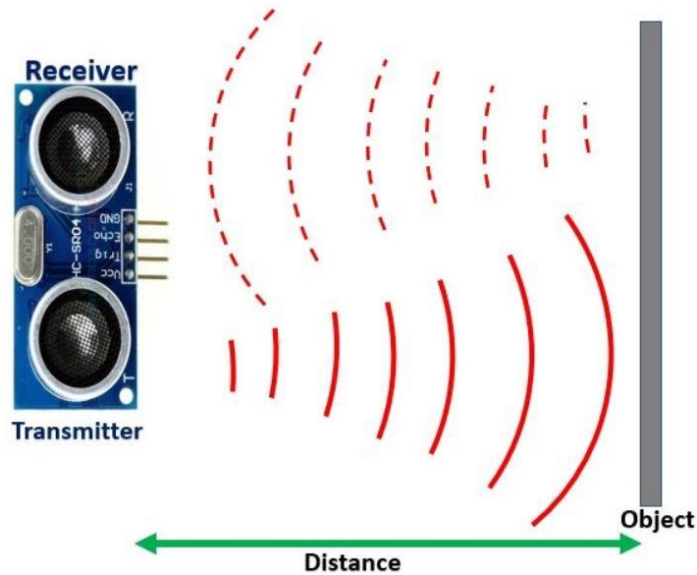
4.4.1.2 Låsning med vekt

Med forbedret løsning på låsningen testes den med vekt. Resultatet viser at låsningen klarer å holde egenvekt og fiskemodell på 3kg og modell på 6kg.

*Figur 32 - Vekttest*

4.4.2 Avstandsmåler

For måling av avstand, er det valgt komponenten HC-SR04 Ultrasonic Sensor. Denne sensoren måler avstand ved å bruke ultrasoniske lydbølger med en frekvens, som oppgitt av produsent, på 40kHz. Virkemåten er at den først sender ut ett signal fra en transmitter som plukkes opp av en mottaker, og måler tiden i mikrosekunder. Siden signalet skal fram og tilbake må en dele tiden på to. I Arduino skrives en kode for som både måler og gir direkte ferdig utregnet data for avstand.



Figur 33 - Funksjon av HC-SR04

Ved første test fungerer ikke sensor som den skal til tross for at koden vurderes som riktig. Det oppdages at sensoren som er kjøpt inn, ikke er HC-SR04, men en Grove Ultrasonic distance sensor. Dette løses med å lage en ny kode som passer for anskaffet sensor. Hovedforskjellen mellom sensorene er at Grove som bruker samme port for signal og mottak og det må derfor manuelt legges inn intervaller i koden for å sende og lese signal. Frekvensen er den samme.



Figur 34 - Grove Ultrasonic sensor og HC-SR04

For kalibrering lages en testrig med bruk av linjal og papp for å kontrollere at koden som brukes er riktig og konverterer signaltid til avstand på riktig måte.

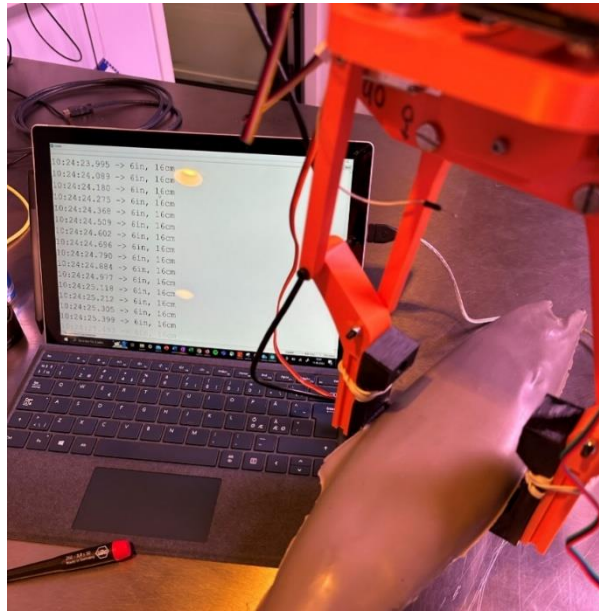
For utregning fra signalet sendes til det plukkes opp, brukes formelen:

$$\text{centimeter} = \frac{\left(\frac{\text{mikrosekund}}{2}\right)}{29,1}$$



Figur 35 - Kalibrering av avstandsmåler

Resultat fra test viser at data som kommer ut av målingene er korrekte med avrunding til nærmeste centimeter. utfordringen som oppstår er at deler av prototypen plukkes opp når sensoren ligger lengst inn mot griperen. Siden denne sensoren har mindre dimensjoner enn den som det er designet for, ligger den løst og kan bevege seg i utsnittet som er laget. Midlertidig løsning er å låse den lengst ut med en bit av papp og snu om på hvordan armene er koblet til braketten. Nytt resultat viser at så lenge den fobliir ytterst plukkes ikke deler av prototypen opp.

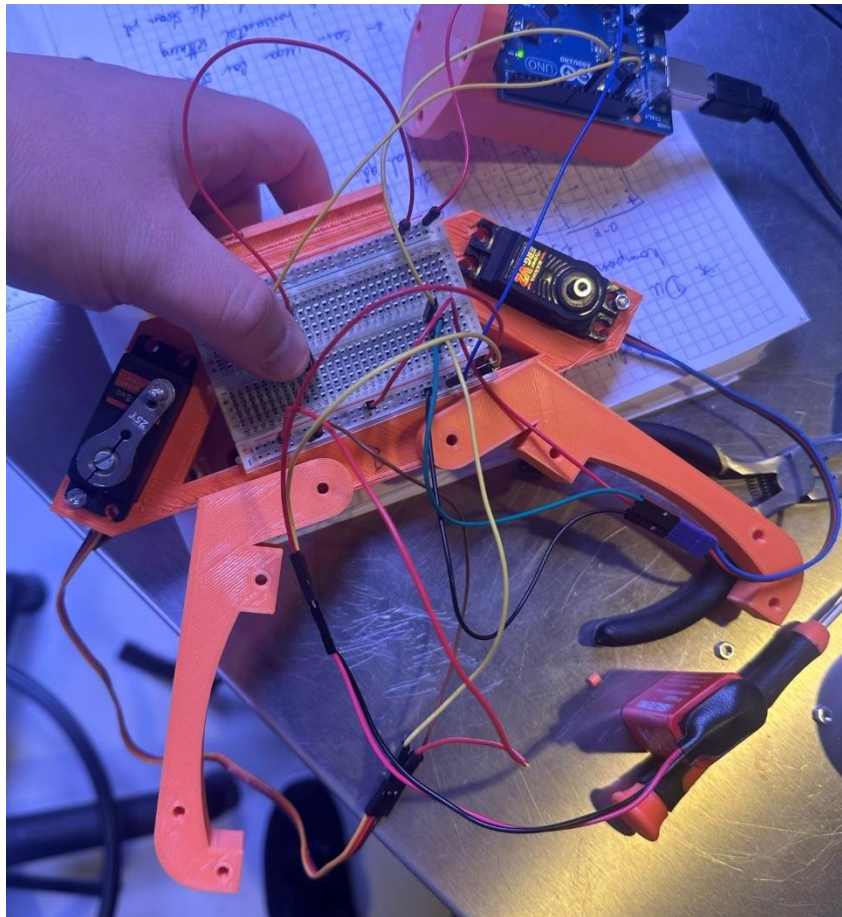


Figur 36 - Måling av gripeavstand

Det gjennomføres en test av avstnadsmåling med fiskemodellen lengst nede i grepet på armene. Fra avlesning er avstanden 16 cm, noe som stemmer med kontrollering med linjal. Øverst i grepet måles avstanden til 13 cm.

