

Lars Erik Vågen
Martin Amlie
Werner Evensen Idsø

Design og utvikling av låseanordning til hundeutstyr for Non-stop Dogwear

Bacheloroppgave i Teknologidesign og Ledelse

Veileder: Jo Sterten

Medveileder: Ken Hellerud

Mai 2021

Lars Erik Vågen
Martin Amlie
Werner Evensen Idsø

Design og utvikling av låseanordning til hundestyr for Non-stop Dogwear

Bacheloroppgave i Teknologidesign og Ledelse
Veileder: Jo Sterten
Medveileder: Ken Hellerud
Mai 2021

Norges teknisk-naturvitenskapelige universitet
Fakultet for ingeniørvitenskap
Institutt for vareproduksjon og byggingteknikk



Kunnskap for en bedre verden

Oppgavens tittel: Design og utvikling av låseanordning til hundestyr for Non-stop Dogwear	Dato: 20.05.21			
	Antall sider: 176			
	Masteroppgave:	-	Bacheloroppgave	x
Navn: Martin Amlie, Lars Erik Vågen og Werner Evensen Idsø				
Veiledere: Jo Sterten, NTNU i Gjøvik Ken Hellerud, NTNU i Gjøvik				
Eventuelle eksterne faglige kontakter/veiledere: Sebastian Plur Nilssen, Leder for produktutvikling, Non-stop Dogwear Tor Erik Nicolaisen, Laboratorieleder IVB, NTNU Kenneth Kalvåg, Avdelingsingeniør, NTNU				

Denne bacheloroppgaven har som hensikt å designe og utvikle ny løsning på låseanordning for Non-stop Dogwear (heretter: Non-stop). Dette er en norsk produsent innen hundestyr som utvikler sine egne produkter og klær, med unntak av karabinkroker. De har til nå vært avhengig av å benytte standardløsninger som ikke differensierer dem fra konkurrentene. Dette prosjektet ble derfor startet som et initiativ for å skille dem fra konkurrentene, og øke synligheten av deres egen merkevare på markedet. De ønsker samtidig å styrke seg som leverandør av produkter rettet mot hundesport og sledekjøring, som er et område med få konkurrenter grunnet hvordan det kalde klimaet påvirker produktene.

Problemstillingen som ble utviklet ble formulert med bakgrunn i kravspesifikasjonen, som ble gitt av Non-stop. Den ble formulert slik at det muliggjorde divergerende idégenerering, for å se på flest mulige unike løsninger som et svar på problemstillingen. Dermed ble problemstillingen formulert som følgende: «Hvordan kan man utvikle en låseanordning for hundestyr som imøtekommer kravspesifikasjonen til Non-Stop?». I tillegg til denne problemstillingen ble det formulert et sett med delspørsmål, da det var hensiktsmessig å evaluere og konkludere på flere av kravene.

Gjennom arbeidet med bacheloroppgaven er det benyttet en systematisk tilnærming til design og utvikling med forankring i kravspesifikasjonen. Det er gjennomført en prosess med kartlegging av eksisterende og tidligere løsninger, konkurrenter og det er gjennomført material- og produkttesting på eksisterende løsninger for å avdekke styrker og svakheter. Dette benyttes som grunnlag for design av nye løsninger.

Utviklingsprosessen fokuserer på bruk av ervervet designmetodikk fra studieprogrammet for å løse problemstillingen. Prosessen går fra idégenerering og til konseptutvikling, med en iterativ tilnærming ved bruk av rapid prototyping og 3D-printing for å gjøre kontinuerlige evalueringer og forbedringer på ideene. Gjennom digital 3D-modellering og simuleringer av styrke sikrer man at løsningene oppfyller de kvantitative kravene, og gjennom brukermidvirkning, evaluering og analyse sikrer man at de kvalitative kravene blir oppfylt. Det endelige resultatet er tre forskjellige løsninger, som hver representerer et mulig produkt for Non-stop. Hver løsning svarer til hver sin kravspesifikasjon og har ulike egenskaper og låsemekanismer.

Hvert design er lett gjenkjennelig og samsvarer med Non-stop sin produktportefølje. Den første løsningen er en hurtigutløser som skal monteres i beltet til hundefører. Mekanismen skal kunne utløses i situasjoner hvor det er behov. Den andre løsningen er en karabinkrok med en unik sekundærlås, som skal hindre utilsiktet åpning og ha liten sannsynlighet for funksjonstap med tanke på fastfrysing mellom komponenter. Den tredje løsningen er et nytt konsept på et produkt som har et helt nytt design og funksjon, og er ment for å sikre mer oppmerksomhet for Non-stop og være med på å distansere dem fra konkurrentene.

Gjennom den systematiske tilnærmingen til designmetodikken kan man med utgangspunkt i arbeidet som er utført, konkludere med at de endelige løsningene oppfyller kravspesifikasjonen til Non-stop.

Stikkord:

Designprosess
Produktutvikling
Hundeutstyr
Låseanordning
Rapid prototyping
3D-printing



(sign. Lars Erik Vågen)



(sign. Martin Amlie)



(sign. Werner Evensen Idsø)

Forord

Denne bacheloroppgaven ble skrevet våren 2021 og markerer slutten på tre år med skolegang på studiet Teknologidesign og Ledelse ved NTNU i Gjøvik. Oppgaven er skrevet ved instituttet for vareproduksjon og byggteknikk (IVB) og tilsvarer 22,5 studiepoeng per student.

Bacheloroppgaven er skrevet i samarbeid med Non-stop Dogwear og med Jo Sterten som veileder. Hos Non-stop Dogwear har vår kontaktperson vært Sebastian Plur Nilssen, som er en av grunnleggerne av bedriften, men som også er sjef for produktutvikling. Han vil vi rette en stor takk til for all hjelp, konstruktive tilbakemeldinger på alle de løsningene vi har kommet opp med og for at han har hatt trua på oss. Veileder Jo Sterten har satt klare rammer og hjulpet oss på de områdene vi har vært usikre på rundt gjennomføring, og forfatterne vil rette en stor takk til han.

Ken Hellerud har vært utnevnt som en ekstra veileder og vi vil gjerne takke for en stor bunke med tips og konstruktive tilbakemeldinger på videomøter på Teams. Kari Oline Øverseth, studieprogramansvarlig for Teknologidesign og Ledelse, har vært til stor hjelp og svart på spørsmål og kommet med tips til metoder og rapportskrivning. Så takk for all hjelp.

Det er en stor mengde ansatte fra NTNU i Gjøvik som har stilt opp når vi har hatt behov for det. Det er vanskelig å takke alle, men de vi ønsker å trekke frem, og som har bidratt med kunnskap og ekspertise på områder vi har hatt behov for er: Kenneth Kalvåg. Takk for hjelp til material- og produkttesting på labben. Til Per Harald Ninive for hjelp med å analysere bruddflater fra strekktesting. Takk til Alf Dalby for konstruktiv tilbakemelding på utviklede løsninger. Fra mannen med mange års erfaring fra Norske Redningshunder.

Og til slutt så må vi ikke glemme ringreven selv, Tor Erik Nicolaisen. Takk for all motivasjon og hjelp til å løse både små og store (verdens-) problemer. Er det en ting vi har lært dette semesteret av å sitte på labben i S-bygget, så er det: Husk munnbind!

Abstract

Non-stop Dogwear (hereafter: Non-stop / the client) develops their own products and apparel, except for carabiners. They rely heavily on using the same or similar type of carabiners as their direct competitors. This project was started as a means to distinguish them from their competitors and increase their brand visibility in their market. The client also aims to strengthen themselves as a supplier of products for dog sled racing, an area with few competitors due to how the cold climate (freezing) affects the products.

The project utilizes a systematic approach to design where a list of required end-product specifications forms the basis. Stress-strain tests and freezing tests are conducted to find the strengths and weaknesses of existing products, and the findings are used to establish grounds for the design of new products. The design of new products is subject to a “function first, esthetics second” approach, where brainstorming possible function- and design variations is a key element in each stage of the design process. 3D-modelling and simulations are performed to ensure that the end-product meets the quantifiable requirements of the end-product specifications. 3D-printed prototypes are used for evaluating shape, size, and function in the later stages of the project. A user survey is performed to ensure that product usability is at a high level, and to ensure nonquantifiable requirements are met. Client feedback is collected with a fixed frequency throughout the project to ensure that the design complies with the client company profile.

The result of the project is three separate designs that each represent a possible future product for the client. Each of the designs are easily recognizable as Non-stop products and fit into their respective product category. The first product is a quick-release connector intended for the dog handler belt, in case of emergency. The second product is a carabiner with a unique locking mechanism, designed especially with freezing conditions in mind. The third product is a concept idea for a product with completely new design and function, intended to bring extra attention to the brand name.

Innholdsfortegnelse

Forord	iii
Abstract	iv
Innholdsfortegnelse	v
Figurliste.....	ix
Tabelliste	xvi
Ordforklaringer.....	xvii
1 Innledning.....	1
1.1 Bakgrunn	1
1.2 Rapportens oppbygging	2
1.3 Utforming av problemstilling	3
1.3.1 Problemstilling	4
1.4 Målgruppe.....	6
1.5 Avgrensning av bacheloroppgaven	7
1.6 Kravspesifikasjon	9
1.6.1 Kravspesifikasjon for låseanordning til liten / stor hund	10
1.6.2 Kravspesifikasjon for låseanordning i beltet til hundefører	11
1.7 Bærekraft	11
2 Teori	15
2.1 Materialteknologi.....	15
2.1.1 Aluminium	15
2.1.2 Rustfritt stål	17
2.1.3 Plast	17
2.2 Produksjonsteknologi	18
2.2.1 Eksisterende løsninger.....	18
2.2.2 Nye løsninger	21

2.3	Additiv tilvirkning / 3D-printing	27
3	Metode og kartlegging	31
3.1	Innhenting av data	31
3.2	Datakvalitet.....	32
3.3	Verktøy og metoder	34
3.3.1	Programvare	34
3.3.2	Metoder og verktøy	35
3.4	Kartlegging	45
3.4.1	Informasjonsinnhenting.....	45
3.4.2	Eksisterende løsninger.....	46
3.4.3	Tidligere løsninger	52
3.4.4	Konkurrentkartlegging	53
3.4.5	Material- og produkttesting.....	55
4	Utviklingsprosessen	79
4.1	Idéutvikling.....	79
4.1.1	Idéutvikling på karabinkrok	80
4.1.2	Idéutvikling på alternative låsemekanismer	89
4.1.3	Idéutvikling av hurtigutløsere	104
4.1.4	Idéutvikling av svivelmekanisme.....	107
4.2	Undersøkelse og evaluering av ideer	108
4.2.1	Undersøkelsesprosess	108
4.2.2	Nedsiling av ideer.....	109
4.3	Konseptutvikling	111
4.3.1	Hurtigutløser.....	112
4.3.2	Karabinkrok med sekundærlås	117
4.3.3	Liten klype.....	122
4.3.4	Grafisk profilering.....	128

4.3.5	Brukerundersøkelse	130
4.3.6	Midtveiseevalueringer.....	133
4.4	Evaluering av konsepter	133
4.4.1	Evaluering av krav: total lengde.....	134
4.4.2	Evaluering av krav: totalvekt	135
4.4.3	Evaluering av krav: bruddstyrke	136
4.4.4	Evaluering av krav: svivelfunksjonalitet.....	138
4.4.5	Evaluering av krav: fastfrysing	139
4.4.6	Evaluering av krav: produksjon	141
4.4.7	Evaluering av krav: brukervennlighet og funksjonalitet	144
4.4.8	Evaluering av krav: sikkerhet.....	146
5	Resultater.....	151
5.1	Fra utviklingsprosessen	151
5.2	Resultatet for oppdragsgiver.....	153
6	Diskusjon.....	155
6.1	Validitet, reliabilitet og etterprøvbarehet	155
6.2	Brukerinvolvering gjennom prosessen	157
6.3	Sluttresultatet	159
6.4	Implementering av bærekraft.....	161
6.5	Vurdering av ulike materialer.....	163
6.6	Utfordringer ved design i utviklingsprosessen	164
6.7	Innovasjon	167
7	Konklusjon	171
8	Forslag til videre arbeid.....	175
8.1	Hurtigutløser.....	175
8.2	Karabinkrok med sekundærport	175
8.3	Liten klype.....	176

8.4 Svivelbøyle	176
Litteraturliste	177
Vedlegg	187

Figurliste

Figur 1: Visuell forklaring av karabinkrok. Bilde tatt av Lars Erik Vågen.	xviii
Figur 2: Ulike situasjoner hvor produktene blir benyttet (Non-stop Dogwear, u.å.).	7
Figur 3: FNs bærekraftsmål (FN, 2021).....	12
Figur 4: Kapping av boltemner.	18
Figur 5: Bøying av bolt med hydraulikk.	18
Figur 6: Todelt presseverktøy.	18
Figur 7: Pressede kroker.....	18
Figur 8: Herdeovn.	19
Figur 9: Avkjølingsbad.....	19
Figur 10: Tromling med keramikkuler.....	19
Figur 11: Tromling med metallkuler.	19
Figur 12: Polering med sand.	20
Figur 13: Anodiserte karabinkroker.	20
Figur 14: Boring av hull.	20
Figur 15: Nagling av port.	20
Figur 16: Destruktiv strekktest av stikkprøver.	21
Figur 17: Ikke-destruktiv strekktest.	21
Figur 18: Trykkstøping med flytende metall (Manufacturing Guide, u.å.-a).....	22
Figur 19: Verktøy for kaldflytpressing (Manufacturing Guide, u.å.-b).	22
Figur 20: Verktøy og maskin for bøying (Manufacturing Guide, u.å.-c).....	23
Figur 21: Prosessteg for stuking (Manufacturing Guide, u.å.-d).	24
Figur 22: Verktøy for platebretting (Manufacturing Guide, u.å.-e).	24
Figur 23: Dreiebenk, med chuck, hjelpedok og opplagret støtte (Manufacturing Guide, u.å.-f).	25
Figur 24: Fresebord, emne, spindel og fres (Manufacturing Guide, u.å.-g).....	25
Figur 25: Stanseverktøy med mothold, stempel og klemring (Manufacturing Guide, u.å.-h).	26
Figur 26: Ekstruderingsverktøy med trykkammer og stempel (Manufacturing Guide, u.å.-i).	26
Figur 27: Laserkutting av rør (Manufacturing Guide, u.å.-j).	27
Figur 28: Laserkutting av plate (Manufacturing Guide, u.å.-k).	27
Figur 29: Forskjellen på radius ved 0.3mm lag høyde til venstre og 0.1mm til høyre. Laget av Martin Amlie.	28

Figur 30: Eksempel på produksjonstid av 285.99 gram plast. Laget av Martin Amlie.	28
Figur 31: Eksempel på kutt på låsesplint til bøyse. Laget av Martin Amlie.	29
Figur 32: Eksempel på kutt på låsesplint til utløsermekanisme. Laget av Martin Amlie.	29
Figur 33: Bilde av kutt under modellene som muliggjør 3D-printing liggende. Laget av Martin Amlie.	29
Figur 34: Bildet viser den digitale skissen som bestemmer kuttet i modellen. Laget av Martin Amlie.	29
Figur 35: Skjerm bilde fra PrusaSlicer som viser orientering av delene. Laget av Martin Amlie.	29
Figur 36: Idéutviklingsmodellen (Lerdahl, 2007, s. 56).	36
Figur 37: Endringsprosessen i tenk ut av boksen-metoder (Lerdahl, 2017).	42
Figur 38: CAD Render av O-ring og D-ring. Laget av Lars Erik Vågen.	46
Figur 39: Polar collar (Non-stop Dogwear, u.å.-b).	47
Figur 40: Bungee leash (Non-stop Dogwear, u.å.-c).	47
Figur 41: Touring bungee adjustable (Non-stop Dogwear, u.å.-d).	47
Figur 42: Strong leash (Non-stop Dogwear, u.å.-e).	48
Figur 43: Freemotion harness (Non-stop Dogwear, u.å.-f).	48
Figur 44: Line Harness (Non-stop Dogwear, u.å.-g).	48
Figur 45: Canix belt (Non-stop Dogwear, u.å.-h).	49
Figur 46: Løype belt (Non-stop Dogwear, u.å.-i).	49
Figur 47: Ferd belt (Non-stop Dogwear, u.å.-j).	49
Figur 48: Eksisterende løsning #1. Bilde tatt av Lars Erik Vågen.	50
Figur 49: Eksisterende løsning #2. Bilde tatt av Lars Erik Vågen.	50
Figur 50: Eksisterende løsning #3. Bilde tatt av Lars Erik Vågen.	51
Figur 51: Quick release snap hook (Non-stop Dogwear, u.å.-k).	51
Figur 52: P-krok tilkoblet leiebånd (Non-stop Dogwear, u.å.-e).	51
Figur 53: Tidligere løsning #1. Bilde tatt av Lars Erik Vågen.	52
Figur 54: Tidligere løsning #2. Bilde tatt av Lars Erik Vågen.	52
Figur 55: Tidligere løsning #3. Bilde tatt av Lars Erik Vågen.	53
Figur 56: Festeanordning fra leverandøren Dog Copenhagen (u.å.).	54
Figur 57: Karabinkrok med skrulås fra Ruffwear (Ruffwear, u.å.-a).	54
Figur 58: Karabinkrok fra Ruffwear (Ruffwear, u.å.-b).	54
Figur 59: Klype fra Ruffwear (Ruffwear, u.å.-c).	54

Figur 60: P-krok fra Hurtta (Hurtta, u.å.-a).....	55
Figur 61: Karabinkrok fra Hurtta (Hurtta, u.å.-b).	55
Figur 62: Stålkrok fra leverandøren BGB i Sverige. Bilde tatt av Lars Erik Vågen.....	55
Figur 63: BGB stålkrok i fryst tilstand. Bilde tatt av Lars Erik Vågen.....	60
Figur 64: BGB stålkrok i fryst tilstand. Bilde tatt av Lars Erik Vågen.....	60
Figur 65: Vaierport i fryst tilstand. Bilde tatt av Lars Erik Vågen.....	60
Figur 66: Vaierport i fryst tilstand. Bilde tatt av Lars Erik Vågen.....	60
Figur 67: Skrulås i fryst tilstand. Bilde tatt av Lars Erik Vågen.....	60
Figur 68: Skrulås i fryst tilstand. Bilde tatt av Lars Erik Vågen.....	60
Figur 69: Vridelås i fryst tilstand. Bilde tatt av Lars Erik Vågen.	61
Figur 70: Vridelås i fryst tilstand. Bilde tatt av Lars Erik Vågen.	61
Figur 71: Vridelås.....	65
Figur 72: Testresultat per enhet.....	65
Figur 73: Diagram som viser testresultat på bruddstyrke for vridelås.	65
Figur 74: Vridelås.....	66
Figur 75: Testresultat per testenhet.	66
Figur 76: Diagram som viser testresultat på bruddstyrke for Vridelås hovedkropp.	66
Figur 77: Skrulås.	66
Figur 78: Testresultat per testenhet.	66
Figur 79: Diagram som viser testresultat på bruddstyrke for Skrulås.....	66
Figur 80: Vaierport.....	67
Figur 81: Testresultat per testenhet.	67
Figur 82: Diagram som viser testresultat på bruddstyrke for vaierport.	67
Figur 83: BGB Stålkrok.	68
Figur 84: Testresultat per testenhet.	68
Figur 85: Diagram som viser testresultat på bruddstyrke for BGB Stålkrok.	68
Figur 86: Variant 1: Vridelås. Laget av Lars Erik Vågen.	71
Figur 87: Variant 2: Skrulås. Laget av Lars Erik Vågen.....	71
Figur 88: Variant 3: Vaierport. Laget av Lars Erik Vågen.	71
Figur 89: Variant 4: BGB Stålkrok. Laget av Lars Erik Vågen.	71
Figur 90: Testenheter før strekktesting.	73
Figur 91: Testenheter etter strekktesting.	73
Figur 92: Vridelås før brudd.....	73

Figur 93: Vridelås etter brudd.	73
Figur 94: Bruddflate på Vridelås etter strekktesting.	74
Figur 95: Bruddlokasjoner på Vridelås.	74
Figur 96: Skrulås før brudd.	74
Figur 97: Skrulås etter brudd.	74
Figur 98: Bruddflate på Skrulås etter strekktesting.	75
Figur 99: Bruddlokasjoner på Skrulås.	75
Figur 100: Vaierport før strekktesting.	75
Figur 101: Vaierport etter strekktesting.	75
Figur 102: Bruddflate på Vaierport etter strekktesting.	76
Figur 103: Bruddlokasjoner på Vaierport.	76
Figur 104: BGB Stålkrok før strekktesting.	76
Figur 105: BGB Stålkrok etter strekktesting.	76
Figur 106: Bruddflate på BGB Stålkrok etter strekktesting.	77
Figur 107: Bruddlokasjoner på BGB Stålkrok.	77
Figur 108: Skisse av Låseport med ører for karabinkrok. Laget av Martin Amlie.	80
Figur 109: 3D-rendering av Låseport med ører for karabinkrok. Laget av Martin Amlie.	80
Figur 110: Skisse av Kuleport for karabinkrok. Laget av Martin Amlie.	81
Figur 111: 3D-rendering av Kuleport for karabinkrok. Laget av Martin Amlie.	81
Figur 112: Skisse av To-ports karabinkrok med dobbel fjæring. Laget av Martin Amlie.	82
Figur 113: 3D-rendering av To-ports karabinkrok med dobbel fjæring. Laget av Martin Amlie.	82
Figur 114: Skisse av Geometrisk heksagonal karabinkrok. Laget av Werner Evensen Idsø.	83
Figur 115: 3D-rendering av Geometrisk heksagonal karabinkrok. Laget av Werner Evensen Idsø.	83
Figur 116: Skisse av Egget. Laget av Martin Amlie.	84
Figur 117: 3D-rendering av Egget. Laget av Martin Amlie.	84
Figur 118: Skisse av Karabinkrok med åpen rygg. Laget av Martin Amlie.	85
Figur 119: 3D-rendering av Karabinkrok med åpen rygg. Laget av Martin Amlie.	85
Figur 120: Skisse av Karabinkrok med ytre sekundærport. Laget av Martin Amlie.	86
Figur 121: 3D-rendering av Karabinkrok med ytre sekundærport. Laget av Martin Amlie.	86
Figur 122: Skisse av Karabinkrok med skyvbar lås til port. Laget av Martin Amlie.	87
Figur 123: 3D-rendering av Karabinkrok med skyvbar lås til port. Laget av Martin Amlie.	87

Figur 124: Skisse av Karabinkrok med dobbel fjærbelastet port. Laget av Martin Amlie.	88
Figur 125: 3D-rendering av Karabinkrok med dobbel fjærbelastet port. Laget av Martin Amlie.	88
Figur 126: Skisse av Svane. Laget av Werner Evensen Idsø.	89
Figur 127: 3D-rendering av Svane. Laget av Martin Amlie.	89
Figur 128: Skisse av Stor klype. Laget av Lars Erik Vågen.	90
Figur 129: 3D-rendering av Stor klype. Laget av Lars Erik Vågen.	90
Figur 130: Skisse av Liten klype. Laget av Lars Erik Vågen.	91
Figur 131: 3D-rendering av Liten klype. Laget av Lars Erik Vågen.	91
Figur 132: Skisse av Sakseklype. Laget av Martin Amlie.	92
Figur 133: 3D-rendering av Sakseklype. Laget av Lars Erik Vågen.	92
Figur 134: Skisse av Compliant klype. Laget av Lars Erik Vågen.	93
Figur 135: 3D-rendering av Compliant klype. Laget av Martin Amlie.	93
Figur 136: Skisse av Vertikal klype. Laget av Martin Amlie.	94
Figur 137: 3D-rendering av Vertikal klype. Laget av Martin Amlie.	94
Figur 138: Skisser av Hårnål. Laget av Lars Erik Vågen.	95
Figur 139: 3D-rendering av Hårnål. Laget av Lars Erik Vågen.	95
Figur 140: Skisse av Krok med hylse. Laget av Lars Erik Vågen og Werner Evensen Idsø.	96
Figur 141: 3D-rendering av Krok med hylse. Laget av Lars Erik Vågen.	96
Figur 142: Digital skisse av Krysspinne. Laget av Lars Erik Vågen.	97
Figur 143: 3D-rendering av Krysspinne. Laget av Martin Amlie.	97
Figur 144: Skisser av Mustad-kroken. Laget av Lars Erik Vågen.	98
Figur 145: 3D-rendering av Mustad-kroken. Laget av Lars Erik Vågen.	98
Figur 146: Skisser av Låseanordning med klipsåpning. Laget av Martin Amlie.	99
Figur 147: 3D-rendering av Låseanordning med klipsåpning. Laget av Martin Amlie.	99
Figur 148: Skisse av Fjærbelastet låsering. Laget av Martin Amlie.	100
Figur 149: 3D-rendering av Fjærbelastet låsering. Laget av Martin Amlie.	100
Figur 150: Skisse av Hengelås uten nøkkel. Laget av Martin Amlie.	101
Figur 151: 3D-rendering av Hengelås uten nøkkel. Laget av Martin Amlie.	101
Figur 152: Skisse av Fjærbelastet vertikalkrok. Laget av Martin Amlie.	102
Figur 153: 3D-rendering av Fjærbelastet vertikalkrok. Laget av Martin Amlie.	102
Figur 154: Digital skisse av Låseanordning med gripende klo. Laget av Lars Erik Vågen.	103
Figur 155: 3D-rendering av Låseanordning med gripende klo. Laget av Martin Amlie.	103