4.4.3 Føling

For å simulere ideene om at gripen skal kunne vite at den har godt nok grep om fisken uten å skade den, brukes det to knapper som skal plasseres bak kontaktflatene. Når begge knapper trykkes inn, skal det gis signal om å stoppe servoene. Resultatet fra testen er vellykket, servoene stoppes når begge knappene trykkes. Denne testen gjennomføres på en testtrigg av en tidlig prototype.



Figur 37 - Test av knapper

4.4.4 HuskyLens

Siden HuskyLens er en egen datamaskin, trenger man bare å tilføre strøm via Arduino eller andre kilder for bruk. Funksjonen *Object Recognition*, som er den egentlige grunnen til valget av komponenten, kommer med ett ferdig bygget bibliotek med 20 objekter som den kan gjenkjenne og følge, men fisk er ikke en av dem. Ved test på modellen av fisken er resultatet unøyaktig i form av at den ikke markeres eller vekselvis markeres den som enten fly eller fugl. I seg selv er ikke feilmarkering ett problem for prototypens bruk, men siden den veksler markeringen flere ganger i løpet av sekunder, tas ikke funksjonen i bruk. Det blir derfor nødvendig å teste om andre funksjoner gir bedre resultat.

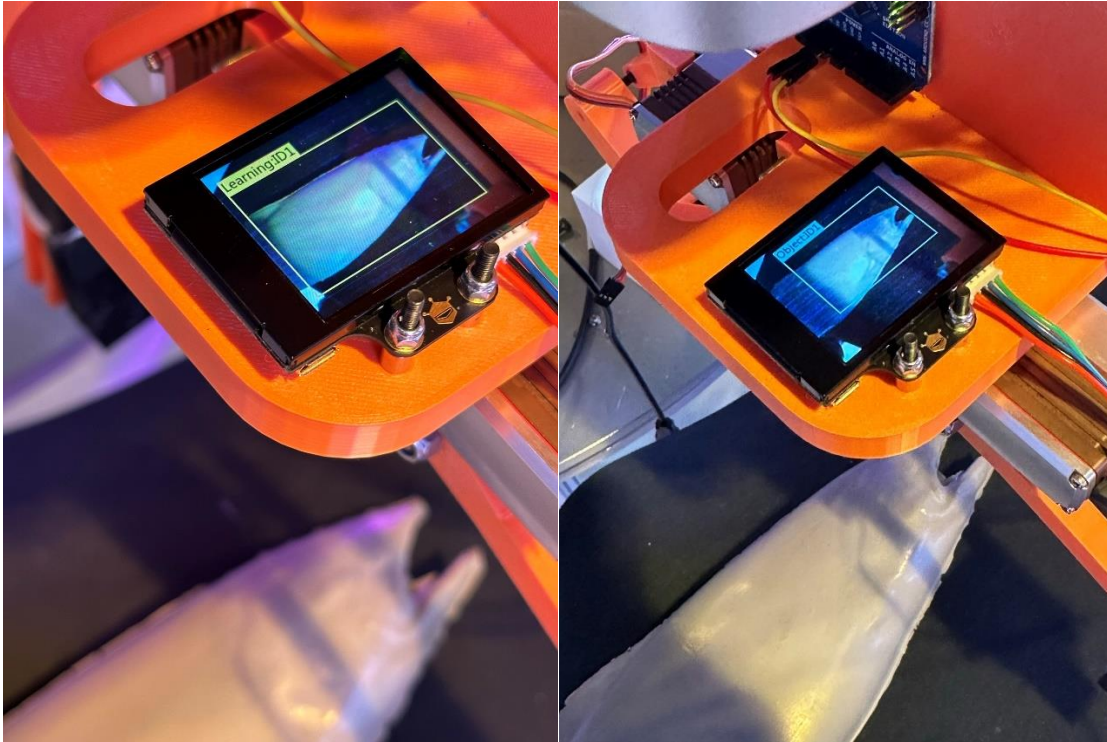
Blant de andre programmene, blir object tracking, color recognition og object classification sett på som aktuelle alternativ og testet for å finne ut hva som gir best resultater.

Tabell over test og resultat av HuskyLens:

Program	Resultat	Notat
Object tracking	Godt egnet	<ul style="list-style-type: none"> • Denne funksjonen kommer best ut. • Begrenset til å gjenkjenne ett objekt om gangen. Ved nytt objekt må forrige objekt glemmes/slettes. • Læring kan skrus på slik at funksjonen kontinuerlig lærer mens den jobber og nøyaktigheten øker.
Color recognition	Noe egnet	<ul style="list-style-type: none"> • Kjenner igjen modellen ut fra farge og ikke selve modellen • Mye støy fra andre farger som fanges opp. Objektet blir «usynlig» dersom bakgrunn er av lik nyanse. • Kan ikke bestemme hvilke farger den skal markere
Object classification	Ikke egnet	<ul style="list-style-type: none"> • Relativ ny funksjon, begrenset til bruk av ansikter • Kan ikke gjenkjenne objekter med mindre de har anntydninger til ett «ansikt»

Ut fra testingen av HuskyLens, kommer funksjonen object tracking best ut og brukes for videre testing.

For opplæring av HuskyLens, settes kameraet på læringsmodus og modellen filmes fra flere vinkler for å forbedre gjenkjenningen. Etter opplæring, fjernes modellen og læringsmodus slås av. Deretter plasseres fisken foran kameraet igjen og blir dermed markert som ID1 som betyr at kameraet kjenner igjen modellen. Etter videre bruk av opplæringsfunksjonen, testes nøyaktigheten ved å justere terskelen for hvor sikker den skal være før den markerer. På en skala fra 0,00 til 1,00, hvor 1,00 tilsvarer 100% sikkerhet før markering, er høyeste terskel modellen pålitelig gjenkjennes 0,82.



Figur 38 - Opplæring av HuskyLens

Hvor godt kameraet gjenkjenner fisken avhenger også av hva den ser. Gjenkjenningen gir bedre resultater dersom hele fisken eller mer markante deler, som hode og hale, vises. Ved testing med gripeavstand over midten av fisken, klarer ikke kameraet   kjenne igjen modellen fordi ingenting skiller seg ut. Dette betyr at ved bruk må det legges inn avstandsmåling fordi prototypen ser ikke nok til   gjenkjenne fisken innenfor gripeavstand.

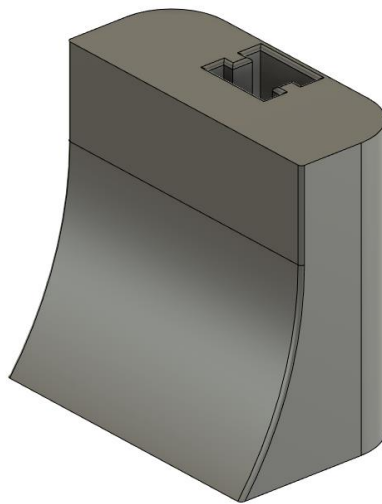
4.4.5 Kontaktflate av TPU

Resultatet av   printe kontaktflatene av TPU konkluderes som relativt vellykket i sammenheng med designet. Delene er myke og former seg etter objektene den testes på, men enkelte aspekter som tykkelse og bredde må utbedres for   utnytte effektene mer.



Figur 40 - Test av kontaktflate

Ny modell designes og printes, men herdes og delene blir for harde for formålet. Under test blir det brudd i armene som følge av mangledne elastisk deformering og det blir for stor spenningskonsentrasjon i armene. Det spekuleres om det er mengden av materialfylde som er årsaken, men ved to andre partier med mindre fylde, herdes delen fortsatt. Delen benyttes derfor ikke til videre testing.

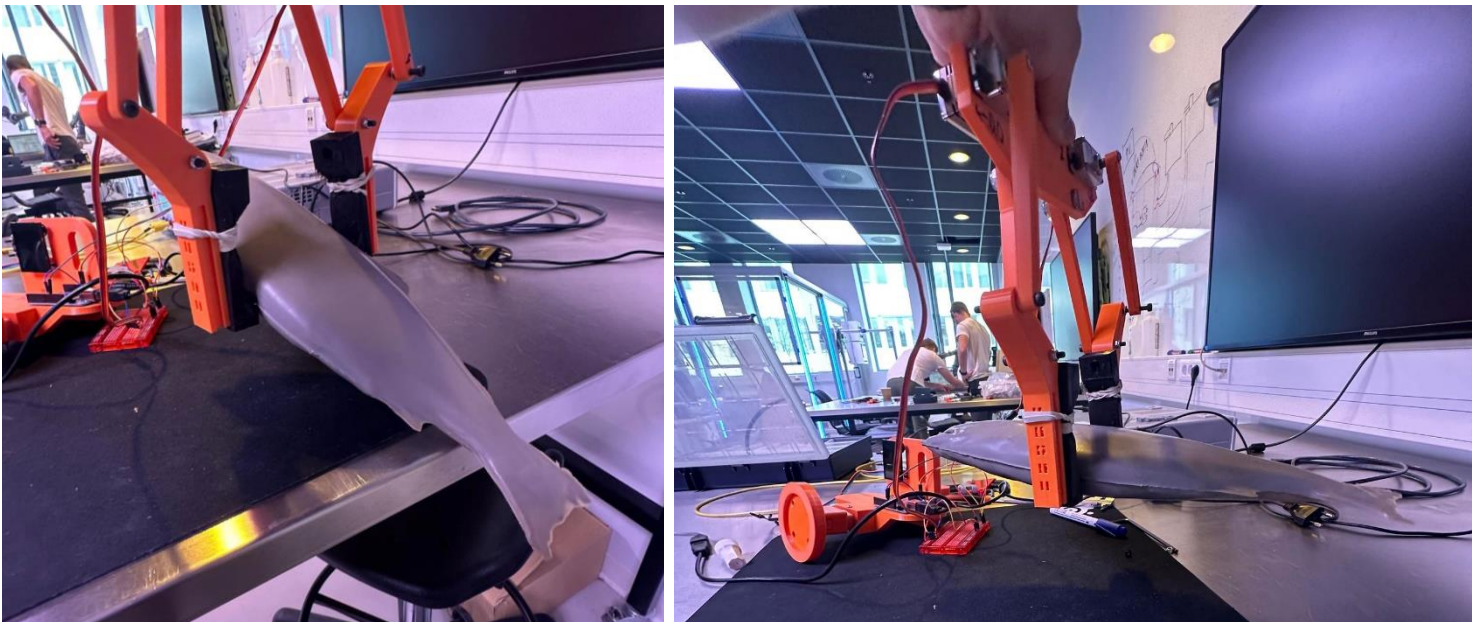


Figur 39 - Nytt design av kontaktflate

4.4.6 Griping

En designfeil gjør at knappene ikke passer utskjæringene for plassering bak kontaktflatene. Derfor brukes de ikke i testen. Servoene som brukes i denne testen er ulike. Fra markeringer på servoene leses det av at vrimomentene er 2,5kg/cm og 20kg/cm. Servoene stilles derfor inn til å kun rotere til et bestemt punkt i testkoden som brukes for å unngå at den svakere servoene skal overkjøres i kontakt med fisken.

Resultatet er varierende, men som forventet. Griperen klarer gripe om fisken, men den svakeste servoene gir ikke nok kraft til å låse grepet. I stedet balanserer fisken på de små flatene nederst på kontaktflatene som også resulterer i at løfting kun er mulig så lenge fiskens tyngdepunkt ikke ligger for langt ut. Ved justeringer i koden for å oppnå ett fastere grep, forflyttes gripingen til siden på grunn av kraftforskjellene i servoene. Testingen avsluttes da armene slipes opp i navet hvor servoene tilfører moment. Videre byttes servoene ut med to like servoer og nye armer printes. Resultat er omtrent det samme, men uten forflytning av grepet.



Figur 41 - Test av griping

4.5 Full test av prototypen

Når alle mindre tester er gjennomført går en over til å teste prototypen så nært fullskala som mulig, men det er i denne testfasen utfordringene av operative funksjoner kommer fram.



Figur 42 - Test av prototype

I forarbeidet for testen er det utfordring for bruken av HuskyLens og arduino sammen. Utfordringen er at en ikke klarer å skrive eller finne en veiledning for kode som lar komponentene kommunisere sammen. Dette resulterer at HuskyLens må settes til å operere individuelt og det hele gjennomføres med å observere på skjermen når fisken markeres. Deretter forflyttes robotarmen manuelt til avstanden måles som innenfor parameterene og armene aktiveres.