Figur 156: Skisse av Panikkåls. Laget av Martin Amlie.....	104
Figur 157: 3D-rendering av Panikkåls. Laget av Martin Amlie.	104
Figur 158: Skisse av Panikklype. Laget av Martin Amlie.	105
Figur 159: 3D-rendering av Panikklype. Laget av Martin Amlie.	105
Figur 160: Skisse av Magnetblokk. Laget av Martin Amlie.	106
Figur 161: 3D-rendering av Magnetblokk. Laget av Martin Amlie.....	106
Figur 162: Non-stop Dogwear sin nåværende svivelbøyle. Topologisimulering. Laget av Martin Amlie.	107
Figur 163: Non-stop Dogwear sin nåværende svivelbøyle. Topologisimulering. Laget av Martin Amlie.	107
Figur 164: Graf som viser grad av kritisk masse.	108
Figur 165: Topologioptimalisering av svivelen. Laget av Martin Amlie.	108
Figur 166: Endelig versjon av Hurtigutløser. Laget av Martin Amlie.	112
Figur 167: Båndet er festet fast i utløsermekanismen på beltet.	112
Figur 168: Tar tak i den påsydde biten med webbing, slik at man får bedre grep. Drar så ned for å utløse.	112
Figur 169: Her har den løst ut og låsebøylen har rotert på grunn av belastningen som går i retningen til båndet. Båndet glir fritt.	112
Figur 170: Utløser og bånd holdes i hver sin hånd.	113
Figur 171: Båndet tres over låsebøylen og låsebøylen legges inntil.	113
Figur 172: Holder fast i hovedkroppen på utløser og klemmer ned låsebøylen slik at den skal hekte seg på automatisk.....	113
Figur 173: Her ser man låsebøylen klemt på plass.....	113
Figur 174: Endelig versjon av Karabinkrok med sekundærlås. Laget av Lars Erik Vågen..	117
Figur 175: Karabinkroken og innfestingspunktet på hundesele holdes i hver sin hånd.....	117
Figur 176: Vaierport på karabinkroken presses ned slik at primærporten ikke står i spenn. .	117
Figur 177: Innfestingspunktet presses mot låseporten slik at den går opp. D-ringen smetter gjennom uten å måtte dytte låseporten inn med pekefingeren.	118
Figur 178: Karabinkroken er nå festet sikkert på seletøyet.....	118
Figur 179: Karabinkroken er festet fast i hundesele. Vaierporten på karabinkroken bøyes ned slik at primærporten ikke står i spenn.	118
Figur 180: Pekefingeren brukes for å klemme primærporten inn samtidig som man holder vaierporten tilbake. Begynner dermed å dytte den ut fra innfestingspunktet.....	118

Figur 181: Her er nesten ringen på seletøyet heftet helt av.	118
Figur 182: Karabinkroken er separert fra seletøyet.	118
Figur 183: Endelig versjon av Liten klype. Laget av Martin Amlie.	122
Figur 184: Klypen holdes i en hånd og den andre holder på innfestingspunktet på seletøy: D-ring.	123
Figur 185: Klemmer inn klypen på hver side slik at den er åpen i front og kan påmonteres innfestingspunktet.	123
Figur 186: Klypen hektes på innfestingspunktet.	123
Figur 187: Klypen er fullt påmontert innfestingspunktet.	123
Figur 188: Klype er påmontert seletøyet til hund ved å være festet på påkoblingspunktet; en D-ring.	124
Figur 189: Klemmer klypen inn fra begge sider for å åpne klypene. Dette gjør at den enklere tres av.	124
Figur 190: Her er klypen heftet av D-ringen.	124
Figur 191: Klype og seletøy er separert fra hverandre.	124
Figur 192: Shocking Orange. Skjermdump fra Fusion 360.	128
Figur 193: Non-stop sin gråfarge. Skjermdump fra Fusion 360.	128
Figur 194: Eksempel på profilering med Non-stop Dogwear sin logo på Karabinkrok med sekundærlås. Laget av Lars Erik Vågen.	129
Figur 195: Eksempel på profilering med Non-stop sin logo på Hurtigutløser. Laget av Martin Amlie.	129
Figur 196: Eksempel på profilering med Non-stop sin logo på Liten klype. Laget av Martin Amlie.	129
Figur 197: Fra venstre: Hurtigutløser, Karabinkrok med sekundærlås og Liten klype. Laget av Martin Amlie.	153

Tabelliste

Tabell 1: Ytelseskrav for låseanordning for liten/stor hund.....	10
Tabell 2: Funksjonskrav for låseanordning for stor hund.	10
Tabell 3: Ytelseskrav for låseanordning i beltet til hundefører.....	11
Tabell 4: Funksjonskrav for låseanordning i beltet til hundefører.	11
Tabell 5: Materialdata for legering 7075-T6; 7075-T651 Matweb (u.å.-a.).	16
Tabell 6: Data fra obstruksjonspunkter.	57
Tabell 7: Testresultater som viser prosentvis fordeling fra obstruksjonstest 2.	59
Tabell 8: Testoppsett for test 2: bruddstyrke.....	63
Tabell 9: Gjennomsnitt og standardavvik av resultater.....	65
Tabell 10: Gjennomsnitt og standardavvik av resultater.....	66
Tabell 11: Gjennomsnitt og standardavvik av resultater.....	67
Tabell 12: Gjennomsnitt og standardavvik av resultater.....	68
Tabell 13: Gjennomsnitt og standardavvik av resultater.....	69
Tabell 14: Testprosedyre for deformasjon og bruddlokasjon	72
Tabell 15: Datablad for Hurtigutløser.	113
Tabell 16: Pasninger mellom de endelige delene for Hurtigutløser.....	114
Tabell 17: Datablad for Karabinkrok med sekundærlås.....	119
Tabell 18: Pasninger mellom de endelige delene til Karabinkrok med sekundærlås.....	120
Tabell 19: Datablad for Liten klype.	124
Tabell 20: Pasninger mellom deler for Hurtigutløser.....	126
Tabell 21: Evaluering av krav: total lengde.	135
Tabell 22: Evaluering av krav: totalvekt.	136
Tabell 23: Evaluering av krav: bruddstyrke.....	138
Tabell 24: Evaluering av krav: svivelfunksjonalitet.	139
Tabell 25: Evaluering av krav: fastfrysing.	141
Tabell 26: Evaluering av krav: produksjon.	144
Tabell 27: Evaluering av krav: brukervennlighet og funksjonalitet.....	146
Tabell 28: Evaluering av krav om sikkerhet: åpning ved bruk.	149
Tabell 29: Evaluering av krav om sikkerhet: ikke klype.	150
Tabell 30: Evaluering av krav om sikkerhet: ikke skarpe kanter.	150
Tabell 31: Resultatet fra evaluering av konsepter.	152

Ordforklaringer

Belte	Festes rundt hoftene på eieren for å unngå å måtte holde i båndet.
Sele	Festes rundt kroppen på hunden for å unngå bruk av halsbånd
Kobbel	Bånd for innfesting av hund. Også kalt førerline, leiebånd eller hundebånd.
Innfestingspunkt	Punktet på beltet eller seletøyet til hunden som låseanordningen kobles/låses mot
Webbing	Bånd eller tau som går mellom hund (selen) og eier (belte)/kjelke/vogn.
Anhuking	Montering av midlertidig festeanordningen ved løft eller slep
CAD-modell	Digitalt generert modell
CAD	Computer aided design. Tredimensjonalt grafisk tegneprogram.
Rendering	Fremstilling av bilde ut fra en digital generert modell (CAD).
G-kode	Kjørebane eller koordinater hvor maskinhode skal bevege seg
Bed	Underlaget i en 3D-printer hvor tredimensjonale modeller bygges.
Tg	Glassomvandlingstemperatur. Overgangen mellom fast og flytende form på molekylnivå begynner her
TPU	Elastomer, gummi. Fleksibel og slitesterk polymer (plast)
Kon	Form som krummer innover eller utover. Stammer fra konkav/konveks.
Necking	Et fenomen der området på et plastisk materiale blir smalere i området der det begynner å gi etter ved belastning
Pitting	Dette er en form for punktkorrosjon som spesielt angriper rustfrie legering (Store norske leksikon, 2020).
PLA	Polymelkesyre eller Polylactic acid på engelsk. Dette er en plantebasert biologisk nedbrytbar termoplast som er vanlig å 3D-printe med, på grunn av sine gode additive egenskaper.
Support	Støttemateriale som sliceren genererer for at deler med stort overheng skal kunne produseres med 3D-printing som produksjonsmetode.
Slicer	Det er et program som oversetter en digital modell til et språk som 3D-printeren forstår slik at den kan produseres.
Fillett	Også kalt avfasing og er sirkulær. Vil si å fjerne ujevne eller skarpe kanter på innvendige eller utvendige kanter til et arbeidsstykke.
Chamfer	Tilsvarende som fillett, bare at avfasingen er rettvinklet.
Singularitetspunkt	Belastningspunkt i en simulering. Oppstår som følge av konvergerende stresslinjer som oppstår når to veldig små flater møtes, eksempelvis en kule mot en flate.



Figur 1: Visuell forklaring av karabinkrok. Bilde tatt av Lars Erik Vågen.

Karabinkrokens komponenter:

1. Svivelbøyle
2. Svivelbolt
3. Låsemekanisme / vridelås til port
4. Primærport
5. Hovedkropp

1 Innledning

1.1 Bakgrunn

Non-stop Dogwear AS (heretter: Non-stop / oppdragsgiver) en bedrift lokalisert på et lite nedlagt småbruk på Brøttum, ca. 45 minutters kjøretur fra NTNU i Gjøvik. Grunnleggerne er selv aktive innen hundesport og begynte i 2006 å utvikle eget seletøy til hund, som skulle benyttes til snørekjøring. Årsaken var at seletøyet de fant på markedet begrenset deres egen hund sin bevegelsesfrihet og påførte hunden pusteproblemer under belastning.

Seletøyet de selv utviklet løste disse problemene, og var inspirasjonen til å starte Non-stop i 2009. Produktporteføljen har gjennom årene utviklet seg, og i dag designer og produserer de en rekke produkter til både konkurranse og fritid, for både hund og hundefører. Disse selges både direkte i deres egen nettbutikk, men også gjennom en rekke forhandlere og butikker rundt i verden (Non-stop, u.å.-a.).

Bedriften har i dag et sortiment med ulike produkter utstyrt med karabinkroker i sin portefølje, men etter noen års erfaring er de nå interessert i å finne løsninger som kan imøtekomme utfordringer som deres kunder har meldt tilbake om. Produktene blir også benyttet i kaldere klima i forbindelse med slede- og snørekjøring, og håndteres da med votter eller hansker. Dagens karabinkroker kan derfor være vanskelig å håndtere. Det kalde klimaet fører også til at fukt i form av vann eller snø kommer inn mellom komponentene. Dette kan fryse til is og gjøre at åpne/lukke-mekanismen på karabinkroken blir vanskeligere eller dels umulig å håndtere. Non-stop kontaktet derfor NTNU i Gjøvik for å få hjelp til utvikling av ny løsning som imøtekommer brukernes tilbakemeldinger, og oppdragsgivers egen kravspesifikasjon for ny løsning.

Dette gir en god mulighet til å benytte opparbeidet og relevant kunnskap og erfaring gjennom å være med å løse et reelt problem for en oppdragsgiver og kanskje være med å realisere et produkt til markedet.

1.2 Rapportens oppbygging

Denne bacheloroppgaven er bygd opp etter IMRAD prinsippet og tar for seg hele produktutviklingsprosessen. Det metodiske kapitlet har blitt utvidet til å inkludere et delkapittel om kartlegging. Utviklingsprosessen har fått et eget kapittel mellom metode og resultat ettersom det viser til hvordan utviklingsprosessen har foregått. Her kommer en enkel beskrivelse av rapportens oppbygging:

Kapittel 1 er innledningen og tar for seg problemstillingen og delspørsmål, den tiltenkte målgruppen, avgrensning og usikkerhet rundt bacheloroppgaven, utforming av kravspesifikasjon og til slutt en beskrivelse av bærekraft og hvordan man tenker å bruke dette.

Kapittel 2 beskriver teori som kan være nødvendig for leseren for å få en bedre forståelse for de områdene som ikke blir beskrevet like godt gjennom resten av oppgaven.

Kapittel 3 viser til metode og kartlegging. Her presenterer hvordan man har gått frem for å innhente data og kvaliteten på dette. Kapitlet viser til og gir en generell beskrivelse av verktøy, metoder og programvare som er benyttet. Til slutt vises det til en kartleggingsprosess som er gjennomført for et best mulig grunnlag på utviklingsprosessen.

Kapittel 4 viser til utviklingsprosessen. Her presenteres det arbeidet som er relevant for leser å vite og som er nødvendig informasjon for utførte evalueringer. Utviklingsprosessen bygger på metodene som er beskrevet og kartleggingen som er utført. Delkapitlene beskriver idéutvikling, konseptutvikling, brukertesting og evalueringer som er utført fortløpende.

Kapittel 5 viser til de resultatene som det har kommet frem til. Resultatet er delt i to og viser til et resultat basert på evaluering mot kravspesifikasjonen som ble gitt av oppdragsgiver. Det andre resultatet er det som oppdragsgiver evaluerte og bestemte seg for etter siste sluttevaluering.

Kapittel 6 tar for seg diskusjon av aktuelle tema som reliabilitet og etterprøvnbarhet, brukervedvirkning, sluttresultatet, bærekraft, utfordringer og innovasjon.

Kapittel 7 tar for seg konklusjon som redegjør for hvilken innvirkning resultatene har hatt. Det vises også til hvordan bacheloroppgaven svarer på problemstillingen. Til slutt gis det en liten anbefaling på videre arbeid.

Kapittel 8 tar for seg forslag til videre arbeid basert på utviklingsprosessen som er gjennomført. Dette er arbeid tilknyttet ferdigstillelse av løsning(er) mot produksjon.

Bakerst i bacheloroppgaven finnes det en kronologisk litteraturliste. Vedlegg er samlet i et eget dokument. Dette inneholder:

Vedlegg A: Material- og produkttesting. Dette viser til og dokumenterer material- og produkttesting som er gjennomført, samt viser til noen resultater.

Vedlegg B: Idéutviklingsprosessen. Viser til hele prosessen som er utført i idéutviklingsprosessen. Fra tankekart, skisser, CAD, 3D-printing og testing.

Vedlegg C: Evaluering av ideer. Dette viser til tilbakemeldingene som ble gitt ved første evaluering av ideer etter idéutviklingsprosessen.

Vedlegg D: Konseptutviklingsprosessen. Viser til hele prosessen som er utført i konseptutviklingsprosessen. Fra tankekart, skisser, CAD, simuleringer, 3D-printing, evalueringer og testing.

Vedlegg E: Brukerundersøkelse. Dette viser til tilbakemeldingene som ble gitt fra brukerundersøkelsen som ble gjennomført i tilknytning til konseptutviklingsprosessen og evaluering av ideer.

1.3 Utforming av problemstilling

Ved utforming av problemstilling kan det være nyttig å svare på spørreordene; hva, hvem, hvor, hvordan, når og hvorfor. Ved å gjøre dette tvinges man til å tenke igjennom de ulike sidene ved temaet til bacheloroppgaven (Dalland, 2017).

- Hva? Design av låseanordninger for hundeutstyr.
- Hvem? Oppdrag for Non-Stop Dogwear AS.
- Hvor? NTNU i Gjøvik.
- Hvordan? Kartlegging, produktutvikling (idégenerering, konseptutvikling, prototyping, material- og funksjonstesting).
- Når? Vårsemester 2021.

- Hvorfor? Non-Stop kom med ønske om å få designet løsninger på låsemekanismer til deres produktsortiment. Gjennom tilbakemeldinger fra kunder og eget bruk har det oppstått flere utfordringer de ønsker at det skal tas tak i. En liste med utfordringer og krav ble oversendt, og det er ønskelig at ferdig designet produkt opprettholder styrke, funksjonalitet, brukervennlighet og forhindrer fastfrysing.

1.3.1 Problemstilling

Problemstilling beskrives i henhold til oppdragsgiver overordnede mål og ønsker for prosjektet, og fastsettes til følgende:

«Hvordan kan man utvikle en låseanordning for hundeutstyr som imøtekommer kravspesifikasjonen til Non-Stop?»

Gjennom arbeidet med operasjonalisering ble det tydelig at det trengs flere delproblemstillinger for å tydeliggjøre hva som skal svares på. Følgende delproblemstillinger er det ønskelig å se på:

- «Hvordan kan låseanordningen designes for å redusere sannsynlighet for fastfrysing, samtidig som funksjonalitet og brukervennlighet opprettholdes?»
- «Hvordan kan produksjonskostnad og låseanordningens totale vekt holdes nede, samtidig som bruddstyrken opprettholdes i henhold til kravspesifikasjon?»
- «Hvordan kan låseanordningen utformes slik at sikkerhetskravet opprettholdes og hunden ikke pådrar seg skader under bruk?»
- «Hvordan kan låseanordningens totale lengde reduseres til et minimum og samtidig gi mulighet for håndtering med en hånd, samt åpning med votter/hansker i kalde omgivelser?»

Non-stop har overlevert tre kravspesifikasjoner som er tiltenkt to forskjellige løsninger. Den ene løsningen som er låseanordning til hund, har to forskjellige størrelser og forskjellige krav spesifisert i egne kravspesifikasjoner.

Den siste løsningen er en låseanordning med hurtigutløsning tiltenkt beltet til hundefører. Delproblemstillingene er førende på begge løsningene, men ettersom løsningen for beltet til hundefører har en tilleggsfunksjon må denne ha et tilleggskrav på funksjonaliteten. Denne problemstillingen er som følger:

- «Hvordan kan man utvikle en hurtigutløser som skal tåle kravet til bruddstyrke og samtidig ha en mekanisme som kan utløses under belastning?»

For å finne svar på denne problemstillingen må det ses nærmere på begrepene som inngår i problemstillingen og delspørsmålene. Disse begrepene må defineres og man må finne ut og angi hvilke kriterier som skal legges til grunn når de skal vurderes opp mot resultatet. På den måten sikrer man at det man utvikler faktisk svarer på problemstillingen (Andersen og Schwenke, 2020). Disse begrepene er:

- Fastfrysing: Tilstand som oppstår i -eller mellom- komponenter på en slik måte at funksjonalitet blir begrenset eller forhindret. Tilstanden oppstår som følge av kombinasjon av temperatur og fukt; «det å fryse fast».
- Brukervennlighet: Hvor intuitivt det er å forstå og benytte produktet og dets funksjoner.
- Funksjonalitet: Mekanisme som bidrar til produktets overordnede funksjon.
- Produksjonskostnad: Hvor høy innkjøpspris Non-stop må betale per enhet.
- Produksjonstid: Hvor lang tid det tar å produsere en enkelt komplett enhet.
- Totalvekt: Den samlede vekten på låseanordningen og alle dens delkomponenter.
- Total lengde: Den totale lengden på låseanordningen og alle dens delkomponenter, montert sammen.
- Bruddstyrken: Maksimum belastning -målt i kilo- som låseanordningen tåler å bli utsatt for i strekkretning, uten at den går i brudd.
- Sikkerhet: Hvor trygt det er å benytte seg av produktet. Bruker eller hund skal ikke kunne bli skadet av utilsiktet åpning. Produktet skal ikke ha skarpe kanter eller ha funksjoner eller mangler som kan føre til utilsiktet åpning eller tap av funksjon ved bruk.

Evalueringskriterier

Fastfrysing: Enheten må testes for funksjonalitetsbegrensinger ved fastfrysing. Dette kan gjøres ved å kjøle ned enheten og tilføre fukt. Enheten skal så gjennomgå tester for å avdekke hvor fastfrysing og obstruksjoner oppstår.

Brukervennlighet: Det må utføres brukertest på funksjonalitet for utvalg personer.

Tilbakemeldinger fra testpersonene, og observasjoner, benyttes for å evaluere hvor lett eller vanskelig det er å forstå og benytte produktene. Testpersonene bør enkelt forstå funksjonalitet og bruksområde, produktet må være lett å bruke, bør oppfattes som trygt, og være visuelt tiltalende.

Funksjonalitet: Må evaluere, gjennom testing av funksjonsmodeller, hvor enkel den er å ta opp med en hånd og åpning under bevegelse. Vurdere sannsynligheten for at den kan gå opp under belastning (utilsiktet åpning).

Produksjonskostnad: Vanskelig å fastsette da man ikke har kjennskap til endelig produksjon, men det går å an å sammenligne fasong, vekt, antall deler og kompleksiteten av monteringen med eksisterende og tidligere løsninger fra Non-stop på et teoretisk grunnlag.

Produksjonstid: Vanskelig å fastsette da man ikke har kjennskap til endelig produksjon, men det har tett tilknytning til produksjonskostnad. Noen produksjonsprosesser har lengre tidsforbruk enn andre, og flere deler kan resultere i lengre produksjonstid, og/eller mer avansert montering. Optimalisering av produksjonsforløpet ved hjelp av automasjon og automatiserte prosesser vil også påvirke produksjonstid betraktelig. Tid er penger, hvilket gjør at prisen blir høyere ved lengre produksjonstid. Kan evalueres på samme grunnlag som produksjonskostnad; på et teoretisk grunnlag mot eksisterende og tidligere løsninger.

Totalvekt: Løsningen må ikke bli for tung til å kunne benyttes på små hunder og *må* være innenfor kravet i kravspesifikasjon.

Total lengde: Løsningen må ikke være for lang slik at den blir uhåndterbart for små /store hender, og *må* være innenfor kravet i kravspesifikasjonen.

Bruddstyrke: Løsningen må tåle oppgitt maksbelastning. *Må* være innenfor kravet i kravspesifikasjon.

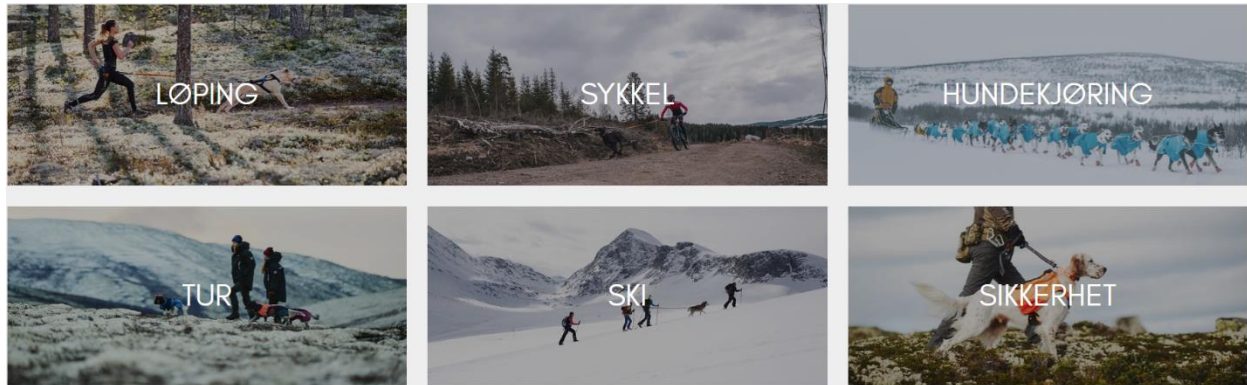
Sikkerhet: Løsningen må ha stor nok radius til at kantene ikke blir skarpe. Ikke ha deler eller funksjoner som kan påføre utilsiktet åpning/skade, eller tap av funksjon.

1.4 Målgruppe

Målgruppen som benytter seg av dagens løsninger fra oppdragsgiver er i hovedsak privatpersoner som skal ut på tur med hunden sin. En annen målgruppe er de som holder på med hundesport, og idrettsutøvere som kjører hundeløp med slede eller vogn både sommer og vinterstid. Det anslås at ca. 5% av kundene tilfaller den sistnevnte kategorien (personlig kommunikasjon: Sebastian Plur Nilssen, 26.01.21, statusmøte). Oppdragsgiver har også fremmet ønske om at produktet skal kunne benyttes av profesjonelle som redningspersonell, politi eller

militæret som benytter hund som arbeidsverktøy. Det er derfor viktig at brukervennlighet og funksjonalitet står i fokus, slik at privatpersoner uten teknisk innsikt eller med begrenset erfaring kan benytte produktet uten noen form for opplæring eller veiledning.

Under ser man de ulike bruksområdene til produktene for Non-stop. Dette er deres satsningsområder i forhold til målgruppen som det utvikles løsninger for.



Figur 2: Ulike situasjoner hvor produktene blir benyttet (Non-stop Dogwear, u.å.).

1.5 Avgrensning av bacheloroppgaven

Bacheloroppgaven avgrenses til å omfatte hovedområdene: kartlegging og utvikling (herunder idé- og konseptutvikling).

Kartlegging skal utføres gjennom å beskrive eksisterende løsninger, finne ut hva som fungerer og ikke fungerer ved dagens løsning slik at man på best mulig måte kan forstå løsningen slik den er i dag. Innhente informasjon på konkurrenter og andre løsninger. Det er ønskelig å gjennomføre material- og produkttesting av eksisterende løsninger med bruk av destruktive og ikke-destruktive testmetoder.

Destruktive testmetoder vil si tester der intensjonen er å utsette testobjektet for belastninger som medfører deformasjon eller brudd. Dette kan eksempelvis være strekktesting og Vickers-test. Det vil også bli gjennomført styrkesimulering ved bruk av programvare på de konseptene som blir valgt ut, for videre bearbeidelse og analyse.

Ikke-destruktive testmetoder vil si tester der testobjektet ikke utsettes for belastninger som medfører deformasjon, brudd eller andre skader på testobjektet.

Produktutvikling vil si en prosess hvor man utvikler ideer gjennom idé- og konseptutvikling.

Idéutvikling vil si utvikling av ideer basert på kartleggingen som er gjennomført. Informasjonen som er kartlagt skal legges til grunn for de metodene som benyttes. Divergerende utvikling av ideer som blir skissert, tegnet digitalt og 3D-printet for testing. «*Det er gjennom idéutvikling at problemløsning og muligheten for nyskaping og verdiutvikling ligger*» (Grimsgard, 2019, s. 374).

Konseptutvikling er en sentral del av dette prosjektet og innebærer å ta produktet fra idéstadiet og frem til den godkjennes av oppdragsgiver. «*Konseptutvikling er hele idéprosessen, fra utvikling til konkretisering av en eller flere ideer*» (Grimsgard, 2018, s. 372). Her skal ideene videreutvikles basert på evalueringer og testing av funksjonsmodeller fra rapid prototyping.

Rapid prototyping er i dette prosjektet benyttet som en rask og effektiv prosess der enkle modeller av produktkonsepter produseres for å benyttes som evalueringsgrunnlag i konseptutviklingen. «*En prototype er en modell som viser hvordan en form, gjenstand eller objekt ser ut i praksis og hvordan den er å ta og føle på*» (Grimsgard, 2018, s. 526).

Funksjonstesting vil si å teste de forskjellige løsningene opp mot tenkt funksjon og brukervennlighet. Dette gjøres i praksis ved modeller som er fremstilt gjennom prototyping. Gjennom hele prosessen skal oppdragsgiver involveres ved evalueringsmøter, og mot slutten av konseptfasen skal brukerundersøkelser utføres for å evaluere brukervennlighet i produktet.