Ett annet problem som oppstår under test er at komponentene blir ustabile når alt er koblet på samtidig, selv med ekstern strømkilde til Arduino. I tidligere faser av testingen har en konkludert med at overføring strøm fra bærbar PC ikke er tilstrekkelig og det brukes derfor en ekstern strømkilde. Dette løser ikke problemet og er derfor nødt til å koble av komponenter fordi det

konkluderes med at Arduino er overbelastet. Ved undersøkelse av problemet viser det seg at knappene er grunnen til at oppsettet blir ustabil. Det er først når disse kobles av at resterende komponenter blir mer stabile. Årsaken til at knappene gjør Arduino ustabil er ukjent. Ved videre testing uten knapper, er resultatet at strømforsyningen fra Arduino til HuskyLens blir ustabil når servoene aktiveres. Dette er ikke ett problem for selve testen da dette oppstår etter at fisken markeres.

Ett tredje problem som oppstår er at når armene går inn for å gripe, plukkes de opp av avstandsmåleren. Koden som brukes i denne testen er skrevet slik at griperen kun skal gripe om avstanden er mellom 20 og 15 cm. Når armene går inn for å gripe, blir avstanden lest som mindre enn 15 cm og armene går derfor tilbake. Videre blir avstanden målt som innenfor parameterene og det hele gjentas ett par ganger før armene går helt ned og griper fisken.

Sett vekk fra problemene klarer en til en viss grad å simulere visjonen om funksjoner fra prosjektstart. Griperen kan kobles til en TM-robot, den kan se og gjenkjenne fisk, bedømme avstand, har ett skånsomt grep og fisken kan løftes uten at den faller ut av grepet. Testen konkluderes som relativt vellykket.

5. Diskusjon

5.1 Måloppnåelse

I arbeidet med oppgaven har en produsert både ett konsept for en smart robotgriper for fisk, samt bygget en prototype av konseptet. Satt opp mot hva som var oppgavens visjon og misjon, har en kommet nært målet for begge.

Visjon	Misjon
Utforme med ett konsept for en smart robotgriper som er tilpasser bruk på fisk. Konseptet skal kunne testet med bruk av TM eller UR robot.	Design, bygge og teste ett konsept for en prototype for smart robotgriper som kan håndtere fisk på en skånsom måte.

Konseptet i seg selv vurderes som anvendelig i sammenheng i automatiserte prosesslinjer i form av at det tar hensyn til teknologier som brukes innen automatikk som relevante datasystemer, sensorteknologi og robotikk. Prototypen simulerer dette i ett forenklet format, men trenger utbedringer.

Det som fungerer i prototypen er at den hurtig og lett kan kobles av og på robotarmen. Griperen bærer alle data- og elektroniske komponenter selv og er dermed selvdrevet innen sitt funksjonsområde. Dette gir en vellykket «plug-&-play» effekt. HuskyLens har lært å gjenkjenne modellen av fisk som brukes, og markerer når den legges foran kameraet. Med brukbar sikkerhetstærskel på 0,82 er det oppnådd stor sikkerhet mot feilmarkering. HuskyLens sin «plug-&-play» og «point-&-click» funksjonalitet, gjør den enkel å bruke for prototypens hensikt og viser potensialet for teknologien. Griperen klarer å lese avstand og gripe når avstanden er riktig. Kontaktflatene gir ett lett trykk mot fisken og relativt former seg rundt.

Det som derimot ikke fungerer, er hovedsaklig at ikke alle komponentene kommuniserer med Arduino som også blir overbelastet når alle kobles til. Quick-releasen holder vekten under bruk men føles upålitelig på grunn av de store toleransene i de involverte delene som gir mye bevegelse under bruk. Dette gir en følelse av at den kan falle når som helst. Siden armene ofte

plukkes opp i avstandsmålingen under griping, hemmer dette den totale gripefunksjonen. Selve grepet om fisken er for svakt for løfting, og reddes av designvalget av kontaktflaten, som egentlig er ment å føre fisken inn i grepet og ikke bære den. Det kan diskuteres om at det faktisk er en bedre løsning å la fisken bli liggende på flatene fremfor å klemmes fast.

Med hva som fungerer og ikke fungerer veid mot hverandre, vurderes griperen totalt sett som funksjonell men med rom for flere utbedringer.

5.2 Valg av løsninger og komponenter

Totalt sett er en fornøyd med resultatet rundt valg av løsninger og komponenter for prototypen, men det er klare rom for forbedringer.

For det første kan løsningen for hvordan armene styres endres til å bruke en lederskrue eller snekkeløsning. På den måten kan en teoretisk sett oppnå ett sterke grep, men gripingen vil foregå tregere. Dette vil føre til at griperen muligens må forlenges eller at gripebredden reduseres. I tillegg kan den usynkrone roteringen mellom serovene forebygges siden begge armer styres av en og samme aktuator. Dersom dette skal brukes må det brukes trykksensor for å unngå at fisken klemmes for hardt og skades. Valget av servoer begrunnes for å holde prototypen så enkel som mulig og for lettere demontering.

For det andre kan Arduino byttes ut med sterkere datamaskiner som kan kommunisere med TM-robot og som ikke overbelastes så lett. Om overbelastningen er ett isolert tilfelle av Arduino som brukes i arbeidet, er ikke sikkert, men det vil gi bedre resultater å bruke en sterkere komponent. Arduino ansees som en avansert plattform for «lek og lær»-type bruk med mange muligheter. Det er dette aspektet med Arduino som også føles viktig for arbeidet. I arbeidet lekes og læres det av arbeidet man gjør, og erfaringene man tilegner seg kan tas med videre. Dette gjør at den tjener sin hensikt med tanke på forenklingen av funksjoner kombinert med begrenset kompetanse rundt programmering.

For det tredje må kontaktflatene forbedres. Den aller største forbedringen som kan gjøres, er å utvide kontaktområdet slik at fisken har mer rom å klemmes eller ligge på. Dette ble forsøkt, men TPU-materialet som brukes i printen herdes og de nye kontaktflatene blir for harde til tross for

liten material-fylde i delene. I tillegg blir ikke det gjennomført tester av de nye delen før på slutten av oppgaven, noe som burde vært gjennomført mye tidligere.

Som skaper og eier av idéer og løsninger kan det være vanskelig å være objektiv og lett for å favorisere løsninger og ikke klare å vike fra dem.