Det skal ikke utføres markedsundersøkelser, prisberegning av utsalgspris eller undersøkelser av alternativ bruk. Det skal heller ikke utføres beregninger av produksjonspris eller produksjonstid, da dette vil kreve samarbeide med og uthenting av produksjonsdata fra oppdragsgivers leverandør i Kina.

Utover hva som er avgrenset for bachelorprosjektet kan det i samarbeid med oppdragsgiver bli utført endringer eller komme andre prioriteringer ettersom prosjektet når sine delmål.

Bacheloroppgavens teoretiske grunnlag og detaljnivå har blitt avgrenset til et nivå som er å forvente av personer med en faglig bakgrunn innen bachelor i ingeniør eller teknologi på høyskole- og universitetsnivå.

1.6 Kravspesifikasjon

En kravspesifikasjon er en detaljert oversikt over de ønskede egenskapene til noe man skal anskaffe. Disse egenskapene kan være ytelses- eller funksjons-spesifikasjoner eller en kombinasjon av disse (Rolstadås og Liseter, 2018). Er kravene uklare kan det skape usikkerhet rundt hva som skal anskaffes.

Non-stop har utformet tre kravspesifikasjoner tiltenkt to forskjellige løsninger. Den ene løsningen er låseanordning til hund, og har to ulike størrelser; hvor de forskjellige kravene er spesifisert i kravspesifikasjonen. Den siste løsningen er en låseanordning med hurtigutløser tiltenkt beltet til hundefører.

Kravene utformet av oppdragsgiver for låseanordning til stor og liten hund er som følger:

- To størrelser: Liten løsning maks 7 cm lang (inkludert svivelbøyle) og vekt ca. 20 gram. Stor maks 9 cm lang (inkludert svivelbøyle) og vekt ca. 30 gram.
- Bruddstyrke: For liten løsning minst 190 kg. For stor løsning minst 250 kg.
- Tre størrelse på svivelbøyle som passer 10, 15 og 20mm webbing.
- Produksjonspris er i dag rundt 20,- kr per stykk. Ny løsning skal helst ikke overskride 30,- kr per stykk (det produseres ca. 90.000 kroker i året og antallet øker med ca. 20 -30 % hvert år).
- Løsning skal ikke åpne seg utilsiktet ved bruk. Løsningen må kunne komme i alle tenkelige posisjoner samtidig som den blir håndtert.
- Lett å ta av og på med en hånd.
- Løsningen må ikke kunne klype, lugge eller hekte seg til hunden (for eksempel i munnen til hunden, i pelsen eller mellom klør).
- Løsningen må tåle ytre påkjenninger som frost, is, snø, gjørme og sand.

Etter samtaler med Non-stop er det kommet fram til at kravene i listen som er oppgitt ovenfor kan være av ulik prioritet og dermed ha ulik vektning. Disse er satt opp med variert vektning nedenfor i Tabell 1 og Tabell 2.

Kravene utformet av oppdragsgiver for låseanordning i beltet til hundefører er som følgende:

- Kun utformes i én størrelse.
- Skal være uten svivelbøyle, men må kunne gli lett mot ledeline, uten skarpe kanter.
- Ingen skarpe kanter som kan slite på løkke til bånd som blir festet på kroken.

- Bruddstyrke: løsningen må tåle minst 250 kg.
- Totalvekt helst under 30g.
- Må kunne åpnes enkelt i fart med en hånd, samt kunne lukkes lett med en hånd.
- Mål-pris ca. 30,- kr per stykk (bruker ca. 25.000 stk. i året og øker med ca. 20-30% hvert år).
- Skal ikke kunne hekte seg i hunden dersom for eksempel hunden hopper opp på eieren, og labbene kommer borti og fører til utilsiktet åpning.
- Løsningen må være sikker slik at den ikke åpner seg under bruk (kan ha en «låsefunksjon»).

Etter samtaler med Non-stop er det kommet fram til at kravene i listen som er oppgitt ovenfor kan være av ulik prioritet og dermed ha forskjellig vektning. Disse er satt opp med variert vektning nedenfor i Tabell 3 og Tabell 4.

1.6.1 Kravspesifikasjon for låseanordning til liten / stor hund

Tabell 1:
Ytelseskrav for låseanordning for liten/stor hund.

Ytelseskrav				
Vekting	Kriteria	Krav	Optimalt	Anbefalt
3	Bruddstyrke	Min. 190/250 kg		
2	Totalvekt		20/30 g	
1	Total lengde	< 70/90 mm		
1	Total produksjonskostnad	30,- kr	20,- kr	

Tabell 2:
Funksjonskrav for låseanordning for stor hund.

Funksjonskrav				
Vekting	Kriteria	Krav	Optimalt	Anbefalt
3	Åpne med en hånd		X	
2	Komponenter skal ikke lett fryse fast i kalde omgivelser	X		
1	Svivefunksjonalitet	X		
3	Komponenter skal ikke hekte seg fast i hund	X		
1	Mulighet for stort produksjonsvolum	X		
3	Komponenter skal ikke løsne ved bruk	X		
3	Komponenter skal ikke ha skarpe kanter som sliter på tekstiler	X		

1.6.2 Kravspesifikasjon for låseanordning i beltet til hundefører

Tabell 3:

Ytelseskrav for låseanordning i beltet til hundefører.

Ytelseskrav				
Vekting	Kriteria	Krav	Optimalt	Anbefalt
3	Bruddstyrke	Min. 250kg		
2	Totalvekt		<20g	< 30g
1	Total lengde	90mm	< 90mm	
1	Total produksjonskostnad	30,- kr	20,- kr	

Tabell 4:

Funksjonskrav for låseanordning i beltet til hundefører.

Funksjonskrav				
Vekting	Kriteria	Krav	Optimalt	Anbefalt
3	Åpne med en hånd under belastning	X		
2	Komponenter skal ikke lett fryse fast i kalde omgivelser	X		
3	Komponenter skal ikke hekte seg fast i hund	X		
1	Mulighet for stort produksjonsvolum	X		
3	Komponenter skal ikke løsne ved bruk	X		
3	Komponenter skal ikke ha skarpe kanter som sliter på tekstiler	X		

1.7 Bærekraft

Begrepet bærekraftig utvikling ble for første gang brukt i rapporten «vår felles framtid» fra 1987 av Brundtland-kommisjonen (UN, u.å.). Den skulle være et middel til å løse både fattigdoms- og miljøutfordringer, og bidra til å forandre måten man jobber med miljø- og utviklingsspørsmål (FN, 2019). Definisjonen som ble framlagt på bærekraftig utvikling er: «Utvikling som imøtekommer dagens behov uten å ødelegge mulighetene for at kommende generasjoner skal få dekket sine behov» (UN, u.å.).

Bærekraftig utvikling og FNs bærekraftsmål er viktig for å ikke bruke opp de ressursene som jordkloden har. Det vil derfor være av stor betydning å finne løsninger som regulerer

belastningen på miljøet. FNs bærekraftsmål består av 17 mål og 169 delmål, som vist på Figur 3. Målene fungerer som en felles retning for land, næringsliv og samfunn (FN, 2021-a).



Figur 3: FNs bærekraftsmål (FN, 2021).

FNs bærekraftsmål nummer 12 er av direkte betydning for bacheloroppgaven, og lyder som følgende: «Ansvarelig forbruk og produksjon» (FN, 2021-b). Dette målet skal sikre *bærekraftige forbruks- og produksjonsmønstre* og fokuserer på *overforbruk* og *bærekraftig livsstil*.

Med overforbruk så menes det: «Bærekraftig forbruk og produksjon handler om å gjøre mer med mindre ressurser. I dag forbrukes det mye mer ressurser enn hva som er bærekraftig for kloden. For eksempel går en tredjedel av maten som blir produsert bort, uten å bli spist» (FN, 2021-b).

Med bærekraftig livsstil menes det:

For å sikre gode levekår for nåværende og fremtidige generasjoner må også hver enkelt forbruker endre livsstil. Det innebærer å minske ressursbruken, miljødelegelsen og klimautslippene som et samfunn og som enkeltperson. På sikt vil dette føre til økonomisk vekst, begrense klimaendringer og øke livskvaliteten til mennesker på jorda. (FN, 2021-b).

Den største utnyttelsen av bærekraft ligger i optimalisering av design, materialbruk og gjenvinnbarhet. Jo bedre løsningen som skal produseres er optimalisert i forhold til materialbruk, samtidig som den oppfyller kravspesifikasjonen, desto bedre svarer den på bærekraftsmålet til FN om «Ansvarelig forbruk og produksjon».

En måte å optimalisere design og materialbruk er gjennom topologioptimalisering, hvilket innebærer å fjerne materiale i et produkt eller løsning som ikke bidrar til styrke eller funksjon. Dette materialet kan enten klippes bort eller ikke legges til, avhengig av produksjonsmetoden. Dette er LEAN i praksis, da alt som ikke gir kunde verdi fjernes og dette reduserer da materialsvinn fordi materialforbruket reduseres (Krajewski et al., 2019). Overskuddsmaterialet som blir klippet vekk kan gjenvinnes til flere produkter, noe som gir bedre utnyttelse av samme volum råmateriale. I CAD-programmet Autodesk Fusion 360 kan det settes opp en simulering som gir en slankere modell, med optimalisert form. Du kan selv regulere hvor mange prosent av utgangspunktet som skal fjernes.

Gjenvinnbarheten til produktet er også svært viktig. Gjennom å satse på å benytte materialer og materialkombinasjoner som lett lar seg gjenvinne, så kan man bidra til å redusere den totale mengden restavfall som genereres på en god og effektiv måte. Valg av riktig materiale og produksjonsmetoder vil også direkte påvirke behovet for energi og råmateriale i produksjonen. Dersom det eksempelvis benyttes resirkulert aluminium til produksjon av nye komponenter, vil man kunne redusere energibehovet i produksjonen til kun 5% av energibehovet til jomfruelig aluminium grunnet langt lavere smeltetemperatur (Johansen, 2009).

2 Teori

2.1 Materialteknologi

2.1.1 Aluminium

Aluminium blir brukt til å produsere karabinkroker fordi det veier ca. en tredjedel av stål ved samme volum. Det er lett å forme plastisk, er forholdsvis billig som råmateriale og tåler mye etter herdig. Det er også stor tilgang på materialet fordi ca. 8% av jordoverflaten består av aluminium. Aluminium utvinnes blant annet fra bauxitt i Sør-Amerika av leverandører som Norsk Hydro (Eraker, Sachse, og Kumano-Ensby, 2019). Råmaterialet må foredles og etterbehandles etter utvinning og forårsaker store naturødeleggelser og har et høyt energibehov. På grunn av det lave smeltepunktet i forhold til stål er det effektivt å resirkulere det flere ganger, og bruker hele 95% mindre energi ved gjenvinning i forhold til jomfruelig aluminium (Johansen, 2009).

Legering 7075-T6; 7075-T651

Ulegert aluminium er så mykt og svakt at det ikke kan brukes til noe holdbart, det må derfor legeres med andre materialer for å oppnå god nok styrke. 7075-T6 er i hovedsak levert med flere prosent sink, magnesium og kobber, men inneholder også små mengder krom, jern, mangan, titan og silikon. Sink, jern og magnesium gir selvherdende egenskaper. Denne legeringen brukes på høyt belastede deler og tåler mye i forhold til sin egenvekt. Klatrekarabiner veier ca. 80 gram og er godkjent for belastninger på mellom 2.2-2.7 tonn. Eksempler på applikasjoner som er godt egnet til denne legeringen er koblinger, drev, akslinger, rakettdeler, sykkelrammer og generelt til luft- og romfart (Johansen, 2009).

Tabell 5:
Materialdata for legering 7075-T6; 7075-T651 Matweb (u.å.-a.).

Egenskap:	Data:
Tetthet	2.81 g/ ³
Bruddstyrke	572 MPa
Flytegrense	503 MPa
Bruddforlengelse	11 % @ 24 °C
E-modul	71.7 GPa
Temperatur for mykgløding	413 °C
Temperaturområde for herding	466 - 482 °C
Temperatur for varmtherding	121 °C

Det er tatt utgangspunkt i denne legeringen med disse egenskapene i simuleringene når produktene har blitt designet i dette prosjektet.

Herding

Legeringen vil ikke kunne oppnå sine egenskaper uten herding. Dette foregår ved å kontrollere varme (solution) opp materialet til temperaturintervallet som vist i tabell 5, holde temperaturen der i noen timer, og så blir materialet bråkjølt i vann. Varmtherding (aldring, selvherdende) øker også styrken og foregår i romtemperatur, men det kan ta flere måneder eller år før styrken blir god nok. Denne prosessen kan akselereres kunstig ved å varme opp materialet til 121 °C å holde det der i en angitt periode før en sakte kontrollert avkjøling utføres (Johansen, 2009).

Kaldflytpressing eller smiing

Dette er en metode som brukes for å plastisk forme/deformere emnet til ønsket fasong, men det styrker (fastning) også materialet fordi kornene bøyes langs materialet i stedet for at det kuttes, som skjer med sponfraskillende bearbeiding. Feil (dislokasjoner) i gitterstrukturen låses også fast og forsterker materialet ytterligere. Fordelen med kaldflytpressing mot varm er at den store kornstørrelsen opprettholdes, men materialer blir derfor mindre duktilt og derfor sprøtt (Johansen, 2009; Johansen, 2010-b).

Elastisk deformasjon

Elastisk deformasjon er en midlertidig deformasjon som fjærer tilbake når belastningen opphører. Dette skjer fordi belastningen er lavere enn legeringens flytegrense. Dette kan leses av i en SS-kurve. Karabinkrokens belastning bør være under flytegrensen for at materialet ikke skal gå i brudd etter x-antall belastninger.

2.1.2 Rustfritt stål

En av de vanligste legeringene er 304, men det er flere varianter som for eksempel 316L. De største bestanddelene av materialet består av jern, krom, nikkel og molybden. De tre siste står for de «rustfrie» egenskapene. Det engelske ordet *stainless* beskriver legeringen bedre, da materialer kan ruste, men det skal mer enn bare luft og vann til. Kjemikalier og salt kan påvirke overflaten på rustfrie legeringer og skape for eksempel *pitting* (Matweb, u.å.-b).

2.1.3 Plast

Plast, også kalt polymer, har vært i sterk vekst som produksjonsmateriale siden 1950-tallet, på grunn av stor formbarhet og egenskaper som egner seg til mange hverdagslige og ingeniørmessige produkter. Materialet lar seg sprøytstøpe og ekstrudere raskt og i stort volum. Vanlige typer plast er eksempelvis PET, ABS, PLA, PP og PE.

PTFE

Også kalt Teflon som merkevarenavn. Dette materialet er seigt og «fett» og brukes ofte i applikasjoner som behøver friksjonsreducerende egenskaper.

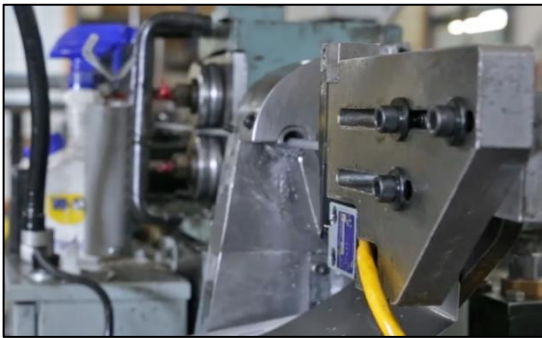
TPU/TPE

Dette er en elastomer, populært kalt gummi. Materialet er elastisk og benyttes over TG for at det skal klassifiseres som en elastomer. Bruddforlengelsen er ofte på flere hundre prosent, men det kommer med en bekostning på lav brudd- og flytegrense.

2.2 Produksjonsteknologi

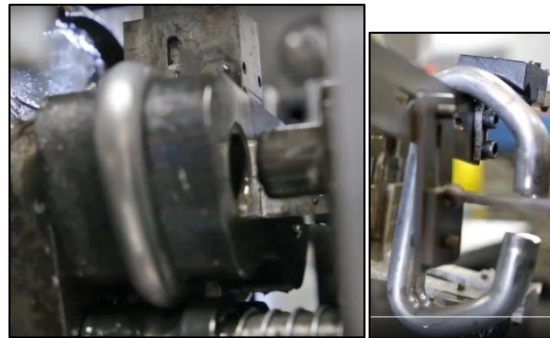
2.2.1 Eksisterende løsninger

Bildene som visualiserer produksjonsmåten for eksisterende løsninger under, er skjermdumper hentet fra to YouTube videoer: Omega Pacific (2017) med «How to make a carabiner in 60 seconds» og Esso Grotto (2011) med «How carabiners are made».



Figur 4: Kapping av boltemner.

Produksjonsprosessen av karabinkroker i aluminium starter ved å klippe opp ekstruderte bulkmaterialer i form av en lang bolt, til riktig lengde.



Figur 5: Bøying av bolt med hydraulikk.

Bolten blir bøyd automatisk i en maskin, rundt en todelt mandrel-form for at fasongen skal holde seg rund og ikke knekke i radiusen.



Figur 6: Todelt presseverktøy.

Neste steg går ut på å kaldflytepresse den bøyde bolten med en hydraulisk presse, mellom et todelt verktøy.



Figur 7: Pressede kroker.

Stanseprosessen etterlater seg «flesk» på siden av karabinkroken, dette er uønsket overskuddsmateriale som klippes bort i en annen hydraulisk presse, med et annet todelt verktøy. Flesket oppstår fordi materialet klemmes ut på sidene av verktøyet.



Figur 8: Herdeovn.

For at krokene skal tåle større høye belastninger blir de varmebehandlet i 465 grader celsius i tre timer. Etter tre timer blir de bråkjølt i vann.



Figur 9: Avkjølingsbad.

Etterbehandlingen består av fire steg, litt som å vaske, rubbe og polere lakken på et kjøretøy. Klippeprosessen etterlater seg grader langs midten, der flesket har blitt fjernet. Derfor blir krokene vibrasjonsslipt med keramikkuler.



Figur 10: Tromling med keramikkuler.

Vibrasjonssliping eller tromling i en stor beholder med keramikkuler. Opptil 12 timer i første steg. Dette sliper bort de fleste skarpe kanter og grader, og etterlater seg en jevn overflate.



Figur 11: Tromling med metallkuler.

Andre steg består av medium polering med såpevann og metallkuler. Dette sliper ned kantene på ripene som har oppstått etter det første steget.



Figur 12: Polering med sand.

Tredje steg består av tromling i en beholder med fin sand, som finpolerer overflaten blank.



Figur 13: Anodiserte karabinkroker.

Fjerde steg er en kjemisk lakkeringsprosess kalt anodisering, eller eloksering. Dette gjør oksidlaget i overflaten tykkere og forsterker korrosjonsbeskyttelsen (Johansen, 2009).



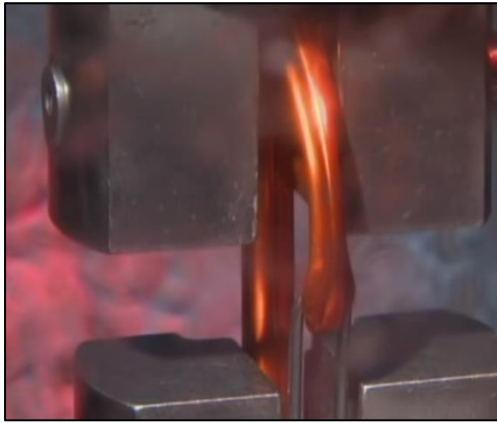
Figur 14: Boring av hull.

Monteringsprosessen består også av flere steg. Først blir kroken spent fast i en borjigg, og hullet til porten blir boret.



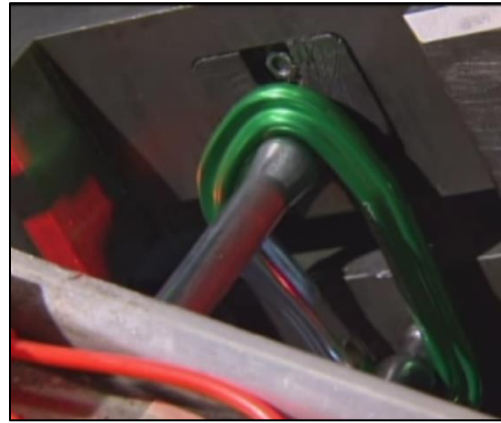
Figur 15: Nagling av port.

Porten blir festet med en nagle som presses i enden, slik at enden på naglen ekspanderer og blir tykkere. Dette låser fast naglen til porten (sølv) og forhindrer at den skal falle ut. Toleransen på hullet i hovedkroppen (grønn) stor nok til at naglen kan rotere sammen med porten. En fjær monteres også innvendig i porten og kobles på en vippearmsom sørger for at porten fjærer tilbake i lukket posisjon.



Figur 16: Destruktiv strekktest av stikkprøver.

Det blir tatt ut en viss prosentandel av de produserte krokene per batch, som blir stekket ved at de blir dratt av til de går i brudd. Testresultatene blir sammenlignet og kontrollert opp mot gjeldende krav og standarder. Dette er viktig å gjøre for å avdekke eventuelle produksjons- eller materialfeil før de blir brukt som sikkerhetsutstyr.



Figur 17: Ikke-destruktiv strekktest.

Etter at de destruktive testene har blitt godkjent fra batchen blir hver krok testet i en ikke destruktiv belastning, innenfor det fjærende (elastisk) arbeidsområdet til legeringen, slik at plastisk deformasjon ikke oppstår. Dette skal simulere fall fra en klatrer. En teståpning av porten med belastning på kroken blir også utført.

Det kan også bli tatt ut stikkprøver der måling av diameter og fasong opp mot optimale data, for å avdekke produksjonsfeil, slitasje på verktøy og andre behov for justering av prosesser.

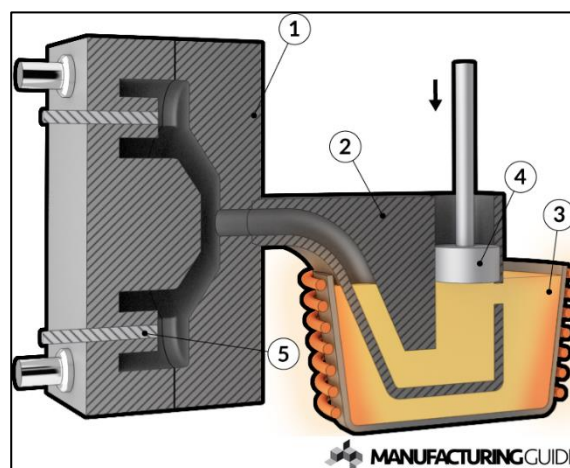
2.2.2 Nye løsninger

Her blir de aktuelle produksjonsprosessene som blir beskrevet i prosjektet forklart.

Illustrasjonene er generelle og ikke spesifikke til dette prosjektet, og må derfor brukes som en tilnærming av ønsket produksjonsmetode. Tabellene er utformet med tanke på prosjektets behov og kriterier.

Trykkstøping

Smeltet metall (3) gjerne en støpbar aluminiumslegering blir presset inn i formrommet (1) av et stempel (4) der trykket opprettholdes til delen har størknet. Det todelt verktøyet (1) åpnes når delen har størknet og blir presset ut av formrommet av ejetorene (5). Formen (1) er gjerne vann- eller oljeavkjølt for å avkjøle den støpte delen raskt og holde kontroll på varmen (Manufacturing Guide, u.å.-a).



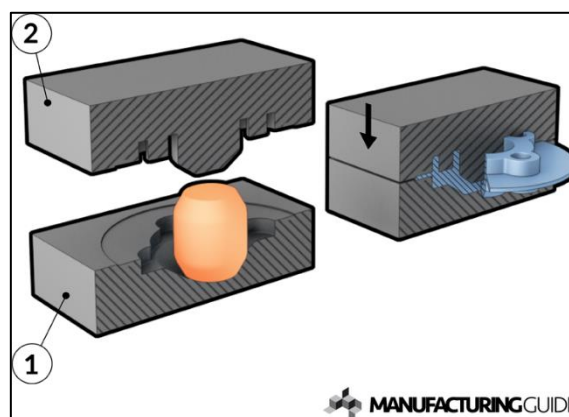
Figur 18: Trykkstøping med flytende metall (Manufacturing Guide, u.å.-a).

Fordeler	Ulemper
Rask og automatisert produksjon	Kostbart verktøy
Stor formfrihet	Kostbart å endre fasong på del/form
Lite svinn	Sliping av grader
Jevn kvalitet på produserte enheter	Ikke egnet for små serier

Kaldflytpressing

Kaldflytpressing går ut på å plastisk forme et emne mellom et verktøy som er todelt (1 og 2), men kan også ha flere deler.

Verktøydelenes presses sammen ved hydraulisk press eller at en tung hammer som sitter fast på øvre verktøydel slippes ned på emnet. Varmsmiing foregår på samme måte, men med en temperatur over rekrySTALLISERINGSgrensen for materialet (Manufacturing Guide, u.å.-b).

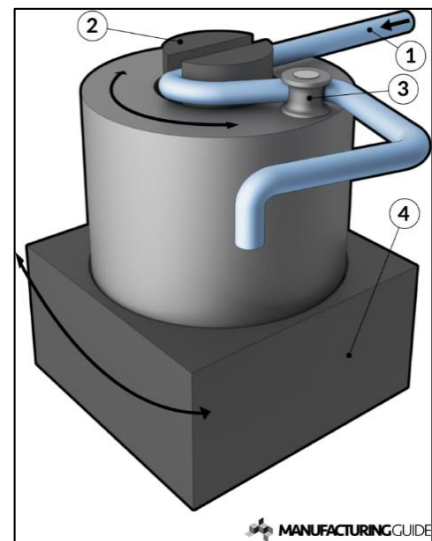


Figur 19: Verktøy for kaldflytpressing (Manufacturing Guide, u.å.-b).

Fordeler	Ulemper
Meget god styrke	Kostbart verktøy
Kan utføres med lavere temperatur	Kostbart å endre fasong på del/form
God presisjon ved kaldflypressing	Sliping av grader
Jevn kvalitet på produserte enheter	Ikke egnet for små serier
Bestemt retning på korn grenser i produktet	Kan kreve stor presse på store deler

Bøying

Et boltemne (1) spennes fast i en jigg (2) eller tres rundt et mandrel-verktøy før et hydraulisk eller elektrisk operert mandrel-hjul eller aksling flytter seg i et programmert mønster, for å bøye emnet til ønsket fasong. Basen (4) og jiggen (2) kan rotere for å endre retning emnet skal bøyes i. Det er viktig å bruke mandrel-verktøy, hvis ikke kan bøyen på materialet få en knekk og får en ukontrollert deformasjon i bøyingspunktet (Manufacturing Guide, u.å.-c).

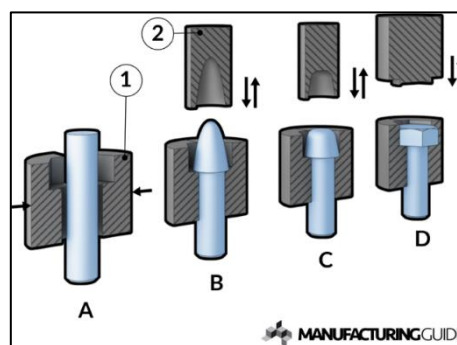


Figur 20: Verktøy og maskin for bøying (Manufacturing Guide, u.å.-c).

Fordeler	Ulemper
Meget lite svinn	Lav formvariasjon
Rask produksjon	Medium til høye toleranser
Raskt oppsett og bytte mellom forskjellige produkter	
Helautomatisert kontinuerlig produksjon	

Stuking og Nagling

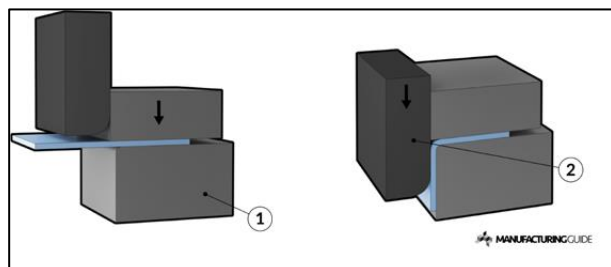
Stuking og nagling går ut på nesten det samme, men forskjellen er at nagling brukes for å sette sammen to eller flere komponenter, som er spiker eller bolt. Stuking brukes for å produsere eller forandre på en del eller et produkt. Et emne, gjerne en rund bolt (blå bolt) holdes fast i et verktøy (1) eller klype før en presse med et verktøy (2) presses inn i enden av materialet og plastisk deformerer det til ønsket fasong. Det blir gjerne brukt slippvinkler i formrommet på innsiden av verktøyet for at delen skal slipper etter formeprosessen (Manufacturing guide, u.å.-d).



Figur 21: Prosesssteg for stuking (Manufacturing Guide, u.å.-d).

Fordeler	Ulemper
Meget rask fullautomatisert kontinuerlig produksjon	Krever store maskiner
Lager sterke deler	Begrenset formvariasjon

Bretting



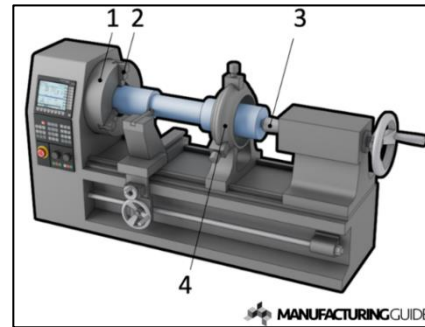
Figur 22: Verktøy for platebretting (Manufacturing Guide, u.å.-e).

Prosessen går ut på å holde fast en plate mellom mothold (1) og påhold før et stempel (2) presses ned og bretter materialet rundt en radius så det ikke skal revne (Manufacturing Guide, u.å.-e).

Fordeler	Ulemper
Meget rask fullautomatisert kontinuerlig produksjon	Stort sett bare todimensjonal forming
Kan endre lengder og vinkler på den formede delen uten å endre på maskinen	

Dreining

Dreining går ut på å spenne opp et rundt emne (blå aksling) i chucken (1) og stramme griperarmene (2) før emnet roteres rundt av en elektromotor og skjæret kjøres inn i materialet og dreier av spon. En hjelpedok (3) og en opplagret støtte (4) brukes på store emner (Manufacturing Guide, u.å.-f).

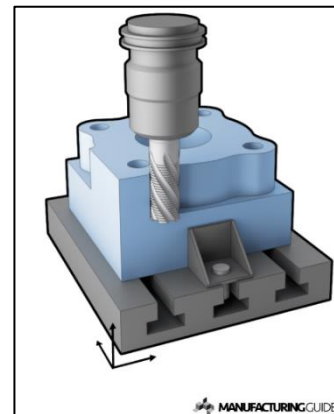


Figur 23: Dreiebenk, med chuck, hjelpedok og opplagret støtte (Manufacturing Guide, u.å.-f).

Fordeler	Ulemper
Kan helautomatiseres	Oppspenning og snuing av emnet kan påberegnes
Selve bearbeidingen kan være rask	

Fresing

Fresing går ut på å spenne fast et emne med klemmer i et fresebord og maskinelt fjerne spon fra materialet med flere passeringer. Fresehodet er som regel datastyrt (CNC) og kjører etter et g-gode som er generert i CAM ut ifra CAD-modellen. Forskjellige klemmer muliggjør innfesting av emner med ulik fasong (Manufacturing Guide, u.å.-g).

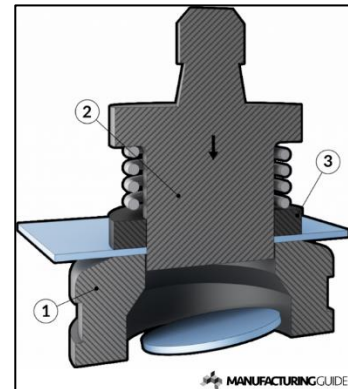


Figur 24: Fresebord, emne, spindel og fres (Manufacturing Guide, u.å.-g).

Fordeler	Ulemper
Sto formfrihet med 5-akset hode	Oppspenningstid
Kan automatiseres	

Stansing

Stansing går ut på å klippe hull i for eksempel en plate (3). Produktet som blir beholdt kan enten være biten som klippes ut, eller platen rundt. Hullet inni motholdet (1) har litt større diameter enn diameteren til stampelet (2). For lite klaring lager stor motstand og kliner materialet, og for stor klaring bøyer materialet ned i hullet før det rives av og skaper høyere toleranser. En klemring (3) holder fast platen og reduserer deformasjonen rundt hullet. Den motsatte delen av det som beholdes blir derfor svinn, men kan smeltes om og brukes på nytt. Klipping og plastisk deformasjon kan utføres i samme operasjon, med avanserte verktøy som har flere nivåer oppover (Manufacturing Guide, u.å.-h).

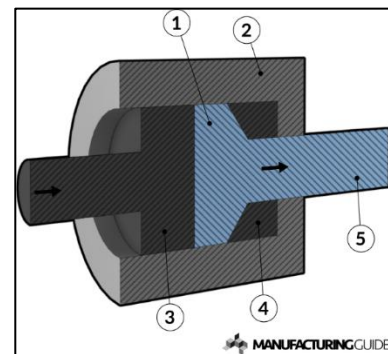


Figur 25: Stanserverktøy med mothold, stempel og klemring (Manufacturing Guide, u.å.-h).

Fordeler	Ulemper
Meget rask produksjon	Krever stor/lang linje for masseproduksjon
Kan kombineres med plastisk forming	

Ekstrudering

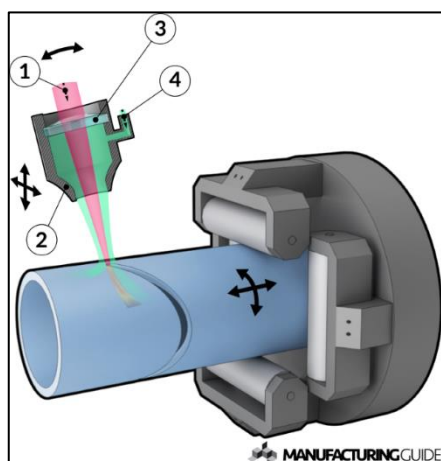
Ekstrudering går ut på å presse et oppvarmet emne (1) gjennom et formrom i et verktøy (4) som er montert i et trykkammer (2) som har i oppgave å holde igjen kreftene. Resultatet blir en lang stang, bolt eller profil (5) (åpen eller lukket) som kommer ut av verktøyet, gjerne på 30-40m. Så kappes det opp i mindre lengder etter hvilken applikasjon det er til. Verktøyet er polert og smurt for å redusere friksjon og slitasje (Manufacturing Guide, u.å.-i).



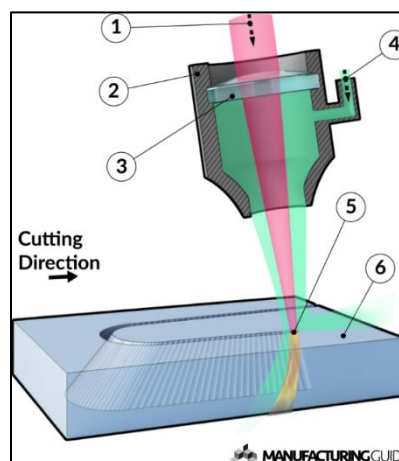
Figur 26: Ekstruderingsverktøy med trykkammer og stempel (Manufacturing Guide, u.å.-i).

Fordeler	Ulemper
Hurtig bulk-produksjon	Kostbart verktøy
Stor grad av automasjon	Krever stor presse
	Vanskelig å produsere verktøy for deler med lukket konstruksjon

Kapping og klipping



Figur 27: Laserkutting av rør (Manufacturing Guide, u.å.-j).



Figur 28: Laserkutting av plate (Manufacturing Guide, u.å.-k).

Emner kappes som regel ved å hydraulisk klippe eller kappe med båndsg eller sagblad med tenner tilegnet. Vann- og laserskjæring kan også benyttes på plater og blokker. Avanserte metoder som CNC-styrke laserskjærer kan dele opp rør i tredimensjonale fasonger sammen med en dreiebenk som roterer sakte (Manufacturing Guide, u.å.-j; Manufacturing Guide, u.å.-k).

Fordeler	Ulemper
Rask oppdeling	Krever ikke spesialtilpasset verktøy
Fleksibel lengde på oppdeling	

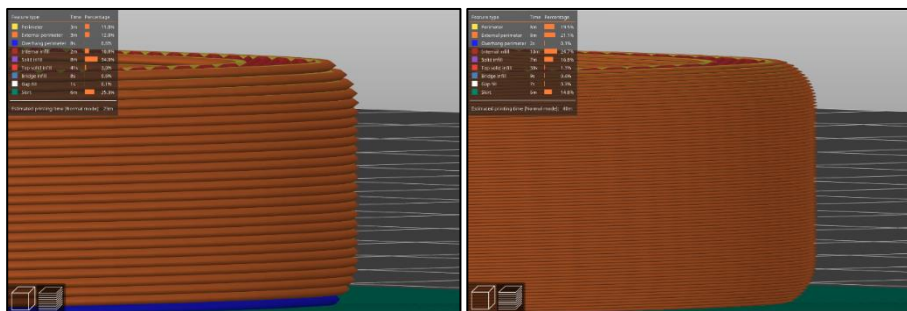
2.3 Additiv tilvirkning / 3D-printing

Additiv tilvirkning med Stereolitografi, eller populært kalt 3D-printing ble oppfunnet i 1983 av Chuck Hull (3D Systems, u.å.), men ble ikke anvendt i stor skala før langt inn på 2000-tallet når Fused filament fabrication (FFF) ble populært. I 2012 startet eventyret for Prusa, som er en av produsentene som for alvor står for framgangen til teknologien, produksjon og salg av maskiner (Prusa, u.å.). Dette er også leverandøren NTNU har valgt på de fleste av sine 3D-printere som studentene kan bruke.

3D-printing er muligens det mest effektive verktøyet for rapid prototyping. Dette er på grunn av mangel på behov for verktøy/form for å produsere objekter. Objektet som skal printes produseres med tilsvarende programvare som til for eksempel sponfraskillende bearbeiding. Dette kan være Fusion 360 eller Solid Works. Maskinen fungerer ved at en datastyrt limpistol limer lag på lag i

todimensjonale g-koder på bedet, som sliceren har generert ut fra CAD-modellen, og limer neste lag oppå laget under, til modellen er ferdig. Materialet som benyttes er filament av termoplast, med alt fra PLA som har Tg på 59 grader og helt opp til PEEK, Nylon og PEI Ultem med Tg på mellom 143-217 grader C (3DXTECH, u.å.-a; 3DXTECH, u.å.-b; 3DXTECH, u.å.-c).

Laghøyden er som regel mellom 0,1-0,3 mm med lagbredde på 0,4-0,5 mm med 0.4 mm dyse og vanlig print-hastighet er på 60 mm/s. Siden maskinen kun beveger seg todimensjonalt selv om den produserer tredimensjonale objekter vil detaljene eller oppløsningen bli bedre med lavere laghøyde og bredde, men produksjonstiden økes fordi maskinen må ha flere passeringer.



Figur 29: Forskjellen på radius ved 0.3mm lag høyde til venstre og 0.1mm til høyre. Laget av Martin Amlie.

Styrken til 3D-printede deler med FDM er i samme lag, fordi lagbindingen mellom lagene er svak. Dette kommer av at det nye laget som legges på ikke generer nok varme til å smelte seg helt sammen med laget under.

Produksjonsprosessen kan ta så lang tid som flere timer og dager, men totalt sett er den mye mer effektiv på tid sammenlignet med for eksempel støping når det gjelder å produsere en lav serie prototyper.

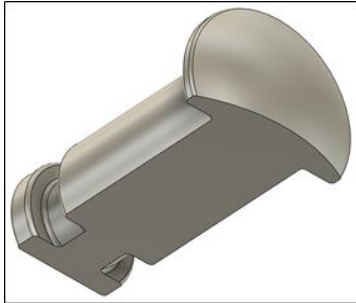
Sliced Info	
Used Filament (m)	93.62
Used Filament (mm ³)	225187.09
Used Filament (g)	285.99
Cost	7.15
Estimated printing time:	
- normal mode	19h19m

Figur 30: Eksempel på produksjonstid av 285.99 gram plast. Laget av Martin Amlie.

Tilpasning av modeller til 3D-printing

For å produsere de 3D-printede delene med god styrke og ha finest mulig utseende, har det blitt utført endringer på modellene til akslinger og andre enheter med stor utvendig kurvatur. Delene

blir kuttet slik at de får en anleggsflate ned mot bedet på 3D-printeren. Dette gir god styrke på de små delene i forhold til å 3D-printe de stående, da disse fort kan knekke mellom hvert av lagene i printen. Så lenge kuttet er under midten av sirkelen blir fortsatt største diameter opprettholdt, og objektet fungerer like godt til enkel produkttesting, som om kuttet ikke fant sted.



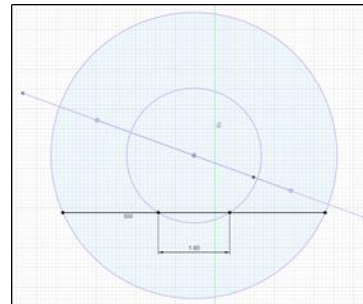
Figur 31: Eksempel på kutt på låsesplint til bøyle. Laget av Martin Amlie.



Figur 32: Eksempel på kutt på låsesplint til utløsermekanisme. Laget av Martin Amlie.

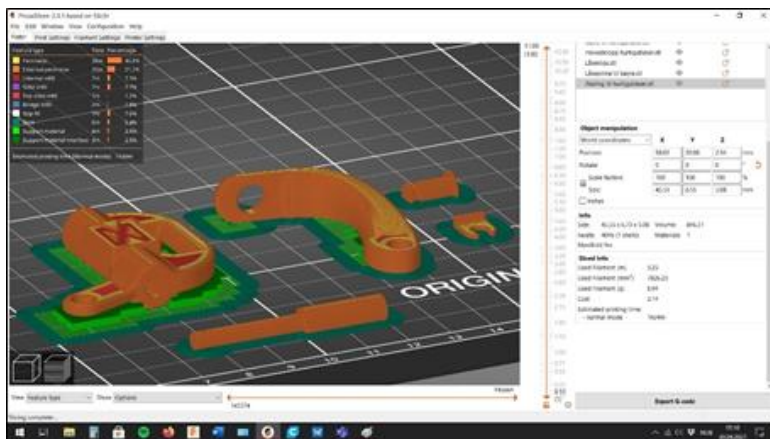


Figur 33: Bilde av kutt under modellene som muliggjør 3D-printing liggende. Laget av Martin Amlie.



Figur 34: Bildet viser den digitale skissen som bestemmer kuttet i modellen. Laget av Martin Amlie.

Standard lagbredde på Prusa 3D-printere er 0.45 mm. Det er ønskelig med 4 lags bredde ned mot bedet for å oppnå god nok binding mot underlaget, derfor er kuttet i bunn av komponentene på 1.8mm bredt. Tilsvarende metode er benyttet på de alle utskriftsjobbene i dette prosjektet.



Figur 35: Skjerm bilde fra PrusaSlicer som viser orientering av delene. Laget av Martin Amlie.

3 Metode og kartlegging

Kapitlet «Metode og kartlegging» tar for seg flere punkter. Det første det viser til er hvordan man har gått frem for å innhente data som er nødvendig for de ulike prosessene som er gjennomført. Det andre er en beskrivelse av kvaliteten på det datagrunnlaget som er hentet inn. Det tredje er en beskrivelse av de metoder og verktøy som har lagt grunnlaget for den utviklingsprosessen som er utført. Til slutt viser det til en kartleggingsprosess som er utført for å sikre best mulig grunnlag for den videre prosessen.

3.1 Innhenting av data

Innhenting av data er utført kontinuerlig gjennom hele utviklingsprosessen. Grunnlaget man begynner med er forankret i kravspesifikasjon, samt informasjon og ønsker fremlagt av oppdragsgiver. Dette grunnlaget utvikler seg over tid ettersom nye parametere og faktorer spiller inn for de endringene man gjør.

Kvantitativ og kvalitativ datainnhenting

Kvantitativ data er objektiv informasjon som kan måles og benyttes i kalkuleringer. Kvalitative data kan derimot forstås som informasjon om eksempelvis følelser og erfaringer som kan benyttes for å skape forståelse for en subjektiv tilstand. Dalland (2017, s. 52) påpeker at: «*De kvantitative metodene har fordelene av at de gir data i form av målbare enheter. [...] De kvalitative metodene tar sikte på å innhente meninger og opplevelser som ikke lar seg tallfeste eller måle*».

Produktdata

Produkt- og materialdata hentes inn gjennom både kvantitative og kvalitative metoder.

Det skal kjøres en produktanalyse av eksisterende produkter der kvantitative data fremskaffes ved strekktesting, og kvalitative data ved visuell analyse av deformasjons- og bruddlokasjoner.

En frysetest skal utføres på eksisterende produkter for få kvalitative data om potensielle obstruksjonspunkter, og funksjonshindringer som kan oppstå ved bruk i kalde klima.

Styrkesimuleringer på produktene som designes skal utføres for å danne kvantitative data som benyttes for å forsikre at produktet oppfyller de kvantitative kravene i kravspesifikasjonen.

Kvantitative materialdata er innhentet direkte fra MatWeb, hvilket er en anerkjent pålitelig kilde.

Brukerundersøkelser

Kvalitativ undersøkelse av strategisk utvalgt brukergruppe bestående av ansatte i bedrifter som selger eller arbeider med produkter innen samme produktkategori. Utføres ved å gi testpersonen en bestemt sekvens med informasjon, og så gi testpersonen tilgang til å prøve ut løsningen eller produktet. Gjennom denne prosessen skal det innhente svar på forhåndsdefinerte spørsmål, og noteres observasjoner rundt hvordan testpersonen reagerer på og interagerer med løsningen eller produktet.

Manuelle målinger

Det er gjennomført målinger ved hjelp av manuelt måleutstyr på eksisterende produkter. Dette er utført for å innhente kvantitative data om dimensjonering og vekt, og skal benyttes som sammenligningsgrunnlag ved design av nye produkter.

3.2 Datakvalitet

Reliabilitet er et kriterium for kvalitet og handler om hvorvidt det arbeidet som er utført er til å stole på (Dalland, 2017). For å opprettholde høy kvalitet på innsamlede data er det derfor viktig å forholde seg objektivt til de data som innhentes. Målet er at det skal være mulig for andre å fremskaffe samme resultat, uavhengig av deres førforståelse, moral eller bias, så fremt samme metode benyttes (Dalland, 2017). «*Vitenskapens mål har lenge vært å destillere objektiv sannhet. [...] Om en forsker er mann eller kvinne, svart eller lyserød, radikal eller konservativ, skal ideelt sett ikke ha noen betydning for forskningens resultat*» (Aadland, 2011, s. 87).

Ved kvalitative undersøkelser, kan subjektive oppfattelser og uttalelser fra testpersonen omtolkes og misforstås av observatøren. Det er derfor viktig at observatøren utviser god selvinnsikt, og er i stand til å iverksette tiltak som ivaretar undersøkelsens reliabilitet.

Ved kvantitative undersøkelser er objektive data dokumentert ved å registrere etterprøvable rådata. Konklusjoner derivert fra rådata kan være feilaktige ved at rådata misbrukes eller feiltolkes. Dette kan skyldes eksempelvis mangel på kompetanse eller lignende. For å minimere slik risiko er det viktig å etterprøve sine konklusjoner for å besørge at konklusjonene er pålitelige.

Reliabilitetsanalyse

Reliabiliteten ved hvert enkelt segment bedømmes etter graden; Lav – Middels – Høy.

Strektesting er utført i laboratoriet ved NTNU i Gjøvik, med assistanse fra autorisert personell. Grunnet mangel på kalibreringsdata på maskinen som ble benyttet er reliabiliteten for lav til å kunne benytte innsamlede data som eksternt beslutningsgrunnlag. Derimot er reliabiliteten vurdert å være høy, dersom testproduktene kun sammenlignes med hverandre innad i prosjektet.

Analyse av deformasjon og bruddlokasjon er utført ved visuell kvalitativ analyse. Grunnet for lav kompetanse og lite erfaring innad i bachelor-gruppen ble det innhentet personell med høy kompetanse og erfaring. Derfor er reliabilitet satt til middels da det ikke kan settes noen fasit på dette området.

Test av obstruksjonspunkter ble utført ved visuell kvalitativ analyse. Her er det benyttet en metode hvor en person har vært observatør, og resten av prosjekt teamet har vært testpersoner. Hver test er utført i to omganger av to ulike testpersoner, og testresultater ble dokumentert fortløpende av observatør. Reliabiliteten i denne testen blir derfor ansett som middels.

Brukerundersøkelser er utført ved å benytte forhåndsdefinerte spørsmål og informasjonspakker. Testpersonen får kun tildelt informasjonspakken, testproduktet, og spørsmålene i den forhåndsdefinerte rekkefølgen. Dette besørger at alle testpersonene gjennomgår det samme testforløpet, og påvirkningsmuligheten fra observatør blir minimert. Reliabiliteten i brukerundersøkelsene blir derfor ansett som middels. Grunnet lav kompetanse og lite erfaring på området blir derfor reliabiliteten i brukerundersøkelsene ansett som lav.

Styrkesimuleringer er utført i programmet Autodesk Fusion 360. Disse simuleringene har blitt gjennomført til tross for begrenset erfaring med simulering og styrkeberegninger. Det lot seg heller ikke gjøre å komme i kontakt med personer som har kunnet assistere med oppsettet i simuleringen for å få et mest mulig realistisk resultat. Det meste av kunnskap om simuleringsmetoder og teknikker er derfor innhentet fra instruksjonsvideoer tilgjengelig fra blant annet Autodesk sin YouTube kanal. Relabiliteten til styrkesimuleringene settes derfor som middels.

3.3 Verktøy og metoder

3.3.1 Programvare

Autodesk Fusion 360

Autodesk Fusion 360 er et tegneprogram for 3D-modellering som integrerer design, ingeniørfag, elektronikk og produksjonsteknologi inn i en og samme programvareplattform.

Dette programmet er brukt for å:

- Modellere alle håndtegnede skisser digitalt
- Skape realistiske renderinger av designet med ønsket material- og overflatekvalitet
- Statiske styrkesimuleringer for å analysere bruddstyrke og deformasjon
- Topologioptimalisering for å gjøre delene lettere og samtidig beholde integriteten til produktet, basert på påførte belastninger og grenseverdier for design.

(Autodesk, u.å.)

PrusaSlicer

PrusaSlicer er Prusa sitt egenproduserte slicer-program som er basert på open-source. Prusa er hovedleverandøren av 3D-printerene som finnes på 3D-printlaboratoriet i Smaragdbygget og er det som er brukt for å 3D-printe. PrusaSlicer benyttes i 3D-utskriftsprosesser innen 3D-printing hvor den konverterer en 3D-objektmodell til en spesifikk instruksjon for hvordan 3D-printere skal bevege seg og printe ut modellen (Prusa, 2020).

TestXpert II

TestXpert II er et program som benyttes sammen med strekktestemaskinen fra ZwickRoell på Advanced and Sustainable Engineering Materials Laboratory i kjelleren i Beryll-bygget på NTNU Campus Gjøvik (Asemlab, u.å.)

Dette programmet er kompatibelt med alle testmaskiner og instrumenter og brukes for å lese av testparametere (Zwick Roell, u.å.) fra gjennomføringen av de ulike testoperasjonene.

NIS-Elements D 3.2

Dette er et program som benyttes for å ta bilder gjennom mikroskopet, via et påmontert Nikon-kamera. Programmet inneholder mange funksjoner, som for eksempel; justering av lysstyrke, hvitbalanse, oppløsning, målestokk for referanse og eksport av bilder i ønsket filformat.

XMind

Dette er et program som er benyttet for å enkelt produsere gode og oversiktlige tankekart.

Infinite painter

Digitalt skisseprogramvare til iPad som er brukt til å produsere digitale skisser av både nye kreasjoner, men også nye iterasjoner av en eksisterende skisse.