5.3 Bruk av Lean

Metodene som er brukt under printing kan diskuteres om de har tilføyet de verdiene i arbeidsprosessen en har sett for seg teoretisk. Det kan stilles spørsmål en har oppnådd den tidsbesparende effekten som forklares i metoden hvor ferdige deler fjernes under printing, eller om resultatet har blitt mer bruk av tid. Som forklart i metodekapittelet fjernes deler av printeplaten mens andre uferdige deler setts på igjen. Metoden gambler på at bevegelse av de uferdige delene ikke skjer og gir høy risiko mot vraking av print i bytte mot varierende gevinst. Dette har ført til at metoden kun er utført når tilgjengeligheten av 3D-printere har vært minimal. De få gangene det har blitt gjort, har det heldigvis gått bra. Fra eget resonnement er det veldig diskuterbart om metoden kan defineres som tilføyning av verdi i arbeidet.

Oppdelingen av griperen har det blitt et mer oversiktlig bilde av arbeidet. Store deler av arbeidet foregår digitalt i ulike CAD-verktøy som gjør det enkelt å designe mot enkel montering.

5.4 Nøkkelordet «smart»

Det som oppleves som en vanskeligere del å definere i denne oppgaven, er nøkkelordet smart. Definisjonen og oppfatning varierer fra person til person ut fra hvilket forhold de har til teknologi. For noen er dette avansert elektronikk og datamaskiner, mens andre tenker smarte mekaniske løsninger. Selv var fokuset fra tidlig av å finne smart elektronikk fremfor smarte mekanismer. Først over tid, når en får mer innblikk i hvilke kompromisser en må foreta grunnet egen kompetanse innen datateknologi, flyttes fokuset på å se på smarte eller lure mekanismer som kan tilføye verdi i samme eller tilnærmet grad. Disse kompromissene skulle kanskje vært tatt hensyn til tidligere i prosjektet. Resultatet av dette er den mye omtalte quick release-løsningen og den påfølgende «plug-&-play»-funksjonen.

Med tanke på egen kompetanse, strekker ikke alltid denne til når det gjelder smart og avansert elektronikk og datamaskiner. Konseptet bærer preg av manglende kompetanse innen

datateknologi og dette gjenspeiles i valg av Arduino som hovedplattform for programmeringen da Arduino har store begrensninger sammenlignet med andre plattformer. En mer kompetent person hadde med større sannsynlighet gått for en mer avansert plattform som gir rom for flere funksjoner å implementere, som for eksempel en egen KI som er spesiallaget nettopp for dette prosjektet. Selv ble det forsøkt å skrive en kode for nettopp en slik KI, men både begrensninger ved Arduino og egen erfaring og kompetanse innen slik teknologi, fører til tidlig terminering av forsøket.

I forsøket på å skrive egen kode for en KI ved hjelp av YouTube-videoer og ulike forumer på nett, er det klart at ett større grunnlag for koding og programmering kreves. Mye av hindringene i forsøket ligger i at en ikke har forståelse for hvordan ting egentlig henger sammen i koden da en mer eller mindre kopierer instruksjonene som gis. Feilsøking av kode ble også vanskelig når en ikke vet hva en skal se etter eller hva som innebærer i en feilmelding. Andre utfordringer med dette forsøket er lingoen/språket som brukes innen dette feltet. Enkelte ord og uttrykk forgrener seg i en rekke handlinger med enda flere ord og uttrykk og det hele blir en overveldende prosess og andre løsninger ble sett på, hvorav HuskyLens.

5.5 Å feile i prosessen

Når en skal utvikle produkter er det sjeldent at man lykkes på første forsøk. Går en inn med holdningen om å løse ett problem med en gang, vil det som oftest ende med å bli skuffet. Mye av de smarte løsningene som man finner i prototypen, kommer av at det på ett eller annet punkt i prosessen har gått feil. Slike feil er en del av arbeidet og gir oss bekreftelse på hva som fungerer og hva som ikke fungerer.

I sammenheng med denne oppgaven er det lagt til grunne at en kanskje ikke kommer i mål og at en må ta lærdom av dette. Det som kanskje er like viktig som målet, er å undersøke hva som gikk feil. På denne måten kan man ta det som ikke fungerer og omforme det til en løsning som kan ligne eller være noe helt annet enn utgangspunktet. Dette er det som er driven for innovasjon og itterering. Å være forberedt å feile kan forebygge større tap av kostnader i form av det å teste prototyper underveis. Ved gjennomføring av tester er tankegangen først å fremst å oppdage feil.

Ett feiltrinn som blir begått tidlig i designarbeidet, er at det ble valgt komponenter ut fra design og istedet for å designe rundt valget av komponenter. Denne feilen koster mye tid og fører til at en må foreta en omstart og omstille seg i prosessen og jobbe på en annen måte. Hele designprosessen stagneres av dette og arbeidet blir tyngre enn nødvendig. Utfordringene som oppstår som følge av feil framgangsmetode er at deler komponenter kommer i veien for hverandre. Resultatet er at en ikke oppnår alle del-målene for den andre milepælen hvor planen var å vise fram en fysisk modell.

5.6 Videre arbeid

Videre arbeid på konseptet av prototypen er i hovedsak å utbedre funksjonene, i tillegg til å finne mer egnede komponenter. Relevant arbeid i fremtiden å finne løsninger for beskytte komponenter mot fukt og andre forurensninger fra arbeidsmiljøet i tillegg til testing i relevant miljø. Det konkluderes nå at griperen har de riktige funksjonene, så fremtidig arbeid må derfor videre utvikle den mot å utføre disse funksjonene riktig.

6. Konklusjon

Gjennom anvending av konseptutvikling som presentert av Hildre (2008), er resultatet en prototype med forenklete løsninger av hva konseptidéen er. Resultatet fra forarbeidet til arbeidets sluttprodukt viser til at strategien som legges har vært god nok til å nå visjonen og misjonen.

Forsøket på anvending av Lean i arbeidsmetodene er vanskelig å vurdere siden arbeidet baseres på iterering og prøving. Det vil likevel kunne være nyttig å anvende Lean i arbeidet videre.

Arbeidet sett fra ett konsept-perspektiv vurderes som ett godt utgangspunkt for videre arbeid mot ett endelig produkt som kan brukes i visjonen for FISK 4.0-prosjektet. For prototypen har de viktigste bruksfunksjonene kommet med og en har oppnådd relativt gode testresultater som kan vise til potensialet konseptet har. Griperen gjør ingen teknologiske sprang, men heller mindre innovasjoner med tanke på sitt eget utgangspunkt og hvordan den organiseres med ulike løsninger.

Problemstillingen for dette arbeidet var: «*design et konsept for en prototype av smart robotgriper for fisk*». Gjennom denne rapporten er arbeidet dokumentert, både gjennom tekst og figurer. Det har blitt designet et konsept for en prototype av smart robotgriper for fisk som gjør de riktige tingene, til en viss grad. Det er likevel rom for forbedringer i videre utvikling av konseptet frem mot et ferdig produkt.

Kildeliste

Aarnes, H. (2003) *Deuterostome dyr: Deuterostomia*. Tilgjengelig fra:

<https://www.mn.uio.no/ibv/tjenester/kunnskap/plantefys/zoologi/pigghud.pdf> (Hentet: 15. mai 2023).

Bragstad, L. H. (2021) *Webinar: Forskningsrådet inviterer til Introduksjon til Kapasitetsløft 2022*

25 mars kl 09.00 – 10.15. Tilgjengelig fra: <https://woodworkscluster.no/2021/03/webinar-forskningsradet-inviterer-til-introduksjon-til-kapasitetsloft-2022-25-mars-kl-09-00-10-15/>

(Hentet 21. mai 2023).

Dyve, A. (2020) *Hva er egentlig Lean – Lean på 1, 2, 3*. Tilgjengelig fra:

<https://www.nito.no/medlemsfordel/case/fag-og-karriere/hva-er-lean/> (Hentet 16. mai 2023).

Ervik, E.-B. (2022) *Nå skapes fremtidens fiskeindustri, i NTNU Nyheter*. Tilgjengelig fra:

<https://nyheter.ntnu.no/na-skapes-fremtidens-fiskeindustri/> (Hentet 21. mai 2023).

Forskningsrådet (2021) *223 millioner til forskning og utvikling som styrker regionalt næringsliv*.

Tilgjengelig fra: <https://www.forskningsradet.no/nyheter/2021/223-millioner-til-forskning-og-utvikling-som-styrker-regionalt-naringsliv/> (Hentet 21. mai 2023).

Michigan Tech (u.å.) *What is Mechatronics?* Tilgjengelig fra:

<https://www.mtu.edu/mechatronics/what-is/> (Hentet 19. mai 2023).

Nofima (2015) *Kan tjene 100 millioner mer på bedre håndtering av torsken*. Tilgjengelig fra:

<https://nofima.no/resultater/mye-a-hente-pa-bedre-handtering/> (Hentet: 22. mai 2023).

Olseng, E. T. og Holan, M. (2020) *Produktutvikling, i NDLA*. Tilgjengelig fra:

<https://ndla.no/nb/subject:1:47678c7b-bc09-4fc8-b2d9-a2e3d709e105/topic:1:987036c0-929f-4033-9e3e-632c350ee6ef/resource:1:101559> (Hentet: 16. mai 2023).

PWC (u.å.) *Hva er kunstig intelligens?* Tilgjengelig fra: <https://www.pwc.no/no/teknologi-omstilling/digitalisering-pa-1-2-3/kunstig-intelligens.html>

(Hentet 19. mai 2023).

Queen's University (u.å.) *Mechatronics and Robotics Engineering*. Tilgjengelig fra: <https://engineering.queensu.ca/programs/undergraduate/mre/index.html> (Hentet 19. mai 2023).

TWI Global (u.å.) *What is rapid prototyping? – definition, methods, and advantages*. Tilgjengelig fra: <https://www.twi-global.com/technical-knowledge/faqs/faq-manufacturing-what-is-rapid-prototyping> (Hentet: 18. mai 2023).

Universal Robots. (2022) *Types of grippers used in manufacturing*. Tilgjengelig fra: <https://www.universal-robots.com/blog/types-of-grippers-used-in-manufacturing/> (Hentet: 16. mai 2023).

Vatlestad, F. og Furuset, A. (2023) *Ny rekord for norsk sjømateksport i 2022: 150 milliarder kroner, og laksen stod for 105 milliarder*. Tilgjengelig fra: <https://www.intrafish.no/marked/ny-rekord-for-norsk-sjomateksport-i-2022-150-milliarder-kroner-og-laksen-sto-for-105-milliarder/2-1-1382400> (Hentet 21. mai 2023).

Vikøren, B. M. og Phil, R. (2022) SWOT-analyse, i *Store norske leksikon*. Tilgjengelig fra: <https://snl.no/SWOT-analyse> (Hentet: 16. mai 2023).

ÅKP (2021) *FISK 4.0! – Millioner til forskning og innovasjon i Nordvest*. Tilgjengelig fra: <https://www.aakp.no/aakp/nyheter/fisk-40---millioner-til-forskning-og-innovasjon-i-nordvest/> (Hentet 21. mai 2023).

3DNet, 1 (u.å.) *3DNet PLA 1.75*. Tilgjengelig fra: <https://3dnet.no/products/3dnet-pla-1-75-ny> (Hentet: 16. mai 2023).