3.3.2 Metoder og verktøy

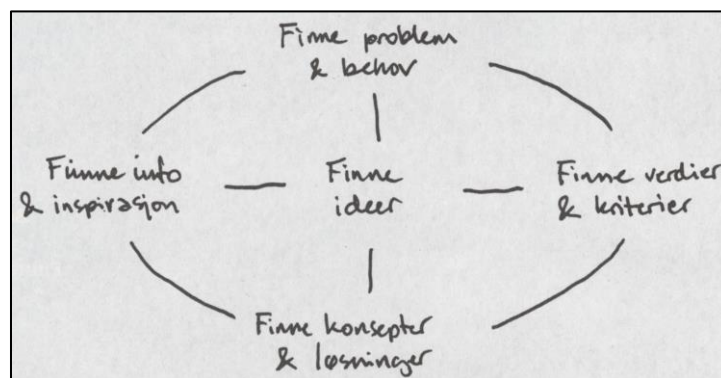
Idéutviklingsmodellen

Lerdahl (2007) presenterer en modell for idéutvikling kalt *Idéutviklingsmodellen*, og består av fem områder som er knyttet sammen. Gjennom modellen tydeliggjøres det at idéutvikling ikke bare handler om å være en kreativ prosess med utvikling av ideer, men også en prosess for å avdekke utfordringer og behov, innhente informasjon og inspirasjon og utvikle rammer for prosjektet.

De fem områdene er:

- 1) finne problem og behov
- 2) finne informasjon og inspirasjonsmateriale
- 3) finne verdier og kriterier
- 4) finne ideer
- 5) finne konsepter og løsninger

Lerdahl tydeliggjør at når man skal arbeide med idéutvikling er man nødt til å berøre alle disse områdene, utforske dem og arbeide kreativt med dem. Finne ideer står plassert i sentrum av modellen, som vist nedenfor. Senere i utviklingsprosessen vil det å finne konsepter og løsninger være i hovedfokus.



Figur 36: Idéutviklingsmodellen (Lerdahl, 2007, s. 56).

Utviklingsprosessen består av to steg som har blitt benyttet, nemlig idéutvikling og konseptutvikling. Innunder hvert steg har man to faser (Lerdahl, 2007, s. 57)

En divergerende fase; der man genererer en mengde forslag og alternativer til løsninger.

En konvergerende fase; der man evaluerer og tar valg for å komme seg videre.

Disse to fasene kommer tydelig frem i arbeidet i utviklingsprosessen, hvor prosessen starter med en åpen idéutvikling og går over til evaluering av ideer; nettopp for å ta valg slik at man kommer seg videre til konseptutvikling. Dette blir en åpen fase hvor man videreutvikler de ideene som er valgt ut, før man går til evaluering av konseptene og tar valg slik at man sitter igjen med et endelig resultat.

Det blir presisert at dette ikke er en metode, men en modell som et hjelpemiddel da det i prosessforløpet må legges vekt på den kreative prosessen ikke er lineær, men en dynamisk

prosess der man veksler mellom å søke og utforske behov og utfordringer, informasjon og inspirasjon, rammer, ideer og løsninger.

De fem områdene blir benyttet på flere steder i utviklingsprosessen, men lenger ned i dette delkapittelet er det gjennomført en kartlegging for å finne problem og behov, og finne informasjon som er viktig for prosjektet. Ettersom prosjektet gjøres for en oppdragsgiver, har kriteriene for prosjektet allerede blitt presentert i innledningen av rapporten. I neste kapittel går man videre til utviklingsprosessen, og der vil det å finne ideer, finne konsepter og løsninger samt vekslingen med den divergerende og konvergerende fasen stå sentralt.

Iterativ metode

Iterativ metode er et begrep for en sirkulær måte å arbeide på. Med det menes en prosess som repeteres ved at en ny prosess bygger på erfaring fra den foregående prosessen og fram til ønsket løsning på problemet. Metoden innebærer mange runder med prototyping og testing, og den åpner for stor grad av prøving og feiling. Ved feiling risikerer man å måtte gå tilbake og gjennomføre nye prosesser. Det kan være tid og kostnadsnivående, men det er gjennom prøving og feiling at nøkkelen til å minimere risiko ligger (Grimsgaard, 2018, s. 346-349).

Iterativ metode står sentralt i tilnærmingen til utvikling av design. Når en idé er skissert og tegnet i CAD blir det satt i gang prototyping med en gang slik at man kan utføre brukertesting for å se om løsningen fungerer, styrkesimuleringer for å se om løsningen oppnår kravet til bruddstyrke, eller om idéen trenger nye iterasjoner før produktet går til neste fase.

Visuelle søketeknikker

Visuelle søketeknikker er en metode for visualisering av tankeganger og løsninger ved hjelp av skisser, tegninger og modeller. Hensikten er en systematisk tilnærming hvor kombinasjon, variasjon eller oppbygging av funksjonselementer, skal føre til løsninger eller løsningsalternativer (Farstad, 2008). Skisseprosessen er tatt utgangspunkt i denne metoden hvor kombinerings, variasjon og oppbygging av funksjonselementer har stått i fokus.

Strukturvariasjoner

Strukturvariasjoner er en av flere metoder innunder visuelle søketeknikker. Metoden går ut på å begynne med et element eller fasong, og bygge videre på dette i flere steg. Det bør ikke

forandres på mer enn ett element om gangen, for å visualisere stegene. Additiv og subtraktiv endring benyttes for å legge til eller trekke fra elementer på grunnformen. Plassering og størrelsesforhold kan endres på for å visualisere ideen til utenforstående personer (Farstad, 2008).

Kvantitativ struktur

Dette er en annen variant av visuelle søketeknikker som i denne bacheloroppgaven har blitt digitalisert. Her har man tatt utgangspunkt i skjermbilde av en ferdig digital modell av en idé eller en geometrisk grunnform. Dette er så satt inn i et tekstdokument som er fylt opp med kopier. Deretter har det blitt skrevet ut på ark og man kan skisse over, gjøre formendringer, variasjoner eller komme på en helt ny idé. Dette kan være endringer som kan ta lengre tid og som kan være vanskelig å visualisere dersom man tegner digitalt, og kan dermed bidra til å skape nye variasjoner som man ønsker å ta med videre. Dette kan fungere som en supplerende teknikk til den iterative metoden.

Datamodell (CAD)

Datamodeller er enkle men verdifulle verktøy for fremstilling av tredimensjonale skisser der man kan teste ut former og funksjoner på en idé, og dermed stimulere til kreativitet (Lerdahl, 2007). Her kan det også benyttes avanserte programmer som muliggjør testing og analyse av produktet i en simulert brukssituasjon, og avdekke styrker og svakheter i en tidlig fase av produktutviklingen (Lerdahl, 2007).

Styrkesimulering

Simuleringer er ikke en erstatning for virkelige tester i for eksempel en strekkmaskin, men går ut på å kjøre tester i et dataprogram mellom iterasjoner for å avgjøre om endringene går riktig vei i forhold til styrken. Det kan endres på materialet og modellen imellom hver simulering for å avdekke svakheter og forskjeller, før det produseres fysiske prototyper.

Rent teknisk stilles det flere krav for at simuleringen skal bli vellykket. Først må et område låses fast, hvis ikke svever modellen rundt i «rommet». Så må forholdene mellom de forskjellige delene settes, som for eksempel om delene er sveist/limt eller om de skal kunne skli eller

separeres fra hverandre under påkjenningen av belastningen som settes. Så settes punktet, verdien og retningen på belastningen, dette er gjerne oppgitt i Newton og akser.

Dersom prosessen fullføres uten feilmeldinger kan flere data som, belastning målt i MPa eller deformasjon målt i mm vises i et fargeplott. Fargeplottet viser forholdet mellom høyest og lavest spenning. Resultatene av simuleringen, hva det betyr og om den er utført riktig må analyseres av mennesket. Datamaskinen gjør bare det den får beskjed om og kan ikke gi et ja/nei-svar på om delen tåler de belastningene den blir utsatt for i brukssituasjonen.

Noen fordeler ved bruk av simulering er at tidsforbruket på prototyping går ned, fordi mye av testingen kan gjøres før kostbare og tidkrevende fysiske modeller produseres. Store simuleringer kan i mange tilfeller kjøres samtidig som andre arbeidsoppgaver gjøres. Simuleringer reduserer også usikkerheten på utvikling og prototyping av nye komponenter.

Topologioptimalisering

Topologioptimalisering går ut på å benytte et simuleringsprogram, gjerne i et CAD-program til å generere det mest optimale designet basert på parametere man legger inn. Oppsettet på optimaliseringen bygger på de samme kravene for oppsett som styrkesimuleringen, men krever i tillegg at et mål om antall prosent bespart materiale settes og at man velger hvilken del av konstruksjonen som skal optimaliseres. Fordelene med topologioptimalisering er blant annet å redusere materialbruk i konstruksjon, redusere fraktvolum/pris og tidsforbruk i CAD.

Prototyping

Prototyping er et viktig visuelt virkemiddel som tar kreativiteten fra tegnebrettet og ut til fysiske objekter. Prototyper deles gjerne opp i flere underkategorier, eksempelvis «rapid prototyping»-modell, funksjonsmodell og endelig modell.

Rapid prototyping

Denne typen kan skrus på eller benyttes for testing, men har gjerne ikke riktig utseende. Det kan derfor være synlig tape, lim eller ledninger som ikke påvirker funksjonen. Modellen mangler kanskje lakk og riktige materialer, og har derfor avvik på vekt og utseende i forhold til sluttproduktet. 3D-printere blir eksempelvis i disse dager benyttet til rapid prototyping, og

dette gir muligheter til å produsere prototyper med stor detaljrikdom. Denne typen modeller kan benyttes for å teste form og funksjonalitet (Grimsgaard, 2018).

Valg av hvilken modell som passer best er situasjonsbestemt og kommer an på hvor langt man er i utviklingsprosessen. Det kan være lurt å avgjøre om formen og ergonomien eller funksjonen skal være styrende for designet dersom det må inngås et kompromiss på for eksempel vekt eller størrelse.

Prosessen baserer seg på «Speed first, aesthetics second» (Gothelf og Seden, 2016, s. 146). Det går ut på å lage mange raske ideer som kan utvikle seg til noe senere. Det innebærer å tegne skisser, bruke whiteboard eller lage røffe prototyper. Senere kan disse poleres og raffineres til gode konsepter og løsninger. Dersom det blir brukt for mye tid på finpolering av noen få ideer i starten uteblir muligens de beste ideene fordi de aldri havner på tegnebrettet. Det er ofte lurt å vise ideene og prototypene til de andre prosjektet, for å få gode innspill.

Alle ideene skal skisses på ark, tegnes og renderes i CAD og 3D-printes i plast for å vise sammenhengen i prosessen.

3D-printing

3D-printing av modeller er en rask og enkel metode for produksjon av prototyper og produkter med avansert geometri. Dette er en foretrukket metode dersom det er snakk om prototyper som skal inneholde en presis funksjon som er vanskelig å fremstille for hånd, eksempelvis ved bruk av modelleringsleire. Denne metoden gir raskere resultater, og langt større formfrihet enn ved konvensjonelle metoder for prototyping. Derimot settes en del krav til forarbeid, etterarbeid, samt kompetanse innen bruk av 3D-modellerings programmer som Autodesk Fusion 360 (Kalpakjian & Schmid, 2014).

Funksjonsmodell

Disse prototypene innehar egenskaper og kvalitetsnivå som gjør at de kan benyttes i brukertester, slik at det kan avdekkes om enheten fungerer slik den er tenkt. Det kan da avdekkes styrker og svakheter både i funksjon, visuell presentasjon og generell brukerrespons (Grimsgaard, 2018).

Endelig modell / Produksjonsmodell

Denne typen kan eksempelvis monteres i den aktuelle applikasjonen for videre testing. Dette må utføres fordi det ikke alltid går an å simulere de påkjenningene og bruken som reelt oppstår i miljøet produktet skal benyttes i. Ofte fungerer noe godt i laboratoriet eller på verkstedsbenken. Denne modellen har som hensikt å vise at løsningen fungerer som den skal (Grimsgaard, 2018).

Bilde-moodboard

Denne metoden går ut på å søke etter og innhente bilder av allerede eksisterende løsninger, sammenstille disse, og benytte de som inspirasjon i ideutviklingsfasen (Grimsgaard, 2018). Dette kan gjøres ved å søke på for eksempel Google bildesøk eller Pinterest. Bildene kan så lagres og settes sammen til en plakat. På Pinterest kan det lages en kolleksjon med egen lenke som kan åpnes og deles. Produsentenes og forhandlerens nettsider kan være gode kilder til slike ideer og bilder.

Konkurrentkartlegging

Konkurrentkartlegging er en metode som bidrar til å gi god oversikt over konkurrenter og hva de leverer av løsninger. Dette kan kombineres med å analysere deres styrker og svakheter på løsninger, som kan bidra til nye ideer til egne løsninger (Lerdahl, 2017, s. 54-55).

Informasjonsinnhenting

Informasjonsinnhenting er det første som gjøres. Dette for å få en oversikt over all informasjon som er relevant å hente inn, og på den måten skaffe innsikt og overblikk til oppgaven. (Lerdahl, 2007, s. 50-51). Dette kan være informasjon som er relevant for utviklingsprosessen, hvor mye av informasjonen som blir hentet inn er en naturlig del av kartleggingen.

Material- og produkttesting

Material- og produkttesting har som hensikt å avdekke tekniske egenskaper i eksisterende løsninger for å danne et grunnlag for utvikling og testing av egne løsninger (Johansen, 2010). Testene som utføres er indirekte knyttet til kravspesifikasjonen, og deles opp i destruktive og

ikke-destruktive tester. Det skal totalt utføres tre forskjellige testmetoder: bruddstyrke, deformasjon og bruddlokasjon og til slutt testing av obstruksjonspunkter.

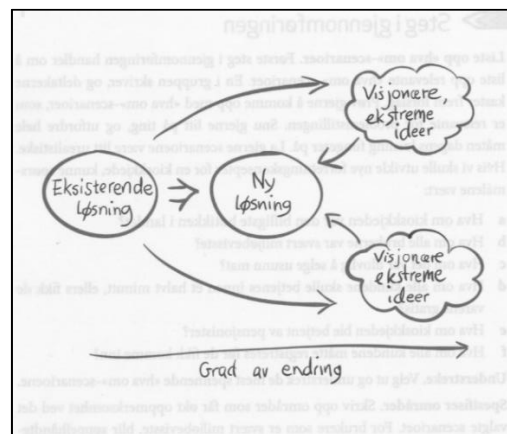
Tankekart

Tankekart er en metode hvor man gjennom et såkalt assosiasjons-tre skriver ned ulike assosiasjoner i forgreninger for å få oversikt over et fagfelt, et problem eller et produkt. Dette kan brukes til å utvikle nytt materiale og avdekke sammenhenger (Lerdahl, 2007). Gjennom bruk av tankekart åpnes muligheten til å se og oppdage koblinger mellom ord og assosiasjoner som er en viktig del i en kreativ prosess. Det er også en fordel å visualisere alle tankene man har i hodet, slik at alle får tilgang til det og kan slå det opp ved behov.

Tenk ut av boksen-metoder

Tenk ut av boksen-metoder er mye brukt i idéutviklingsprosesser da det handler om å være kreativ og finne nye innfallsvinkler. Ideene som ofte utvikles kan oppfattes som urealistiske og absurde, men gjennom bearbeiding så omformes de slik at de svarer bedre på problemstillingen.

Tenk ut av boksen-metoder har bidratt til helt nye kreative løsninger på eksisterende funksjonalitet i den divergerende idéutviklingsprosessen.



Figur 37: Endringsprosessen i tenk ut av boksen-metoder (Lerdahl, 2017).

Storyboard

Storyboard er en grafisk metode som benyttes for å visualisere en fortelling eller en dialog. Brukes ofte for å skissere ut et tenkt scenario eller idékonsept. Eksempelvis kan det brukes til å

visualisere bevegelsesmønstre eller brukersituasjoner, slik som det er brukt her. Her er det benyttet for å visualisere brukerscenario for håndteringen av de ulike løsningene.

Rask idéstilling

Dette er en metode som benyttes for rask nedstilling av ideer. Etter man har utviklet en mengde ideer vil man ofte evaluere hvilke man ønsker å gå videre med. Dette kan, ifølge Lerdahl (2017) være; ideer som man ønsker å ta med videre, ideer som man vil forkaste eller ideer som kan være til inspirasjon for de andre ideene man tar med videre.

Dette er en evalueringsmetode som blir benyttet ved slutten av idéutviklingsprosessen i samarbeid med Non-stop.

Brukerundersøkelse

Det er ønskelig å intervju mennesker som kan gi gode og informative tilbakemeldinger som kan benyttes i prosjektet. Det derfor nødvendig å intervju personer som har god kjennskap til produktkategorien. For å for et godt strategisk utvalg er det nødvendig å inkludere mennesker både med og uten en relasjon til prosjektets oppdragsgiver. Et strategisk utvalg betyr at *«en velger de personene som en tror har noe å fortelle om det fenomenet en vil vite mer om»* (Dalland, s. 56-57). En slik kvalitativ undersøkelse vil kunne avdekke feil og mangler i produktets utforming eller funksjon ved å bedømme testpersonenes subjektive oppfatning om produktet. For å få et produkt med god universell utforming vil brukerundersøkelser være en verdifull ressurs.

Universell utforming

Universell utforming er et tankesett og et ønske om å designe og tilpasse produkter og tjenester slik at flest mulig kan benytte seg av de, og føle seg inkludert om de har funksjonsnedsettelse eller ikke. Det er viktig å inkludere de som skal bruke produktet eller tjenesten under utviklingen og testingen, slik at de får en påvirkningskraft (DOGA, 2018). Universell utforming kan være utforming og tilpasninger som er utført med hensyn på ergonomi, brukervennlighet eller kognitiv forståelse.

Hvilke prinsipper for universell utforming vil være relevant for oppgaven?

Prinsippene for universell utforming er laget for å være til veiledning i designprosessen og har vært en viktig referanse for utforming av universelle løsninger. Disse ble utarbeidet av en tverrfaglig gruppe i USA i 1997 (Bufdir, 2016).

- Prinsipp 1: Like muligheter for bruk.
Det vil si at utformingen skal være brukbar og tilgjengelig for personer med ulike ferdigheter.
- Prinsipp 2: Fleksibel i bruk.
Utformingen skal tjene et vidt spekter av individuelle preferanser og ferdigheter.
- Prinsipp 3: Enkel og intuitiv i bruk.
Utformingen skal være lett å forstå uten hensyn til brukerens erfaring, kunnskap, språkferdigheter eller konsentrasjonsnivå.
- Prinsipp 4: Forståelig informasjon.
Utformingen skal kommunisere nødvendig informasjon til brukeren på en effektiv måte, uavhengig av forhold knyttet til omgivelsene eller brukerens sensoriske ferdigheter.
- Prinsipp 5: Toleranse for feil.
Utformingen skal minimalisere farer og skader som kan gi ugunstige konsekvenser, eller minimalisere utilsiktede handlinger.
- Prinsipp 6: Lav fysisk anstrengelse.
Utformingen skal kunne brukes effektivt og bekvemt med et minimum av besvær.
- Prinsipp 7: Størrelse og plass for tilgang og bruk.
Hensiktsmessig størrelse og plass skal muliggjøre tilgang, rekkevidde, betjening og bruk, uavhengig av brukerens kroppsstørrelse, kroppstilling eller mobilitet.

(Steinfeld og Maisel, 2012; Bufdir, 2016)

Med utgangspunkt i prinsippene for universell utforming vil det være hensiktsmessig å bruke Non-stop sin grafiske profil til å framheve funksjon og brukervennlighet. Dette kan gjøres ved å bruke kontraster på de ulike komponentene og på den måten fremheve funksjonen i interaksjonen mellom bruker og produktet. Kontrastene bør være store nok til at interaksjonspunkter blir synlige for de med nedsatt syn. Det kan også være hensiktsmessig å bruke tegnsetting for å vise funksjon ytterligere dersom interaksjonen innebærer en mer skjult mekanisme eller funksjon som ikke fremkommer tydelig på annen måte.

Det vil være ønskelig å tenke på ergonomien på det ferdig utviklede produktet. Dette er viktig da interaksjonen med bruker foregår med hendene og da vil best mulig tilpasning være av interesse. Interaksjonspunktene skal også være behagelige å trykke, klemme, dra på og løfte, og burde da utformes med hensyn til de med nedsatt styrke, fingerferdigheter eller andre fysiske utfordringer.

Mennesker har forskjellige størrelser på hendene og da vil utformingen av låseanordningen ha mye å si slik at den kan benyttes av de med både små og store hender. Når det kommer til brukervennlighet, er det viktig å tenke på brukere med ulik teknisk kompetanse og fysiske variasjoner. Løsningen bør derfor være så enkel i bruk at det ikke er behov for å undersøke låsemekanismen nøye før den benyttes første gang. Det må være tydelig om låsemekanismen er lukket/låst eller ikke.

3.4 Kartlegging

I dette delkapitlet skal det gjennomføres en kartlegging. Dette gjøres for å få en oversikt over den informasjonen som er nødvendig for å etablere et godt nok overblikk på oppgaven og den utviklingsprosessen som skal gjøres. Kartleggingen skal identifisere konkurrenter, analysere eksisterende løsninger fra oppdragsgiver og innhente annen relevant informasjon for prosjektet (Lerdahl, 2017).

3.4.1 Informasjonsinnhenting

For å komme dypt i utviklingsarbeidet er det vesentlig å grave bredt og innhente informasjon som kan være vesentlig for hele utviklingsprosessen. Dette kan være;

For den kartleggingsprosessen som blir beskrevet senere i dette kapitlet, har det vært viktig å innhente informasjon på følgende områder; materialeegenskaper, størrelse og vekt, funksjonalitet, dagens løsninger og utfordringer, tidligere løsning og utfordringer, konkurrenter og deres løsninger, behovet til bruker og føringer for design (hvordan produksjonsmetoder kan påvirke design og funksjon, hvordan funksjon kan påvirke design).

For utviklingsprosessen som gjennomføres er det vesentlig å innhente og gjennomføre informasjonsinnhenting rundt: aktuelle produksjons- og materialteknologier, tilbakemeldinger fra oppdragsgiver, mulige forbedringsområder, informasjon på material- og produkttesting.

Det er viktig å tenke igjennom hva som er relevant informasjon. Hva slags føringer eller muligheter gir dette? Hvordan åpner eller låser det idéutviklingsprosessen? Hvordan virker dette inn på de løsningsforslag som det arbeides med? Og hva slags nye ideer kan denne informasjonen vekke? En del informasjon er viktig for å sikre at oppgaven forstås og kan komme med nyttige løsninger. Eller det kan være informasjon som kan inspirere til nytenkning og innovasjon.

3.4.2 Eksisterende løsninger

Kartlegging og beskrivelse av eksisterende løsninger gjøres ved å ta bilde, skrive ned egenskaper og hva som tidligere har vært problemet ved oppdragsgivers egne produkter. De eksisterende løsningene i oppdragsgivers produktsortiment er produsert av kaldflytpresset aluminium med eloksert overflate, og har materialkvalitet/legering 7075. Hvordan produksjonsmetoden foregår for slike karabinkroker er kartlagt i delkapittel 2.2.1.

Innfestingspunkter på seletøy og halsbånd til hund

På hundeselene og halsbåndene som er på markedet i dag er det i hovedsak benyttet to typer innfestinger, O-ring og D-Ring.

Disse kommer i flere ulike størrelser, men felles for de som leveres av Non-stop, er en godstykkelse på 4 millimeter. Oppdragsgiver opplyser at de fleste leverandører forholder seg til lik dimensjonering i sine produkter (personlig kommunikasjon: Sebastian Plur Nilssen, 26.01.21, statusmøte) Denne oppgaven tar forbehold om at produktet som skal designes må kunne brukes på tilsvarende innfestingspunkter med godstykkelse inntil 6 millimeter.



Figur 38: CAD Render av O-ring og D-ring. Laget av Lars Erik Vågen.

Polar collar

Dette er et tradisjonelt bånd som festes rundt halsen til hunden. Innfestingen mot kobbelt gjøres via o-ringen. Båndet har lengdejustering som gjør at det kan tilpasses forskjellige hunder. Det er også innsydd refleks for bedre sikkerhet og synlighet.



Figur 39: Polar collar (Non-stop Dogwear, u.å.-b).

Leiebånd

Dagens løsninger er tilpasset enten flat webbing på inntil 24 millimeter eller sirkulært tau på inntil 10 millimeter i diameter. Denne oppgaven tar derfor forbehold om at nye løsninger må kunne benyttes på det samme tauet, og den samme webbingen som ved tidligere produkter i Non-stop sitt produktsortiment.

Bungee leash

Dette båndet er et fleksibelt leiebånd som absorberer rykk og napp. I enden er en karabinkrok med vridlås og svivelbøyle påsydd. Den kommer i to ulike lengder, en på 2 meter og en på 2.8 meter. På grunn av de fjærende egenskapene fungerer dette leiebåndet fint sammen med sykkel og ski. Håndtaket er ikke justerbart.



Figur 40: Bungee leash (Non-stop Dogwear, u.å.-c).

Touring bungee adjustable

Dette leiebåndet er likt bungee leash, men har i tillegg justering på håndtaket slik at det kan festes rundt livet på hundefører eller i hånden. Båndet har refleks som gir økt synlighet og sikkerhet.



Figur 41: Touring bungee adjustable (Non-stop Dogwear, u.å.-d).

Strong leash

Dette leiebåndet er ikke fleksibelt og tåler derfor høyere belastning enn de med strikk, men det kan være ubehagelig med en urolig hund. Kobbelet har en stripe med refleks som gir økt synlighet og sikkerhet. Håndtaket er ikke justerbart.



Figur 42: Strong leash (Non-stop Dogwear, u.å.-e).

Hundeseler

Non-Stop har flere forskjellige typer hundeseler; som også har forskjellige innfestingsløsninger.

Freemotion harness

Denne selen er laget for hunder som skal trekke. Fasongen på selen er utformet for å gi hunden frie luftveier og unngå gnaging mellom selen og kroppen. Innfestingsmetoden er bruk av line. Refleks på selen sørger for bedre synlighet og sikkerhet.



Figur 43: Freemotion harness (Non-stop Dogwear, u.å.-f).

Line harness

Denne selen har innfesting via D-ring på ryggen og en løkke under magen for sporline. Den er egnet for hverdagsaktiviteter, jakt, spor og tur. Spennene på ryggen gjør at selen enkelt kan tas av etter førstegangstilpasning. Refleksstriper på selen sørger for bedre synlighet og sikkerhet.



Figur 44: Line Harness (Non-stop Dogwear, u.å.-g).