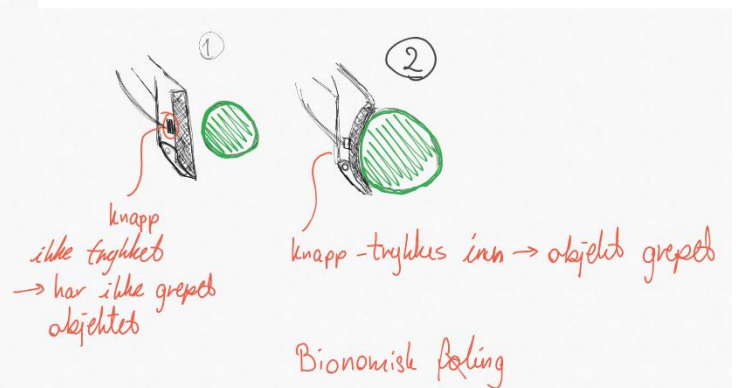
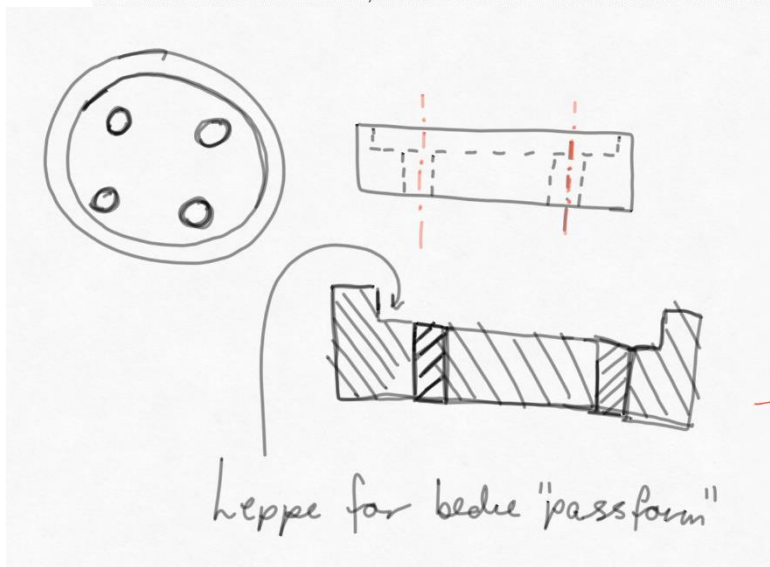
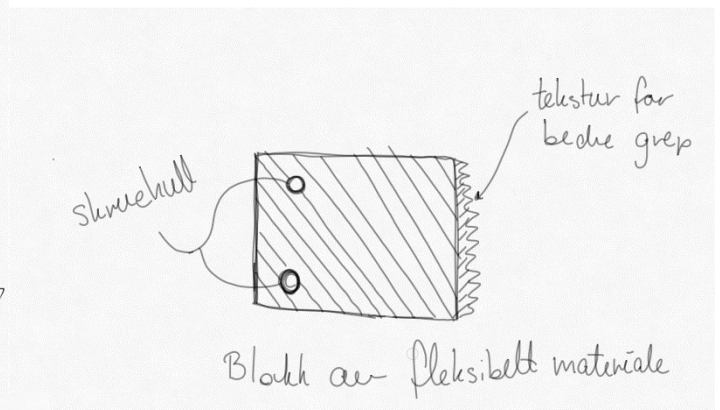
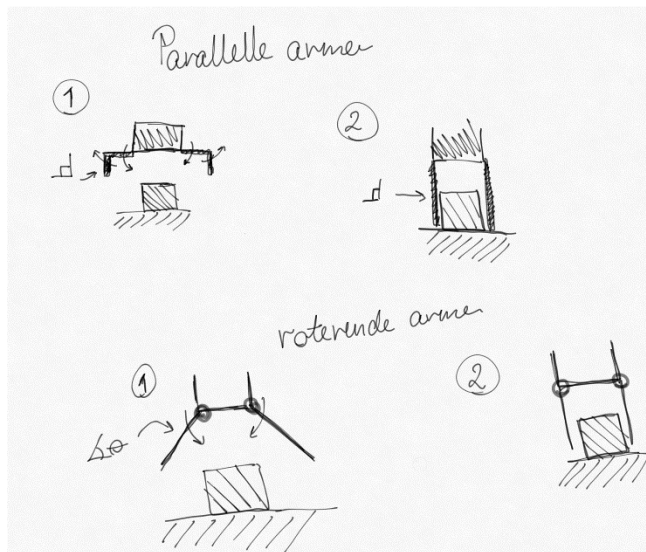
3DNet, 2 (u.å.) *3DNet TPU 1.75*. Tilgjengelig fra: <https://3dnet.no/products/tpe-1-75-0-5-kg> (Hentet: 16. mai 2023).

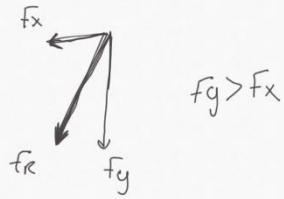
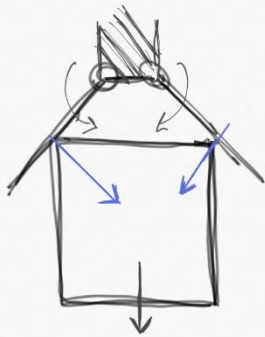
Appendix

Komponentliste:

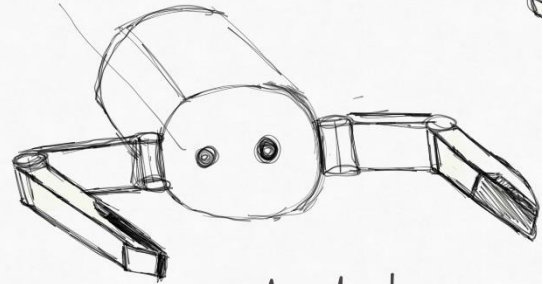
Komponent	Antall
Servo	2 stk
HuskyLens	1 stk
Groove Ultrasonic Ranger	1 stk
Arduino Uno	1 stk
Arduino Push Button	2 stk

Skisser:

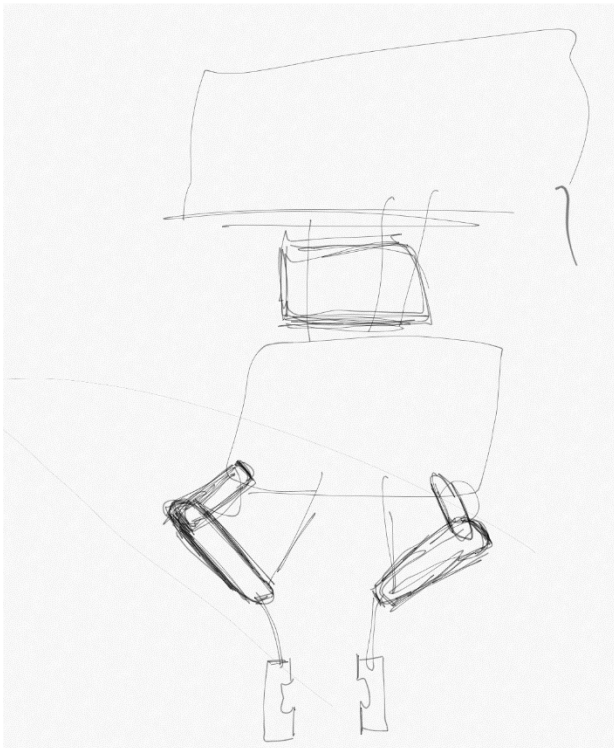


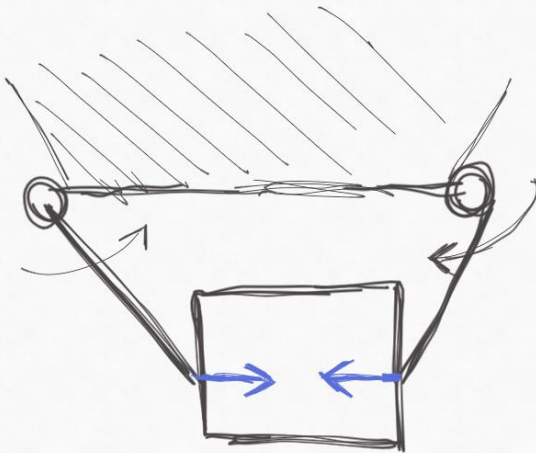


- fingre med ett ledd - roterende grep
- objekt for nært → fingre presse objektet ned/velik