Belter

Non-stop har flere ulike belter i sitt produktsortiment. Her kommer de mest aktuelle for innfesting.

Canix belt

Dette beltet er laget for løping og er designet for å skåne ryggen og opprettholde god løpeteknikk. En karabinkrok uten svivelbøyle er montert for å feste til hundens line. Refleks på selen sørger for bedre synlighet og sikkerhet.



Figur 45: Canix belt (Non-stop Dogwear, u.å.-h).

Løype belt

Dette er et skibelte som er utviklet for å skåne ryggen ved å legge belastningen til hoftene når hunden trekker. Linen til hunden festes i en panikk-krok i front som muliggjør hurtig avkobling ved fall eller ulykker. Beltet har lommer og løkker for oppbevaring og refleks som sørger for bedre synlighet og sikkerhet.



Figur 46: Løype belt (Non-stop Dogwear, u.å.-i).

Ferd belt

Beltet er beregnet for friluftsmennesker med hund som ønsker noe mer enn et magebelte. En D-ring på siden muliggjør påkobling av for eksempel pulk. En karabinkrok uten svivelbøyle brukes for festing av hundens line, denne kan byttes ut med panikk-krok.



Figur 47: Ferd belt (Non-stop Dogwear, u.å.-j).

Eksisterende låseanordninger

Enkelte av produktene er utstyrt med en port uten lås, og de som har port med lås benytter en «vrid-lås» der låsehylsen må vrides 90 grader for å låse opp porten. Svivelen i toppen av kroken er i samme materiale som kroken, mens forbindelsen mellom krok og svivelbøyle er en bolt av en ukjent umagnetisk stållegering. På de påfølgende sidene blir tre eksisterende løsninger presentert og grundig kartlagt, men det er også tatt med tre løsninger som oppdragsgiver tidligere har hatt i sortimentet.

Eksisterende løsning #1

- Vekt: 24g.
- Lengde: 87mm.
- Bredde: 39mm.
- Mekanisme: Vridelås, og fjærbelastet port.
- Materiale: Aluminium 7075.
- Overflate: Eloksert sølv og oransje.



Figur 48: Eksisterende løsning #1. Bilde tatt av Lars Erik Vågen.

Informasjon fra oppdragsgiver: Har dobbel lås, men kan være vanskelig å åpne, og kan fryse fast i porten. Låsen kan bli slarkete. For stor for de små hundene.

Eksisterende løsning #2

- Vekt: 10g.
- Lengde: 57,5 mm.
- Bredde: 35 mm.
- Mekanisme: Skrulås, fjærbelastet port.
- Materiale: Aluminium av ukjent legering.
- Overflate: Eloksert svart og oransje.



Figur 49: Eksisterende løsning #2. Bilde tatt av Lars Erik Vågen.

Informasjon fra oppdragsgiver: Har dobbel lås, men det kan ta tid å skru på låsen og kan ikke kobles ut i fart. Gjengene i porten kan også fryse fast. Mangler svivelbøyle og kan derfor kun brukes på belte.

Eksisterende løsning #3

- Vekt: 10g/12g (smal/bred svivelbøyle).
- Lengde: 76 mm/71 mm (smal/bred svivelbøyle).
- Bredde: 28,5 mm.
- Mekanisme: Fjærbelastet port, uten lås.
- Materiale: Aluminium av ukjent legering.
- Overflate: Eloksert svart.

Informasjon fra oppdragsgiver: Karabinkroken er lett å koble på, men porten kan åpnes dersom båndet/ringen på selen hekter seg rundt porten. Kroken kan også klype pelsen.



Figur 50: Eksisterende løsning #3. Bilde tatt av Lars Erik Vågen.

Eksisterende løsning #4

Dette er en Quick release snap hook / panikkrok som Non-stop benytter i dag på produktet sitt «Løype belt». Dette er en krok som oppdragsgiver grunnet lagerstatus og forsinket leveranse ikke har hatt tilgang på, dermed er det ikke mulig å få målt dimensjoner og vekt.



Figur 51: Quick release snap hook (Non-stop Dogwear, u.å.-k).

Eksisterende løsning #5

Dette er den klassiske «P-kroken» eller «Pistol-kroken» som brukes av mange leverandører på markedet. Denne er montert på leiebåndet «Strong leash». Ulempen med produktet er at det ikke tåler stor belastning og at den kan hekte seg fast og gjøre skade på hund. Denne er det heller ikke tilgang til grunnet lagerstatus hos oppdragsgiver, og er derfor ikke mulig å ta mål og veie produktet.



Figur 52: P-krok tilkoblet leiebånd (Non-stop Dogwear, u.å.-e).

3.4.3 Tidligere løsninger

Tidligere løsning #1

- Vekt: 24g.
- Lengde: 81 mm.
- Bredde: 47,5 mm.
- Mekanisme: Skrulås, fjærbelastet port.
- Materiale: Aluminium av ukjent legering.
- Overflate: Eloksert svart og oransje.

Informasjon fra oppdragsgiver: Har dobbel lås, men det kan ta tid å skru på låsen og den kan ikke kobles ut i fart.

Gjengene i porten kan også fryse fast. Mangler svivelbøyle og kan derfor kun brukes på belte.



Figur 53: Tidligere løsning #1.
Bilde tatt av Lars Erik Vågen.

Tidligere løsning #2

- Vekt: 22g.
- Lengde: 85,5 mm.
- Bredde: 39,5 mm.
- Mekanisme: Vridelås, og fjærbelastet port.
- Materiale: Aluminium 7075.
- Overflate: Eloksert svart.

Informasjon fra oppdragsgiver: Har dobbel lås, men kan være vanskelig å åpne, og kan fryse fast i porten. Låsen kan bli slarkete.



Figur 54: Tidligere løsning #2.
Bilde tatt av Lars Erik Vågen.

Tidligere løsning #3

- Vekt: 12g.
- Lengde: 77 mm.
- Bredde: 31,5mm.
- Mekanisme: Skrulås, fjærbelastet port.
- Materiale: Aluminium 7075.
- Overflate: Eloksert svart og oransje.



Figur 55: Tidligere løsning #3. Bilde tatt av Lars Erik Vågen.

Informasjon fra oppdragsgiver: Låsingen på porten er meget sikker, og den er grei å forholde seg til på større karabinkroker, men tar tid å åpne og gjengene kan fryse. På mindre karabinkroker er de til dels umulig å forholde seg til da det blir vanskelig å få grep på låsemutteren på gaten.

3.4.4 Konkurrentkartlegging

Kartlegging av de bedrifter som oppdragsgiver oppgir å være deres kjente konkurrenter, og de løsninger disse konkurrentene har i markedssegmentet. Kan også kjøre undersøkelser for å finne frem til konkurrenter opererer i samme markedssegment, men som oppdragsgiver ikke ser på som en direkte konkurrent (Lerdahl, 2017).

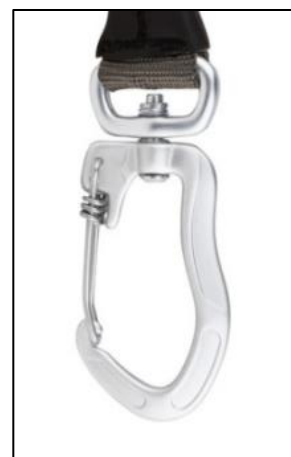
Det finnes forskjellige typer konkurrenter og hva er det de konkurrer om? Hvilken type produkt?

Ser man på karabinkrok med hurtigfeste er det få konkurrenter på markedet innen hundesport. Non-stop får produsert egen løsning på sine karabinkroker, hvor andre leverandører har en «standard» løsning (som for eksempel krok fra BGB). Non-stop har derimot mange konkurrenter når det kommer til hundeutstyr.

Bedriftene innen oppdragsgivers markedssegment som blir ansett som deres direkte konkurrenter er Dog Copenhagen, Hurttta, og Ruffwear. Derimot er det ingen av konkurrentene som leverer innfestingsprodukter som oppfyller kravene som Non-stop stiller til produktet som utvikles i denne bachelor-oppgaven (personlig kommunikasjon: Sebastian Plur Nilssen, 03.02.21, statusmøte). Produktet kan derfor bli ansett som en nyvinning dersom det tilfredsstillende kravene i kravspesifikasjonen.

Dog Copenhagen

Dette er en mindre aktør som selger kun sele, ledeline og halsbånd til hund. Selen de selger er kun en enkel tursele, og kan dermed ikke sammenlignes med de selene som benyttes i slede og linekjøring. Hvorvidt de da kan bli sett på som en direkte konkurrent er derfor tvilsomt, ettersom de har et begrenset produktutvalg, og fokuserer på produkter som ikke benyttes til hundesport. Produktene de fører har også nesten utelukkende karabinkroker uten sikring mot utilsiktet åpning.



Figur 56: Festeordning fra leverandøren Dog Copenhagen (u.å.).

Ruffwear

Ruffwear er en komplett leverandør av utstyr til hund og hundeeier og er derfor den sterkeste av konkurrentene til Non-stop. Ruffwear profilerer seg som en leverandør av utstyr til fritid og hundesport.



Figur 57: Karabinkrok med skrulås fra Ruffwear (Ruffwear, u.å.-a).



Figur 58: Karabinkrok fra Ruffwear (Ruffwear, u.å.-b).



Figur 59: Klype fra Ruffwear (Ruffwear, u.å.-c).

Denne leverandøren har et stort utvalg produkter, hvor man for eksempel finner: en sakseklype, karabinkrok uten låsing i låseporten og en karabinkrok med vridelås på låseporten. Det finnes derimot ingen svivelfunksjonalitet på karabinkrok med vridelås på låseporten, og den tilfredsstillende dermed ikke kravene Non-stop setter til sine egne produkter.

Hurtta

Hurtta leverer seler, ledelinjer, halsbånd, en sportssele som er tiltenkt trekking, varmejakker og regnjakker til hund, samt belte til hundeeier. Dette setter Hurtta i en sterkere posisjon som konkurrent til Non-stop, men de profilerer seg utelukkende som en leverandør av fritidsutstyr til hund.



Figur 60: P-krok fra Hurtta (Hurtt, u.å.-a).



Figur 61: Karabinkrok fra Hurtta (Hurtt, u.å.-b).

På lik linje med Dog Copenhagen har også Hurtta utelukkende produkter utstyrt med kroker uten sikring mot utilsiktet åpning, og kan derfor ikke benyttes til hundesport. Hurtta fremstår derimot som en langt mer komplett leverandør av utstyr til hund og eier.

BGB-Kroken

- Vekt: 24g.
- Lengde: 68,5 mm.
- Bredde: 23 mm.
- Mekanisme: Fjærbelastet port, uten lås.
- Materiale: Magnetisk stål med ukjent legering.
- Overflate: Galvanisert.



Figur 62: Stålkrok fra leverandøren BGB i Sverige. Bilde tatt av Lars Erik Vågen.

Informasjon fra oppdragsgiver: Fullt navn BGB No 1 (BGB, u.å.), ikke produsert av eller for Non-stop, men produsert av BGB Orsa Sverige. Ekstern leverandør, men har vært en «standard»-krok innen hundeutstyr hos de fleste leverandører i flere år. Kroken har ingen sikring mot utilsiktet åpning og kan hekte seg fast i pels/hud eller hudfolder på hunden, og har derfor potensiale til å påføre skade.

Fordelen med dette produktet er at det kan stanses ut av platestål, og dette kan gi relativt lav produksjonskostnad sammenlignet med mer avanserte metoder. Porten er solid, men kan være hard og vanskelig å presse ned.

3.4.5 Material- og produkttesting

Material- og produkttesting har som hensikt å avdekke tekniske egenskaper i eksisterende løsninger for å danne et grunnlag for utvikling og testing av egne løsninger (Johansen, 2010). Testene som utføres er indirekte knyttet til kravspesifikasjonen, og deles opp i destruktive og ikke-destruktive tester. Det skal totalt utføres tre forskjellige testmetoder: bruddstyrke,

deformasjon og bruddlokasjon og til slutt testing av obstruksjonspunkter. En beskrivelse på hva, hvorfor og hvordan disse testene skal utføres blir presentert på de påfølgende sidene.

Testmetode 1: Obstruksjonspunkter (Ikke-destruktiv testmetode)

Hva skal testes? Skal teste fastfrysing av komponenter på de eksisterende løsningene.

Hvorfor skal det testes? Ved kaldere klima er det meldt om utfordringer med fastfrosne komponenter. Det er uklart hvorvidt det er låsingen på porten, selve porten, eller svivelen som fryser. Det er derfor ønskelig å se på hvor disse obstruksjonene oppstår og hva som er årsakene til at de oppstår. For å få gode kvantitative data er det nødvendig å utvikle standardiserte testparametere for å bidra til etterprøvnbarhet av resultatene fra testene.

Hvordan skal det testes? Eksisterende løsninger skal kjøles ned, påføres vann og fryses før funksjonaliteten testes, dette for å avdekke hvordan kulde og frost påvirker funksjonaliteten.

Testmetode 2: Bruddstyrke (Destruktiv testmetode)

Hva skal testes? Det som skal testes er 6 enheter fra 4 forskjellige løsninger.

Hvorfor skal det testes? Oppdragsgiver har fremstilt krav om bruddstyrke på henholdsvis 190 kg og 250 kg. Det har også kommet frem i samtaler med oppdragsgiver at eksisterende produkter kun har blitt testet ved å benytte enkle midler og visuell observasjon i oppdragsgivers eget verksted. Dokumenterte test-data for de eksisterende løsningene er derfor ikke tilgjengelig. Oppdragsgiver har også vist interesse for å få test-data som viser produktenes flytegrense, slik at det kan dokumenteres ovenfor kunder hvor mye produktet kan belastes før deformasjon oppstår.

Hvordan skal det testes? De forskjellige eksisterende løsningene skal testes ved hjelp av strekktesting. Disse 6 enhetene skal testes etter å ha vært oppbevart i romtemperatur.

Testmetode 3: Deformasjon og bruddlokasjon (Destruktiv testmetode)

Hva skal testes? Bygger på strekktesting. Det skal dokumenteres hvor på de eksisterende løsningene deformasjon og brudd oppstår.

Hvorfor skal det testes? Det er ønskelig å dokumentere hvor i produktene deformasjon og brudd oppstår. Dette for å kunne benytte informasjonen opp mot design-endringer i produktet, og avdekke hvilke endringer som må utføres for å oppnå ønsket resultat.

Hvordan skal det testes? Testes ved å observere resultatet fra strekktestingen som er gjennomført og kontinuerlig observasjon under strekktesting som blir tatt opp med video. Deformasjon og brudd blir kartlagt gjennom fotografering, analyse i mikroskop og evaluering mot referansepunkt opp mot hypotese.

Test 1: Testing av obstruksjonspunkter

Hypotese

Forut for testen fremlegges følgende hypotese for resultatene av testen.

1. Ingen av testobjektene kommer til å få utfordringer med fastfrysing i svivelbøylen.
2. Skrulåsen og vridelås kommer til å fryse fast ved obstruksjonstest 1 og 2.
3. BGB og vaierport kommer ikke til å få noe motstand på obstruksjonstest 1 og 2.

Tabell 6:
Data fra obstruksjonspunkter.

Navn:	Data:
Dato	05.03.21
Sted	Raufoss
Deltagere	Martin Amlie Lars Erik Vågen Werner Evensen Idsø
Temperatur i fryser	-20 °C
Temperatur i testlokale	+23,5 °C
Tid i fryser for nedfrysing av karabinkroker	24 timer
Temperatur på vann	+6 °C
Tid i vann	Dyppes, inntil 1 sekund oppholdstid
Tid i fryser for gjenfrysing	12 timer
Antall testobjekter per variant	7

Testprosedyre

1. Temperatur i fryserenhet måles og dokumenteres.
2. Testobjekt sjekkes visuelt for fukt. Ingen synlig fukt skal være til stede.
3. Testobjekt legges i egnet beholder der ingen av enhetene overlapper. Denne beholderen settes så inn i fryserenhet og beholdes der i 24 timer for å sikre homogen temperatur på testobjektet.
4. Testobjekt tas ut av fryserenhet og utsettes for obstruksjonstest 1.
5. Testobjekt dyppes i vann, plasseres tilbake i beholderen og legges tilbake i fryserenhet for gjenfrysing i 12 timer.
6. Testobjekt tas ut av fryserenhet og utsettes for obstruksjonstest 2.

Det vil gjennomføres to forskjellige obstruksjonstester, i henhold til hypotesen som er fremlagt og testprosedyren. Disse to obstruksjonstestene er som følger:

Obstruksjonstest 1 er gjennomføring av testinstruksjon i nedkjølt tilstand, uten påført fukt, i henhold til punkt 1 til 4 i testprosedyre.

Obstruksjonstest 2 er gjennomføring av testinstruksjon i nedkjølt tilstand, med påført fukt, i henhold til punkt 1 til 6 i testprosedyre.

Testinstruks for obstruksjonstest:

1. Svivelbøylen utsettes for rotasjonsbelastning.
2. Låsemekanismen utsettes for belastning mot arbeidsretning (gjelder kun for skrulås og vridelås).
3. Låseport utsettes for belastning mot arbeidsretning.

Belastning påføres med håndkraft og resultatet bedømmes etter opplevd motstand i forhold til referanseobjekt. Dersom motstanden oppleves som lav eller ingen ulikhet, settes resultatet til «Ingen motstand». Dersom motstanden oppleves som noe høyere enn referanseobjekt, settes resultatet til «Litt motstand». Dersom motstanden oppleves som langt høyere enn referanseobjektet, settes resultatet til «Høy motstand».

Testresultater

Resultatet fra obstruksjonstest 1: ingen av testobjektene viste noe tegn til obstruksjon, hverken i svivelbøylen, låsemekanisme eller låseport.

Resultatet fra obstruksjonstest 2:

Tabell 7:
Testresultater som viser prosentvis fordeling fra obstruksjonstest 2.

Del	Grad av obstruksjon	BGB Stålkrok	Vaierport	Skrulås	Vridelås
Låseport	Ingen motstand	-	-	100%	-
	Litt motstand	-	100%	-	-
	Høy motstand	100%	-	-	100%
Låsemekanisme	Ingen motstand	-	-	-	-
	Litt motstand	-	-	57,1%	-
	Høy motstand	-	-	42,9%	100%
Svivelbøyle	Ingen motstand	-	-	-	-
	Litt motstand	100%	71,4%	-	100%
	Høy motstand	-	28,6%	-	-

BGB stålkrok: for alle 7 testobjekter var det høy motstand på låseport. For svivelmekanisme var det litt motstand på alle enheter.

Vaierport: det var litt motstand i låseporten på de 7 testobjektene. På svivelmekanismen var det litt motstand på 5 enheter (71,4%) og høy motstand på 2 enheter (28,6%).

Skrulås: det var ingen motstand i låseporten på noen av de 7 testobjektene. På låsemekanismen var det litt motstand på 4 enheter (57,1%) og høy motstand på 3 enheter (42,9%).

Vridelås: det var høy motstand på låseporten på de 7 testobjektene. På alle 7 testenhetene var det høy motstand på låsemekanismen. På svivelmekanismen var det litt motstand på alle testenheter.



Figur 63: BGB stålkrok i fryst tilstand. Bilde tatt av Lars Erik Vågen.



Figur 64: BGB stålkrok i fryst tilstand. Bilde tatt av Lars Erik Vågen.

Løsningen fra BGB var godt fastfrost i porten og det måtte mye kraft til for å åpne den. Årsaken var fordi hulrommet mellom hovedkroppen og låseporten var pakket med kompakt is, og dette måtte løsnes eller komprimeres før låseporten kunne åpnes. På svivelen var det litt motstand, men det var mye lettere å få denne løs.



Figur 65: Vaierport i fryst tilstand. Bilde tatt av Lars Erik Vågen.



Figur 66: Vaierport i fryst tilstand. Bilde tatt av Lars Erik Vågen.

Løsningen med vaierport hadde litt motstand på låseporten, men åpnet seg med litt kraft. Årsaken til motstanden er trolig lav toleranse der vaieren er stuket i innfestingen. Toleransen på låseporten kan økes, men det kan resultere i en mer slarket mekanisme. På svivelen var det litt motstand, men det var mye lettere å få denne løsnet.



Figur 67: Skrulås i fryst tilstand. Bilde tatt av Lars Erik Vågen.



Figur 68: Skrulås i fryst tilstand. Bilde tatt av Lars Erik Vågen.

Løsningen med skrulås fryser fast i låsemekanismen på grunn av vanninntrengning mellom gjengene i skruen. Gjengene løsnet etter litt, til mye kraft, men det er vanskelig å tilføre mye skrukraft grunnet liten diameter på hylsen. Det er også høy sannsynlighet for at forfrysningen i gjengene avtok grunnet varme tilført fra hendene til testpersonen, da materialet her har veldig tynn vegtykkelse. Denne karabinkroken har ikke svivelbøyle.



Figur 69: Vridelås i fryst tilstand. Bilde tatt av Lars Erik Vågen.



Figur 70: Vridelås i fryst tilstand. Bilde tatt av Lars Erik Vågen.

Løsningen med vridelås fryser helt fast ved vanninntrengning mellom lås og port. Etter en del prøving lot denne seg åpne, men det er trolig på grunn av temperaturøkningen i enheten som lufttemperaturen og fingrene skaper. Dette resulterer i at obstruksjonene smelter og forsvinner.

Konklusjon på hypotese

1. Ingen av testobjektene kommer til å få utfordringer med svivelbøylen; dette var feil, da alle sivilene enten hadde litt eller høy motstand på svivelfunksjonen i obstruksjonstest 2.
2. Skrulåsen og vridelåsen kommer til å fryse fast ved obstruksjonstest 1 og 2; dette stemmer delvis med resultatene, da de testede skrue- og vridelåsene enten hadde litt eller høy motstand ved obstruksjonstest 2. For obstruksjonstest 1 var det ingen av testobjektene som viste noen tegn på obstruksjon.
3. BGB og vaierport kommer ikke til å få litt eller høy motstand på obstruksjonstest 1 og 2; dette var feil da begge hadde utfordringer med litt og høy motstand på både låseport og svivelbøyle ved obstruksjonstest 2. For obstruksjonstest #1 var det ingen av testobjektene som viste noe tegn på obstruksjon.

Konklusjon av testen viser at temperatur i seg selv ikke har stor påvirkning på funksjonalitet, men at problemene oppstår først ved isdannelse når fukt blir introdusert. De løsningene som har små toleranser mellom komponenter, med unntak av vaierporten, har større utfordringer med fastfrysing enn de som har store toleranser. Momentarmen avgjør hvor lett det er å bryte opp den

fastfrosne mekanismen. Oppbygging av is i arbeidsområdet til porten kan forhindre portens funksjon, og man må fjerne eller knuse isen for å gjenoppnå funksjonen. Dette blir derfor et designproblem like mye som et material- eller klaringsproblem.

Hvordan resultatet påvirker løsningen som utvikles

Det bør i designfasen bli tatt hensyn til mulig isdannelse i og rundt port og låseport. Det kan også bli sett på som en fordel at komponentene benytter materialer med høy varmeledningsevne, da obstruksjoner som oppstår i form av snø og is vil smelte raskt når komponentene håndteres.

Forslag til forbedring

Utføre testprosedyre under kalde omgivelser, og med egnede monteringshansker med termisk isolerende egenskaper. Dette for at varmen fra omgivelser og hender ikke skal forplante seg inn i testobjektet og smelte isen på de forskjellige låsemekanismene. Det hadde også kunne bedret resultatets etterprøvbarehet dersom testobjektene ikke hadde ligget samlet i bunn av beholderen, men heller blitt oppbevart hengende i fryseren. Dette kunne bidra til at graden av isdannelse hadde blitt mere lik en reell brukssituasjon.

Test 2: Bruddstyrke

For testing av bruddstyrke på eksisterende produkter skal det brukes strekktesting, hvilket er en destruktiv testmetode. Ved strekkprøving blir normalt produktet spent fast i en prøvebenk og forsøket registrerer flytegrense, strekkfasthet og bruddforlengelse (Almar-Næss, 2021; Johansen, 2010). Testen som skal utføres her er derimot begrenset til å kun ta hensyn til produktets bruddstyrke, da dette er det eneste som oppdragsgiver har fastsatt i kravspesifikasjonen.

Gjennom testingen overvåkes samtidig deformasjonsforløpet, og resultatene presenteres grafisk fremstilt. Hver enkelt enhet som testes kan inneha defekter som påvirker resultatet av testen. Det vil derfor kjøres tester på flere identiske enheter, hvorpå statistisk gjennomsnitt og standardavvik fra disse testene vil benyttes som sluttresultat.

Testoppsett

Tabell 8:
Testoppsett for test 2: bruddstyrke.

Maskinnavn	Zwick 100 kN
Maksimum belastning	100 kN
Maksimum strekk lengde	Ca. 1000 mm
Oppløsning lastcelle	1 N
Strekkhastighet	150 N/sek
Forspenning per test	100N
Programvare på PC	TestXpert II
Diameter på låsepinner på braketter i strekkmaskin	20 mm og 38,8 mm
Diameter på låsepinne i sjakkkel	32 mm
Mål på blå stropp	B: 25,7 mm, T:1,6 mm
Mål på svart stropp	B: 42 mm, T:1,7 mm

For å teste stropp, søm og testoppsettet ble det foretatt en strekktest av stroppene den 16.02.21 med veiledning fra avdelingsingeniør Kenneth Kalvåg. I utgangspunktet skulle sjakkelen festes direkte på den øvre braketten i maskinen, men det ble for trangt å tre den inn. Derfor ble den blå stroppen lagt firedobbelt for å øke den teoretiske styrken fra 500 kilo til 2 tonn. Den svarte stroppen som egentlig er et kevlar-trekk til hydraulikkslanger skulle testes i dette forsøket, da den innehar ukjent styrke. På 23190 N (vedlegg A) ryker den blå stoppen av, mens den svarte fortsatt er intakt, uten tegn til deformasjon eller skade. Noe av grunnen til bruddet kan være en skarp radius i anleggsflaten på den øvre låsepinnen der den blå stroppen var innfestet. Selv om dette ikke var det planlagte utfallet er dette et godt resultat, da det blir bekreftet at den svarte stroppen tåler langt mer enn oppgitt bruddstyrke på karabinkrokene.

Kalibrering

Strekktestemaskinen er ikke kalibrert ved utførelse av strekktesting. Dette er kommunisert med ansvarlig på lab og har vært ønskelig å få til, men dessverre ikke mulig grunnet covid-19 situasjonen og karantenetid. Det at strekktestemaskinen ikke er kalibrert vil si at 1 Newton ikke nødvendigvis er 1 Newton i virkeligheten. Dette påvirker resultatene i den grad at de ikke kan brukes som et nøyaktig sammenligningsgrunnlag mot produsent, mot andre tester av samme eller konkurrerende produkter, eller som verifisering av styrkekrav som skal imøtekomme krav i en standard.

Ifølge rapport fra siste kalibrering er det oppgitt et avvik (relative display deviation) på -0.08% ved 100kN og -0,44% ved 500N (vedlegg A). Dette trenger derimot ikke å påvirke sammenligningen mellom to eller flere produkter innad i dette prosjektet, da avviket mellom dem blir likt. Det lar seg derfor ikke verifisere gjennom testing om produktene som produseres i dag faktisk imøtekommer de styrkekrav som er oppgitt.

Hypotese

For testing av bruddstyrke og flytegrense har det blitt satt opp en hypotese på hver variant som testes. Dette er bruddstyrken hvor det estimeres at det går til brudd.

- Vridelås: Ingen oppgitt bruddstyrke. Sterk konstruksjon og god overlapp på innfesting av låseport. Forventes å ha bruddstyrke på over 450 kg.
- Skrulås: Forventes å oppfylle det oppgitte styrkekravet på 4 kN (400 kg) som er angitt av merkingen på produktet.
- Vaierport: Veldig liten og tynn konstruksjon. Wiregate med mothold som ikke sitter så godt. Forventes å ha bruddstyrke på over 250 kg.
- BGB Stålkrok: Forventes å tåle mest da den er laget i stål og har bred konstruksjon. Spørsmålet er hvor sterk sveisingen på innfesting av svivelbøylen er. Forventes bruddstyrke på 250 kg, da dette er kravet som oppgitt fra oppdragsgiver i kravspesifikasjon for denne oppgaven.

Overordnet testprosedyre

1. Øvre del av karabinkrok innfestet mot strekkmaskin med 20mm båndstropp klasset til 2 tonn.
2. Nedre del av karabinkrok innfestet mot strekkmaskin med 40x5 millimeter ring av rustfritt stål, hentet fra Non-stop sitt produkt «Polar Collar» som vist i figur 39.
3. Manuell oppstramming av forspenning på testoppsett settes til 100 Newton.
4. Testhastighet satt til 150 Newton pr. sekund.

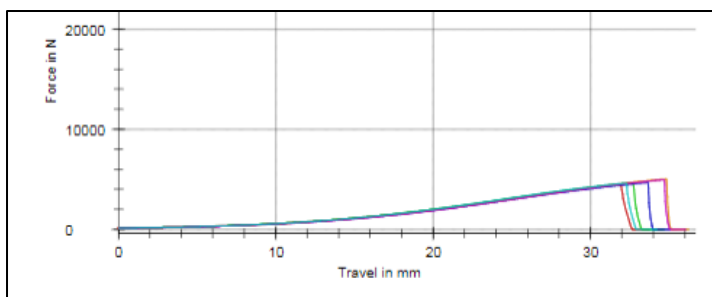
Testresultater

Her blir testresultatene for de forskjellige låseanordningene presentert under hvert sitt punkt. Her ser man produktet som testes, kvantitative resultater på bruddstyrke, strekk-kurve, kvalitativ beskrivelse av resultatene og standardavviket fra serien som er testet.

Vridelås



Specimen no.	F_{max} N
1	4445
2	4596
3	4668
4	5008
5	4950
6	4603



Figur 71:
Vridelås.

Figur 72: Testresultat per
enhet.

Figur 73: Diagram som viser testresultat på bruddstyrke for
vridelås.

Testresultatet for vridelås viser at samtlige av krokene har svakheter i området rundt svivelbolten på svivelbøylen. Her oppsto det i alle testene brudd i veggen rundt hullet i selve svivelbøylen. Dette resulterte i at stålpinne og låseklipset ble dratt igjennom materialet slik at det revnet, uten at hovedkroppen i karabinkroken viste noe tegn til deformasjon.

Tabell 9:
Gjennomsnitt og standardavvik av resultater.

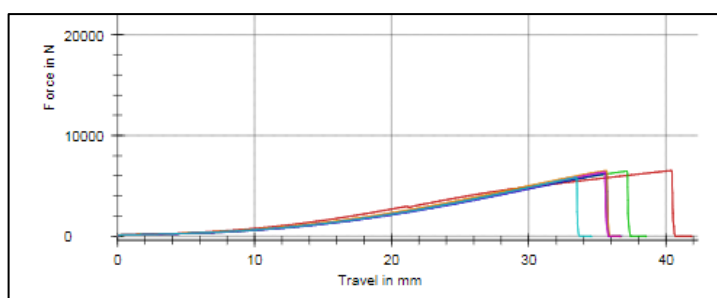
Navn:	Vridelås
Materiale / legering:	Eloksert 7075 aluminium
Gjennomsnitt:	4 711,66 N
Standardavvik:	220.37
Tilfredsstillt krav om minimum 250 kg:	Ja

Ettersom det var på svivelen at varianten med vridelås gikk til brudd ved første test ble det besluttet å gjennomføre strekktest av selve hovedkroppen i tillegg. Denne testen krevde endring i øvre innfestingspunkt, og det ble benyttet samme type ring som ved innfesting i nedre ende, og testen ble utført på vanlig måte.

Vridelås hovedkropp



Specimen no.	F_{max} N
1	6527
2	6470
3	6230
4	6526
5	6390
6	5851



Figur 74:
Vridelås.

Figur 75: Testresultat per
testenhet.

Figur 76: Diagram som viser testresultat på bruddstyrke for
Vridelås hovedkropp.

Testresultatet for vridelås hovedkropp viser at også her er den største svakheten i kontaktflaten ved svivelbolten. Derimot viser testen av bruddet først oppstår ved langt høyere verdier enn bruddet i svivelen. Avviket mellom snittmålingene av de to testene viser at hovedkroppen har hele 34,4% høyere bruddstyrke enn svivelen som er montert. Alle testene på produktene med vridelås oppfylder for øvrig forventningene i hypotesen på 4500 N bruddstyrke.

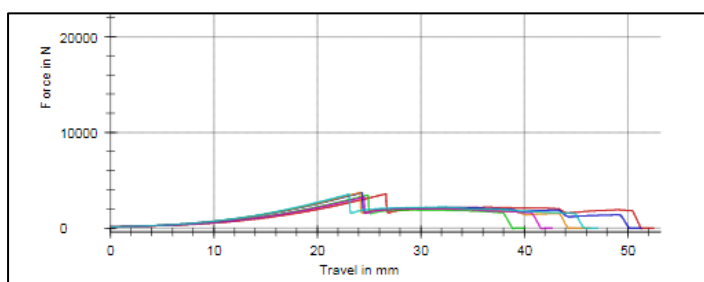
Tabell 10:
Gjennomsnitt og standardavvik av resultater.

Navn:	Vridelås
Materiale / legering:	Eloksert 7075 aluminium – T6
Gjennomsnitt:	6332,33 N
Standardavvik:	260,70
Tilfredsstiller krav om minimum 250 kg:	Ja

Skrulås



Specimen no.	F_{max} N
1	3562
2	3433
3	3678
4	3692
5	3215
6	3521



Figur 77:
Skrulås.

Figur 78: Testresultat
per testenhet.

Figur 79: Diagram som viser testresultat på bruddstyrke for
Skrulås

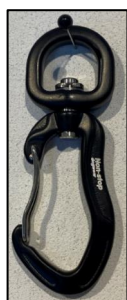
Testresultatet for skrulås viser at bruddforlengelsen er stor etter høyeste målt kraft. Når låsen på porten ryker begynner kroppen på karabinkroken å rette seg ut, men holder fortsatt igjen en del, før o-ringen smetter ut eller at materialet ryker av. Den duktile plastiske deformasjonen viser at

dette produktet ikke er laget av 7075 aluminium slik de andre er, da den legeringen har lav bruddforlengelse før brudd. Ingen av de seks karabinkrokene tålte 4000 N slik hypotesen og stemplingen i overflaten tilsier, med et gjennomsnitt på 3516,83 N og et standardavvik på 177,11. Dette er ikke bra og viser tydelig at produsenten enten ikke har kvalitetskontroll på produksjonsprosessen, eller at produsenten bevisst selger produkter som de vet ikke holder den standarden de hevder.

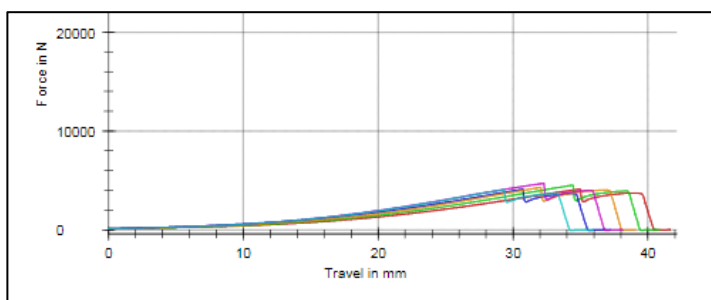
Tabell 11:
Gjennomsnitt og standardavvik av resultater.

Navn:	Vridelås
Materiale / legering:	Eloksert aluminium med ukjent legering
Gjennomsnitt:	3516,83 N
Standardavvik:	177,11
Tilfredsstillt krav om minimum 250 kg:	Ja

Vaierport



Specimen no.	F_{max} N
1	4128
2	4520
3	4107
4	4293
5	4702
6	4072



Figur 80:
Vaierport.

Figur 81: Testresultat per
testenhet.

Figur 82: Diagram som viser testresultat på
bruddstyrke for vaierport.

Testresultatet for vaierport viser at høyeste styrke oppnås rett før vaierport smetter ut av haken, deretter øker krokens motstand noe på grunn av bøyning av materialet før hovedkroppen knekker. Alle de seks karabinkrokene med vaierport motstår en kraft på 4000 N, men den dårligste passerer akkurat, med bare 4072 N. Gjennomsnittet på 4303,66 N er godt, med tanke på at slike produkter uten sikkerhetskrav ikke har sikkerhetsmargin, men standardavviket på 256,43 er nest høyest av de testede karabinkrokene. Gjennomsnittet er også i samsvar med hypotesen om at de skulle tåle over 250 kg.

Det store standardavviket skyldes et stort sprik på mellom resultatene fra 4072 N på den laveste og 4702 N på den høyeste. Dette kan skyldes avvik i produksjon, prosesser og materiale/legering hos produsenten. Produsenten vet rett og slett ikke hva resultatet av det de lager blir. Det kan

tenkes at dette produktet hadde hatt lavere standardavvik dersom testen hadde blitt utført uten selve gaten montert, eller dersom haken som vaierporten ligger mot hadde vært bedre designet slik at den ikke gav etter under belastning.

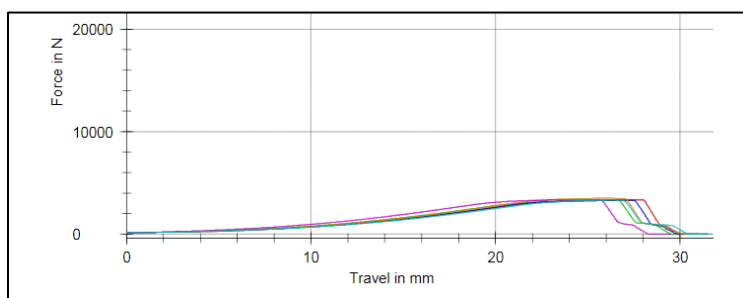
Tabell 12:
Gjennomsnitt og standardavvik av resultater.

Navn:	Vridelås
Materiale / legering:	Eloksert 7075 aluminium – T6
Gjennomsnitt:	4303,66 N
Standardavvik:	256,43
Tilfredsstiller krav om minimum 250 kg:	Ja

BGB Stålkrok



Specimen no.	F_{max} N
1	3337
2	3308
3	3296
4	3492
5	3340
6	3313



Figur 83:
BGB
Stålkrok.

Figur 84: Testresultat per
testenhet.

Figur 85: Diagram som viser testresultat på bruddstyrke for BGB
Stålkrok.

Testresultatet for BGB stålkrok viser at det er stor likhet mellom bruddpunkt og bruddstyrke i krokene. Variasjonen er meget lav sammenlignet med de andre produktene i testen. Bruddet er av plastisk karakter, og er plassert på likt sted, og går i lik retning på alle krokene. Denne observasjonen kombinert med det lave standardavviket tyder på at BGB Orsa har stor grad av kontroll på sin produksjonsprosess, og leverer dermed produkter av jevnt god kvalitet. Denne kroken oppfyller delvis hypotesen som er fremsatt, da bruddstyrken var høyere enn forventet. Bruddet skjedde derimot ikke i svivelen der det var forventet, men i ryggen på hovedkroppen.

Tabell 13:
Gjennomsnitt og standardavvik av resultater.

Navn:	Vridelås
Materiale / legering:	Magnetisk overflatebehandlet stål
Gjennomsnitt:	3347,66 N
Standardavvik:	72.73
Tilfredsstillende krav om minimum 250 kg:	Ja

Konklusjon på hypotese (hva ble det gjettest feil/riktig om, og hvorfor):

Hypotesen rundt bruddstyrke ble bekreftet på tre av fire produkter. På produktet med skrulås var det derimot ingen av enhetene som bekreftet hypotesen.

Testresultatet viser at alle løsningene oppfyller kravene til bruddstyrke for Non-Stop, alle løsningene er innenfor med en god margin.

Innfestingspunkt for låseport (mothold); vaierport har ingen mothold og vil glide av og derfor deformeres raskere ettersom den ikke klarer å holde belastning. Karabinkrok med vridelås har et T-spor på porten som holder igjen og dette øker styrken på enheten.

Godstykkelsen rundt svivelbolten er et ekstra svakt punkt i motsetning til resten av svivelkonstruksjonen. Svivelen oppnår kravet fra oppdragsgiver med god margin, men kan med fordel endre designet slik at deformasjonen blir mindre rundt svivelbolten. Det vil også være hensiktsmessig å ikke overdimensjonere hovedkroppen slik at denne tåler langt høyere belastning enn svivelen. Dette blant annet for å ivareta hensynet til bærekraft ved å minimere materialbruk i det endelige produktet.

Hvordan resultatet påvirker løsningen som utvikles

Alle løsningene er innenfor styrkekravet, men med hjelp av små designendringer kan styrken økes eller vekten reduseres. Resultatet av strekktesten kan brukes for å unngå de samme designsvakheterne i den nye løsningen. Krappe radier og tynn veggtykkelse svekker styrken totalt sett og kan ikke kompenseres for ved godt design andre steder på produktet. Produktet vil ryke ved det svakeste punkt uansett. Flere av løsningene har tynn godstykkelse på svivelbøylen og der bolten til svivelen er festet. Porten på to av løsningene har svakheter som gjør at de ryker først, rett etterpå ryker selve karabinkroken da all kraft som porten absorberer overføres fra porten til karabinkroken. Fasong og utforming har også en del å si, ikke bare den totale vekten av

løsningen. Plassering av materiale på riktig sted i forhold til den aktuelle belastningen er svært kritisk. Dette viser vridelåsen på en god måte, da selve hovedkroppen tåler mye før den ryker. Veggene er brede og flate, noe som gir stor motstand før brudd.

Et annet aktuelt punkt strekktesten setter lys på er dersom testet løsning er veldig overdimensjonert i forhold til kravspesifikasjonen. Hovedkroppen til vridelåsen for eksempel tåler i gjennomsnitt 633 kg, noe som er ca. 2,5 ganger så mye som kraver på 250 kg i kravspesifikasjonen. Dette betyr at massen kan reduseres, at et materiale med lavere bruddstyrke eller at et svakere resirkulert materiale kan benyttes. Dette kan føre til store besparelser på materialbruk, produksjonspris eller en styrking bærekraften.

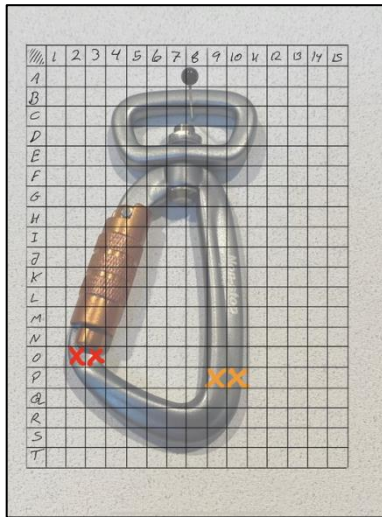
Forslag til forbedring av testmetode

For å oppnå høyere kvalitet på datagrunnlaget kunne det blitt utført tester på et høyere antall enheter, slik at avvik avdekkes lettere og kan elimineres fra resultatet. Innfestingsmetoden kan gjøres bedre dersom brakettene på strekkmaskinen hadde vært mindre eller annerledes. Det kunne eventuelt blitt designet egne innfestingsbraketter spesifikt for disse testene. Dette ville endre testresultatene noe med tanke på bruddforlengelse da andre komponenter i kjeden, slik som lastestropper og sjakler, kan strekke seg samtidig med karabinkroken. Den målte kraften før brudd ville blitt den samme så lenge det er karabinkroken som går i brudd. Som tidligere nevnt er ikke strekkmaskinen kalibrert og dette kan da føre til avvik av resultatene i forhold til virkeligheten.

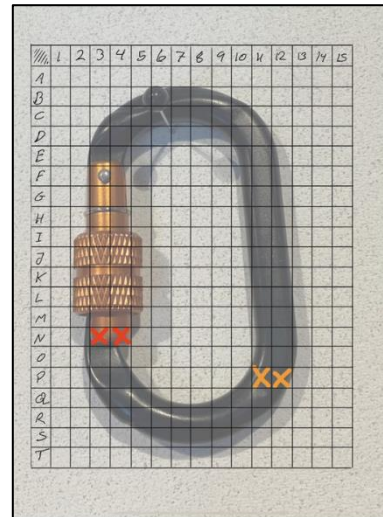
Test 3: Deformasjon og bruddlokasjon

Hypotese

For testing av deformasjon og bruddlokasjon har det blitt utarbeidet en hypotese på hver variant som testes. Dette er punktet hvor man tror det går til brudd eller som fører til annen mekanisk svekkelse av konstruksjonen som resultat av strekktesting. Dette er markert med kryss med de to fargende rød og oransje. Rødt kryss er det første kritiske punktet og oransje kryss er det andre kritiske punktet.



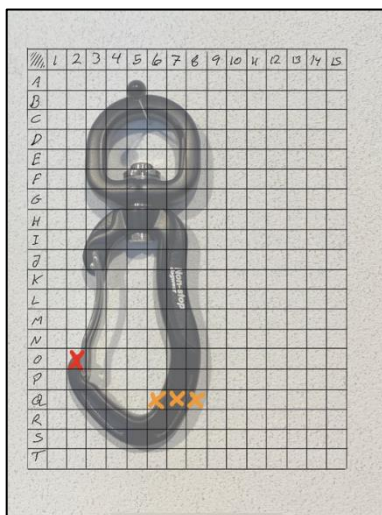
Figur 86: Variant 1: Vridelås. Laget av Lars Erik Vågen.



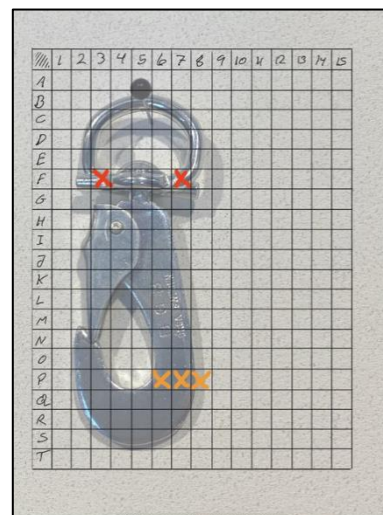
Figur 87: Variant 2: Skrulås. Laget av Lars Erik Vågen.

Variant 1: Rødt kryss er det første punktet hvor hypotesen sier det blir brudd, enten ved brudd eller at låseporten glir av og fører til mekanisk svekkelse av konstruksjonen videre. Oransje kryss er det punket hvor hypotesen tror at låseanordningen går til brudd.

Variant 2: Rødt kryss er det første punktet hvor hypotesen sier det blir brudd eller glir av og fører til mekanisk svekkelse av konstruksjonen. Ettersom denne karabinkroken er oval vil det trolig bli høyere belastning på låseporten enn på variant 1 og 3, men motholdet er såpass lite at det er mulig den glir av og ikke vil bidra i særlig grad til enhetens styrke. Oransje kryss er der hvor hypotesen sier at låseanordningen går til brudd.



Figur 88: Variant 3: Vaierport. Laget av Lars Erik Vågen.



Figur 89: Variant 4: BGB Stålkrok. Laget av Lars Erik Vågen.

Variant 3: Rødt kryss er det første punktet hvor hypotesen sier det blir brudd, ved at vaierporten glir av eller motholdet knekker. Dette skjer fordi motholdet er så lite og spinkelt at det virker lite

trolig at det har noe vesentlig evne til å ivareta sin funksjon når deformasjon oppstår i produktet. Det oransje krysset er det punktet hvor hypotesen sier at hovedkroppen går til brudd.

Variant 4: Rødt kryss er det punktet hvor hypotesen primært tror enheten går i brudd ved at svivelen ryker av mot punktet som er stuket. Dette skjer da området rundt sveisen trolig er det svakeste punktet. Oransje kryss er det punktet hypotesen tror at kroppen vil gå til brudd dersom primærpunktet holder, men ettersom denne er av stål vil den tåle høy belastning i lengderetning og den vil trolig ikke ryke av før svivelmekanismen.

Testprosedyre

Tabell 14:
Testprosedyre for deformasjon og bruddlokasjon

Dato	15.03.21
Sted	NTNU Gjøvik Beryll-bygning (ASEMlab)
Deltagere	Martin Amlie Lars Erik Vågen Werner Evensen Idsø
Maskinnavn (mikroskop)	WILD M3B
Kameranavn	Nikon DS-Fi1
Programvare på PC	NIS-elements D 3.2
Benyttet zoom	16x

1. Pc, lys på mikroskop og kamera ble skrudd på.
2. Delene med brudd ble lagt på glassplaten under mikroskopet.
3. Zoom ble satt til 16x og fokus ble grunninnstilt på periskopet.
4. Kameraet har en forskyvning i forhold til periskopet, noe som krever en finjustering av kontrasten på kameraet for at bildet skal bli skarpt på PC-skjermen.

Testresultater

På figur 90 og 91 ser man at testenheter før og etter at strekktesting var gjennomført. Resultatet av de forskjellige variantene kommer på de påfølgende sidene.



Figur 90: Testenheter før strekktesting.



Figur 91: Testenheter etter strekktesting.

Variant 1: Vridelås

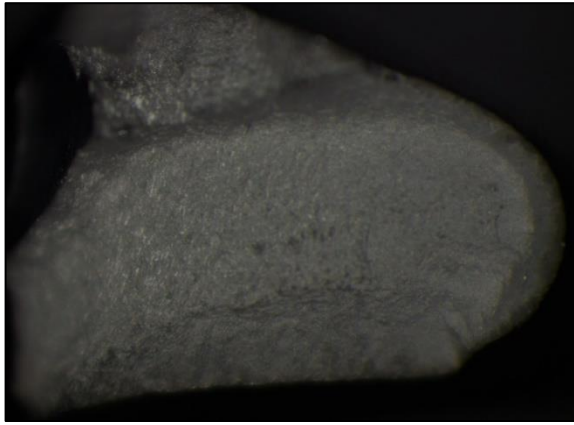


Figur 92: Vridelås før brudd.

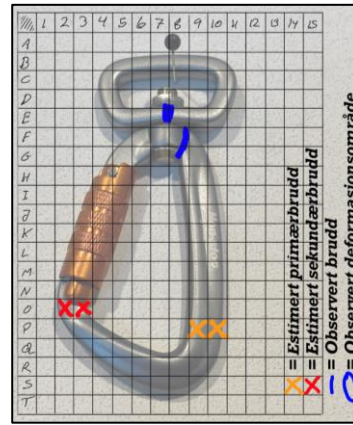


Figur 93: Vridelås etter brudd.

Siden 7075-legeringen har liten bruddforlengelse deformeres materialet lite før det går i brudd. Likevel tåler karabinkroppen mye kraft før den ryker og er ansett som et trygt produkt med gjennomsnittlig bruddstyrke på ca. 2.5 ganger kravet på 250 Kg. Svivelen tåler en del mindre og blir det svakeste punktet. Denne ryker tvers av, men på tre av enhetene er det også en del deformasjon før bruddet oppstår.



Figur 94: Bruddflate på Vridelås etter strekktesting.



Figur 95: Bruddlokasjoner på Vridelås.

Bruddflaten er ikke et rent sprøbrudd, men er likevel ikke et typisk seigbrudd som aluminiumslegeringer vanligvis er kjent for, på grunn av den jevne og flate overflaten. Dette skyldes den lave bruddforlengelsen og den høye bruddstyrken i den herdede 7075-legeringen. Hypotesen stemmer ikke i forhold til at de første bruddene skjer i svivelbøylen. Det bemerkes også at mangelen på deformasjon før brudd kan være problematisk i noen bruksområder, da deformasjon vil virke som et varsel til brukeren om at belastningen på enheten nærmer seg bruddgrensen (Johansen, 2010-a).

Variant 2: Skrulås

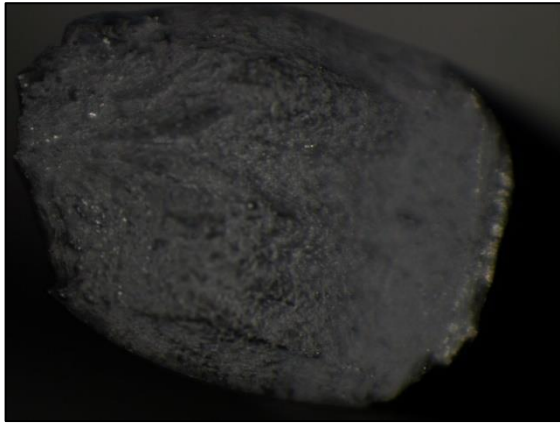


Figur 96: Skrulås før brudd.