simulert hus

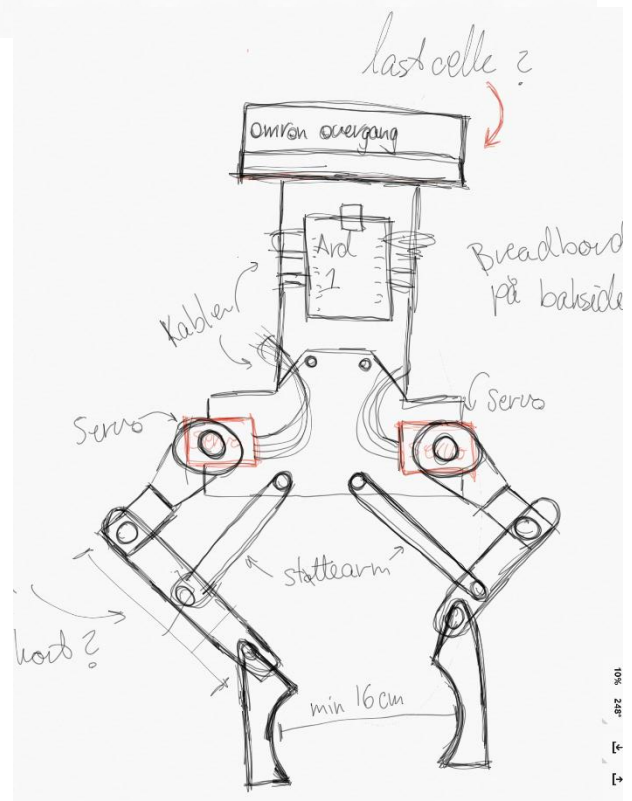


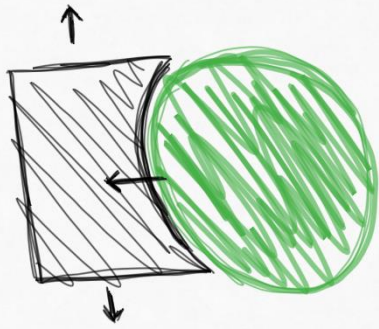


• Objekt for lite

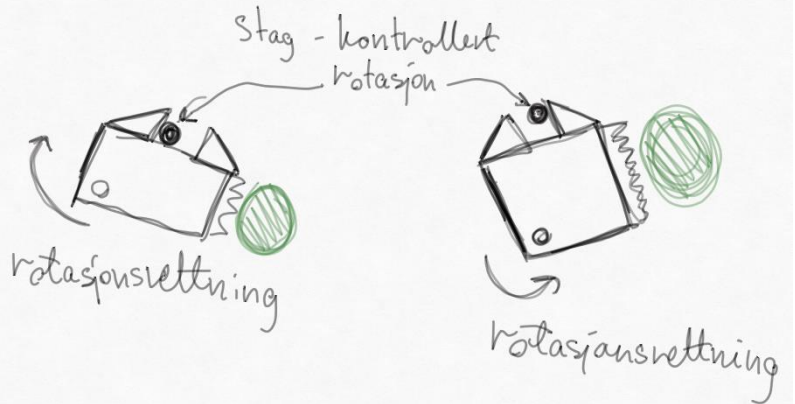
- Griper for liten kontaktflate → Næreffekt

→ risikerer punktering av objekt

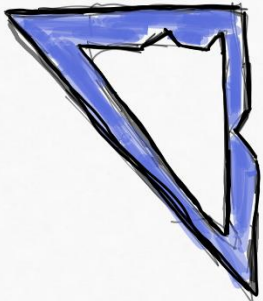




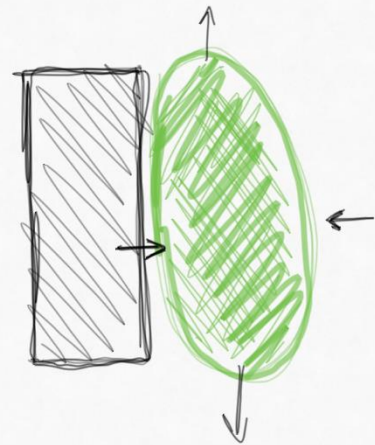
Mjuk kontaktflate
- Gripehode deformeres

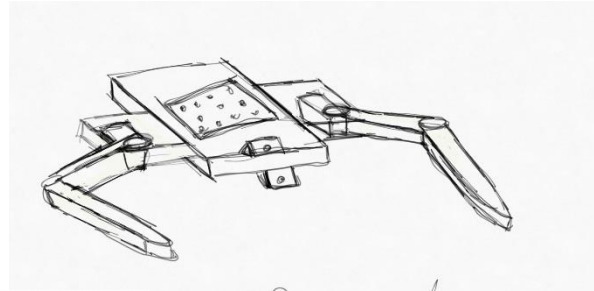


Hard kontaktflate
- objekt deformeres

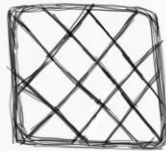
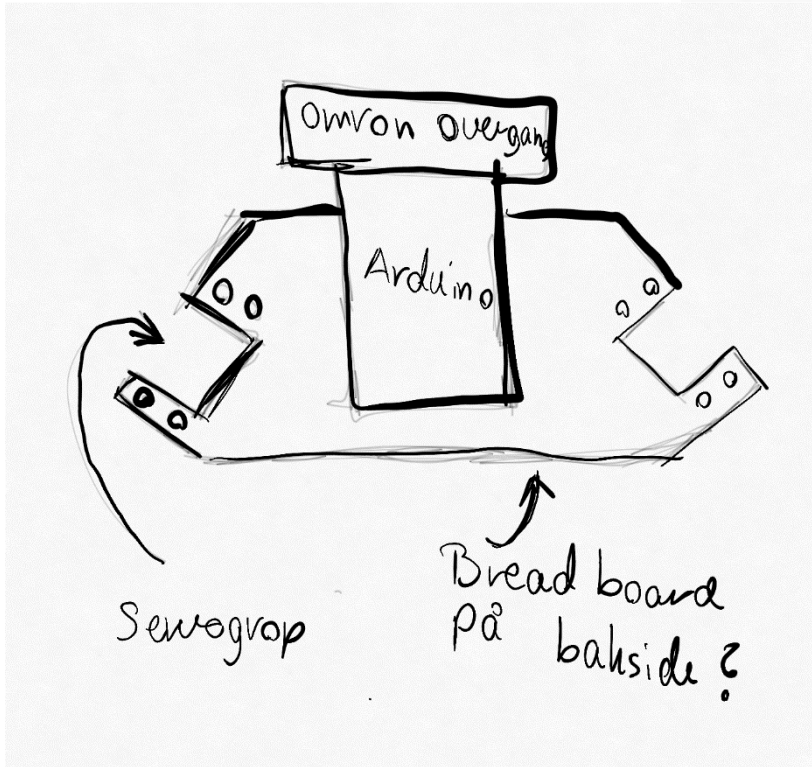


Fleksibelt materiale
- Inneslutninger for
å kontrollere retningen
den deformeres elastisk





åpen løsning



Skall/hull

Block med diamantmønster
- økt grad av deformasjon
- redusert grad av stivhet
↓
dårlig gripeevne