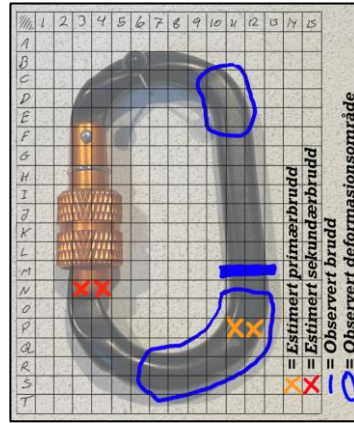


Figur 97: Skrulås etter brudd.

Strekktesting av denne varianten viser at den består av et mye mer duktilt materiale enn hva vridelåsen er laget av. Flere av krokene får store plastiske deformasjoner før de går i brudd. Dette kan være positivt for brukeren av produktet da det gir et forvarsel før det går i brudd. Dette fører også til at bruddstyrken er betydelig lavere, men gjennomsnittlig bruddstyrke er likevel ca. 1,4 ganger høyere enn kravet på 250 kg.



Figur 98: Bruddflate på Skrulås etter strekktesting.



Figur 99: Bruddlokasjoner på Skrulås.

Bruddflaten viser en overflate som holder mer mot seigbrudd enn varianten med vridelås, på grunn av topper på overflaten. Dette er antagelig et resultat av en mer duktil legering. Dette kan også sees på den store plastiske deformasjon selve hovedkroppen har blitt utsatt for under testen. Hypotesen stemmer delvis i forhold til strekktesten, men den plastiske deformasjonen var langt større, og gikk over et større område enn det hypotesen tilsa. Man ser derfor viktigheten av riktig valg av materialkvalitet i sluttproduktet. Sammenlignet med de øvrige produktene i testen som hadde tilsvarende eller smalere tverrsnitt, hadde likevel denne enheten langt større deformasjon og lavere bruddstyrke. Ved ønske om å øke styrken i produktet vil derfor endringer i materialkvalitet være hensiktsmessig å vurdere først, før man vurderer endringer i design.

Variant 3: Vaierport



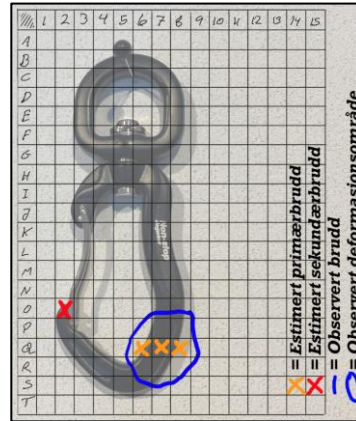
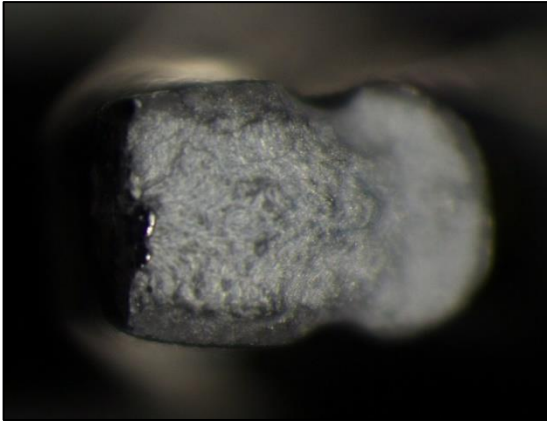
Figur 100: Vaierport før strekktesting.



Figur 101: Vaierport etter strekktesting.

Denne varianten viser noe elastisk deformasjon før den går i brudd i tuppen av kroken. Når vaierporten smetter ut av motholdet i tuppen av karabinkroken blir belastningen så stor på materialet at den bøyes opp og o-ringen rives av. Bruddet gir ingen forvarsel fordi kroken går rett i brudd når vaierporten smetter av motholdet. Det ble også observert at deformasjonen var med

på å endre vinkelen på motholdet som gaten ligger mot, og dette kan ha medført at det ble enklere for gaten å glippe når karabinkroken var under belastning. Selv om bruddet går raskt, viser derimot gjennomsnittsmålingene at den tåler ca. 1.7 ganger større belastning enn kravet på 250 Kg.



Figur 102: Bruddflate på Vaierport etter strekktesting. Figur 103: Bruddlokasjoner på Vaierport.

Tuppen som røk av viser noe tegn til noe deformasjon før brudd, men er også en mellomting mellom sprøbrudd og seigbrudd. Bilde fra mikroskopet viser en del topper i bruddflaten som går mot seigbrudd. Hypotesen for bruddlokasjon stemmer med strekktesten. Det ble også observert at muligheten for at kroken kunne klart høyere belastning dersom vaierporten hadde hatt bedre mothold og ikke hadde glippet ut av låseposisjonen.

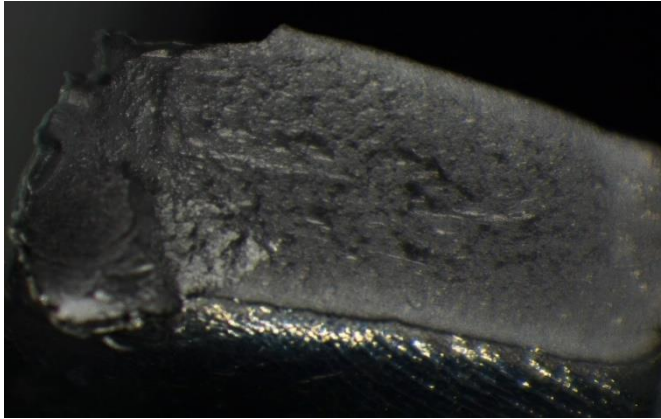
Variant 4: BGB stålkrok



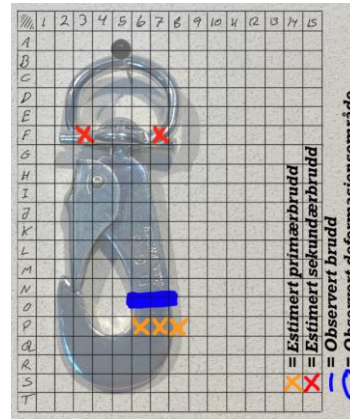
Figur 104: BGB Stålkrok før strekktesting.
Figur 105: BGB Stålkrok etter strekktesting.

Det har blitt observert at bruddet er lokalisert på likt sted og med lik vinkel på samtlige enheter, men at bruddet er mer plastisk enn ved de andre produktene. Bruddvinkelen på denne stålkroken er på ca. 45 grader i forhold til siden av kroken. Hypotesen var derimot feil med tanke på

bruddlokasjon, da svivelen viste seg å ha høyere styrke enn hovedkroppen. Svivelen ble ikke deformert, og man ser derfor at denne typen svivelinnfesting har sine fordeler.



Figur 106: Bruddflate på BGB Stålkrok etter strekktesting.



Figur 107: Bruddlokasjoner på BGB Stålkrok.

Bruddflaten viser tegn til signifikant «necking» i ytterkant av bruddområdet. Dette vil si at det har vært en betydelig plastisk deformasjon før bruddet fant sted. Før testen var det ikke noe klarheter i om dette produktet har gjennomgått noen form for herdeprosess, men graden av plastisitet i bruddflaten kan tyde på at dette er lite trolig.

Hvordan resultatet påvirker løsningen som utvikles

Som kommentert på strekktesten viser resultatene at materialkvalitet og design kan bestemme hvor og hvordan bruddet oppstår. Dette kan bevisst utnyttes slik at forskjellige egenskaper kan oppnås, avhengig av hva det er behov for. Det må også tas hensyn til hvordan elastisiteten i produktet påvirker og endrer produktets geometri under belastning.

Forslag til forbedring

Selv om det ble gitt opplæring og instruksjoner om hvordan programvare og maskinen virker kunne funksjoner og justering av bilde og kamera blitt utforsket mer. Bildekvaliteten var en god del klarere gjennom periskopet enn gjennom kamera, noe som er naturlig da kamera er digitalt og periskopet er optisk/analogt rett mot glasset. Det er også verdt å nevne at enhetene er en del år gamle, og nyere enheter -spesielt kamera- vil kunne ha langt bedre oppløsning.

4 Utviklingsprosessen

Utviklingsprosessen går igjennom stegene idéutvikling, material- og produkttesting, evaluering av ideer, konseptutvikling og evaluering av konsepter. Hele beskrivelsen på hvordan utviklingsprosessen har gått fram er å finne i følgende dokumenter:

Vedlegg B: «Idéutviklingsprosessen».

Vedlegg C: «Evaluering av ideer».

Vedlegg D: «Konseptutviklingsprosessen».

Vedlegg E: «Rapportskjema brukertesting».

4.1 Idéutvikling

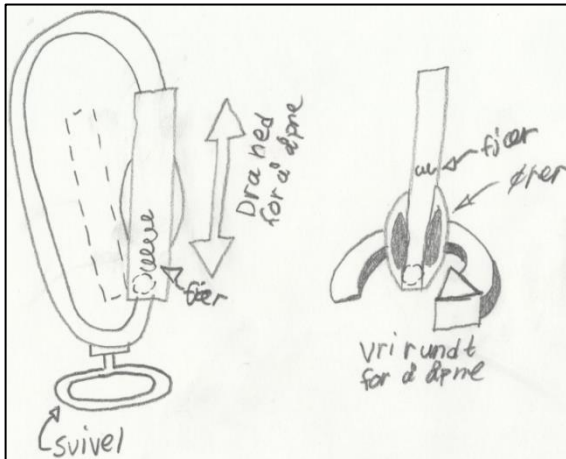
Idéutvikling er den prosessen hvor det er fokusert på divergerende utvikling av ideer. Disse ideene har blitt gruppert etter følgende løsningskategorier:

1. Karabinkrok
2. Alternative låsemekanismer
3. Hurtigutløsere
4. Svivelmekanisme

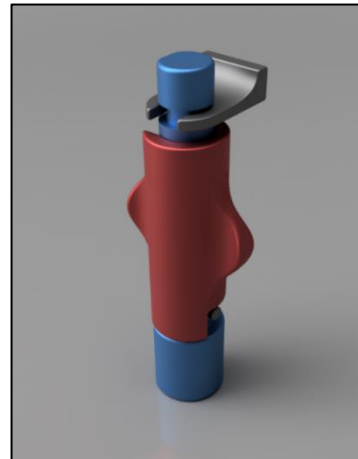
For videre lesing om idéutviklingsprosessen se vedlegg B. Her vises en utvidet beskrivelse av ideene gjennom skisser, prosessbeskrivelse, inspirasjon, CAD-modeller, 3D-renderinger, prototyping av funksjonsmodeller og testing av disse.

4.1.1 Idéutvikling på karabinkrok

Låseport med ører for karabinkrok



Figur 108: Skisse av Låseport med ører for karabinkrok. Laget av Martin Amlie.



Figur 109: 3D-rendering av Låseport med ører for karabinkrok. Laget av Martin Amlie.

Tenkt funksjonalitet: Gi låseporten økt funksjonalitet ved å ha «ører» på vri-porten slik at det blir enklere å åpne den, som for eksempel i kaldere omgivelser med hansker/votter på.

Antall komponenter: 1x port med ører, 1x fjær, 1x hylse i midten og 1x pinne i bunn.

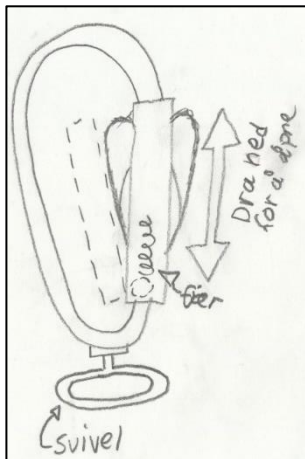
Mulige fordeler: Gir større gripeflate på vrideporten, og enklere åpning ved at grepet blir sterkere og at man får bedre grep når man vrir. Runde jevne kanter. Kan eksempelvis produseres som en «pølse» av hard gummi eller lignende som limes utenpå porten på eksisterende produkt.

Mulige ulemper: Mulig risiko for at noe kan hekte seg fast i ørene slik at den vrir seg åpen.

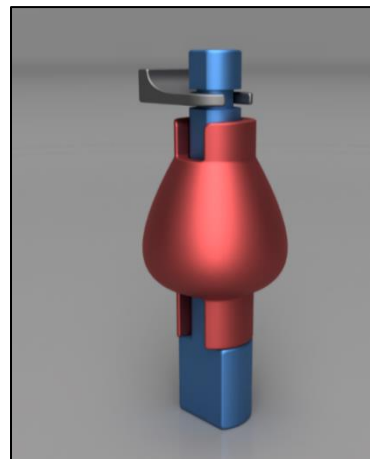
Kommentar fra prototyping og testing av funksjonalitet: Testing viser at løsningen gjør det enklere å åpne/vri sammenlignet med en rett sylindrerformet låseport.

Mulige forbedringspunkter: Designet på «ørene» kan bli mer ergonomisk tilpasset. Kan gå i hele lengderetningen slik at den blir enklere å håndtere med hansker. Elliptisk utside.

Kuleport for karabinkrok



Figur 110: Skisse av Kuleport for karabinkrok. Laget av Martin Amlie.



Figur 111: 3D-rendering av Kuleport for karabinkrok. Laget av Martin Amlie.

Tenkt funksjonalitet: Gi låseporten økt funksjonalitet ved å øke diameteren slik at det blir enklere å dra ned/vri låseporten.

Antall komponenter: 1x kuleport, 1x fjær, 1x hylse i midten og 1x pinne i bunn. Totalt: 4 deler.

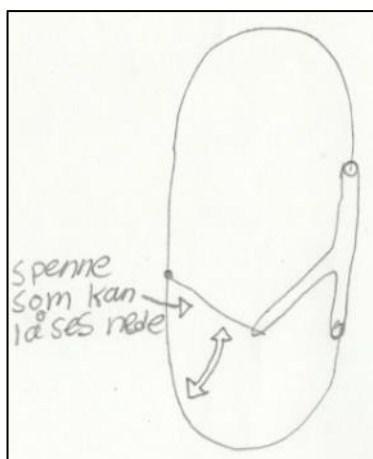
Mulige fordeler: Lettere å gripe tak i, på grunn av stor diameter. Den runde organiske utformingen reduserer risikoen for at kroken hekter seg fast og åpner seg ved et uhell.

Mulige ulemper: Høy vekt. Den store ytterdiameteren på porten vil være begrensende for åpningen på porten, da den vil støte mot ryggen i karabinkroken.

Kommentar fra prototyping og testing av funksjonalitet: Lettere å håndtere på grunn av større diameter.

Mulige forbedringspunkter: Forbedre kulefasongen og tilpasse den til åpningen slik at den ikke støter borti omkringliggende deler.

To-ports karabinkrok med dobbel fjæring



Figur 112: Skisse av To-ports karabinkrok med dobbel fjæring. Laget av Martin Amlie.



Figur 113: 3D-rendering av To-ports karabinkrok med dobbel fjæring. Laget av Martin Amlie.

Tenkt funksjonalitet: Sekundærport som bøyes inn og låser porten. Begge portene er fjærbelastet. Før primærporten åpnes må sekundærporten åpnes og eventuelt festes fast på hovedkropp. Hull for innfesting av svivelbøyle i bunn.

Antall komponenter: 1x hovedkropp, 6x deler låseanordning som består av 1x primærport, 1x sekundærport og 4x 2mm pinner. 5x deler svivelmekanisme som består av 1x 5.5mm låsepinne, 1x friksjonsreducerende skive, 1x låseklemme, 1x stålskive, og 1x svivelbøyle. Totalt: 15 deler.

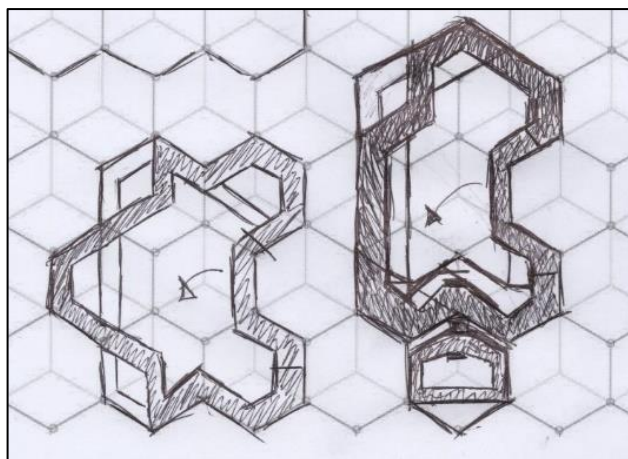
Mulige fordeler: Dobbelt låsing. Primærporten kan ikke åpnes før sekundærporten er åpen. Sekundærporten kan midlertidig festes til hovedkroppen så kroken kan åpnes enklere ved behov.

Mulige ulemper: Mange deler og i øvre skala av kravet til totalvekt.

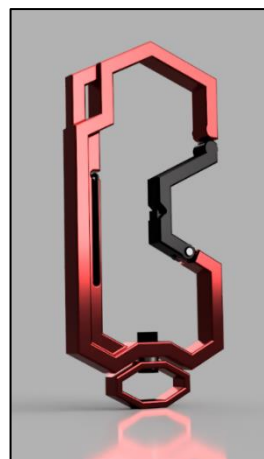
Kommentar fra prototyping og testing av funksjonalitet: Sekundærporten fungerer bra med hansker. Enkelt å få godt grep.

Mulige forbedringspunkter: Endre innfesting og plassering av sekundærport.

Geometrisk heksagonal karabinkrok



Figur 114: Skisse av Geometrisk heksagonal karabinkrok. Laget av Werner Evensen Idsø.



Figur 115: 3D-rendering av Geometrisk heksagonal karabinkrok. Laget av Werner Evensen Idsø.

Tenkt funksjonalitet: Låseporten kurver innover i stedet for å være rett. Dette for å få et skarpt geometrisk preg, men også for å kunne benytte en vaierport som sekundærport som låser mot primærporten. Det nedjusterte hjørnet øverst til venstre fungerer som forsterkning ved belastning. Hull for innfesting av svivelbøyle i bunn.

Antall komponenter: 1x hovedkropp, 4x deler låseanordning som består av 1x primærport, 1x sekundærport/bøyle, 1x 2mm pinne og 1x fjær. 5x deler svivelmekanisme, som består av 1x 5.5mm låsepinne, 1x friksjonsreducerende skive, 1x låseklemme, 1x stålskive, og 1x svivelbøyle. Totalt: 10 deler.

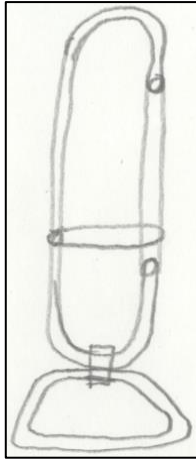
Mulige fordeler: Bryter med konvensjonelle oppfatninger om hvordan karabinkrok ser ut, hvilket kan være med på å skape oppmerksomhet rundt produktet ute hos kunder.

Mulige ulemper: Geometrisk design kan være styrkemessig svakere enn organisk design, da definerte hjørner skaper svake punkter i konstruksjonen, der brudd kan oppstå.

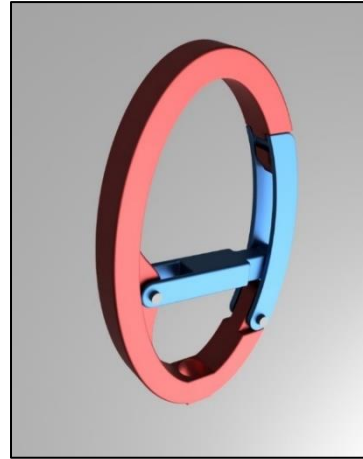
Kommentar fra prototyping og testing av funksjonalitet: Porten fungerer greit, men det lar seg ikke gjøre å lage en fungerende sekundærport uten pianotråd. Det er en del kanter som oppleves som skarpe, på grunn av spisse hjørner.

Mulige forbedringspunkter: Mindre skarpe/harde kanter. Tverrsnittet på kroppen må dimensjoneres opp. Lage mindre hulrom. Videreutvikle sekundærporten og hvordan den skal låses fast til hovedkroppen. Forbedre innfestingspunktet mot primærporten.

Egget



Figur 116: Skisse av Egget. Laget av Martin Amlie.



Figur 117: 3D-rendering av Egget. Laget av Martin Amlie.

Tenkt funksjonalitet: En eggeformet karabinkrok med to fjærbelastede låseporter. Sekundærporten som er fjærbelastet festes mot primærporten for å hindre at den kan åpnes.

Antall komponenter: 1x hovedkropp, 1x primærport, 1x sekundærport, 2x fjær 3x 3mm svivelpinne, 5x deler svivelmekanisme som består av 1x 5.5mm låsepinne, 1x friksjonsreducerende skive, 1x låseklemme, 1x stålskive, og 1x svivelbøyle. Totalt: 13 deler.

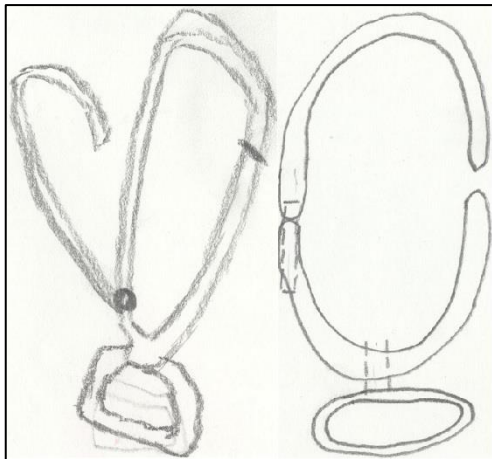
Mulige fordeler: Dobbel sikring av porten reduserer sjansen for utilsiktet åpning.

Mulige ulemper: Trang pasning på innfestingen mellom den sekundære og primære porten.

Kommentar fra prototyping og testing av funksjonalitet: Delene er små og tåler lite som 3D-printet plast. Primærporten knakk og det blir trange pasninger når det printes med support. Sekundærporten har ikke stor nok utsparring i bakkant til å kunne åpnes helt. Etter printing ble det avdekt at den sekundære porten kolliderer med hovedkroppen. Dette kunne vært unngått dersom undersøkelser i CAD hadde blitt utført mer nøye.

Mulige forbedringspunkter: Den sekundære porten bør ha forenklet montering mot primærporten, for eksempel ved at den blokkerer primærporten fra å åpnes, i stedet for at den klipses fast. Gjøre endringer slik at sekundærporten går helt inntil hovedkroppen, når den presses opp. Gjøre endringer slik at sekundærporten kan åpnes horisontalt/utover.

Karabinkrok med åpen rygg



Figur 118: Skisse av Karabinkrok med åpen rygg.
Laget av Martin Amlie.



Figur 119: 3D-rendering av Karabinkrok med åpen rygg.
Laget av Martin Amlie.

Tenkt funksjonalitet: En todelt låseanordning der hele overdelen fungerer som en låseport mot underdelen. Den lille grønne pinnen nederst til venstre fungerer som en svivelfunksjon, hvor hele overdelen åpner seg og kan vris rundt. Tapp for innfesting av svivelbøyle i bunn.

Antall komponenter: 1x hovedkropp, 1x port/bøyle, 1x 3mm svivelpinne, 5x deler svivelmekanisme som består av 1x 5.5mm låsepinne, 1x friksjonsreducerende skive, 1x låseklemme, 1x stålskive, og 1x svivelbøyle. Totalt: 8 deler.

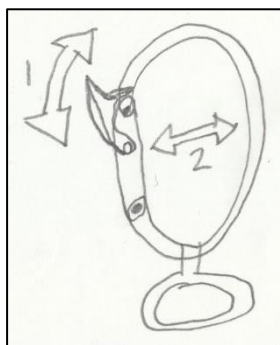
Mulige fordeler: Det blir mye bedre plass til å koble på og av ring eller hempe. Det er også lettere å bruke denne med hansker.

Mulige ulemper: Lav styrke i kroken og i leddet. Kan virke som en utrygg mekanisme uten god nok låsing.

Kommentar fra prototyping og testing av funksjonalitet: Det er for lav veggtykkelse rundt hull og krok. Roteringsleddet mellom delene er svakt dimensjonert.

Mulige forbedringer: Sette på fjærende låsehylse rundt låsehaken og øke dimensjoner for å forbedre styrken. Forbedre/endre innfestingspunktet for overdelen. Se på muligheter for sekundærlås.

Karabinkrok med ytre sekundærport



Figur 120: Skisse av Karabinkrok med ytre sekundærport. Laget av Martin Amlie.



Figur 121: 3D-rendering av Karabinkrok med ytre sekundærport. Laget av Martin Amlie.

Tenkt funksjonalitet: Låseporten består av to låseelementer som går hver sin vei. Den grønne må vippes ut før den blå primærporten kan vippes inn. Begge portene skal være fjærbelastet. Hull for innfesting av svivelbøyle i bunn.

Antall komponenter: 1x hovedkropp, 6x deler låseanordning som består av 1x primærport, 1x sekundærport og 4x 2mm pinner. 5x deler svivelmekanisme som består av 1x 5.5mm låsepinne, 1x friksjonsreducerende skive, 1x låseklemme, 1x stålskive, og 1x svivelbøyle. Totalt: 12 deler.

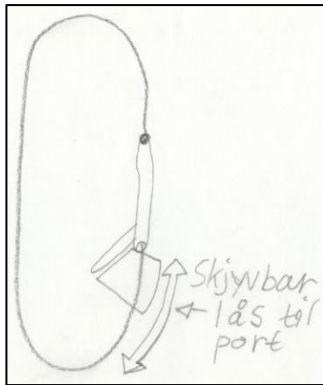
Mulige fordeler: Låsebeslag på primærporten kan forenkle åpningen med hansker.

Mulige ulemper: Siden dimensjonene er små kan sekundærporten bli liten. Det er fare for at sekundærporten hefter seg fast i noe, og enten åpner seg eller skader hunden. Flere deler resulterer i lengre monterings tid og høyere kostnader. Det blir også større rom for feil med flere deler.

Kommentar fra prototyping og testing av funksjonalitet: Prototypen fungerer greit, men sekundærporten sitter litt hardt. Sekundærporten stikker langt ut fra hovedkroppen.

Mulige forbedringspunkter: Forandre fasongen eller innfestingspunktet på sekundærporten. Fjærbelastet låsemekanisme/pinne som holder fast i toppen. Se på muligheter for løsning som ikke stikker ut.

Karabinkrok med skyvbar lås til port



Figur 122: Skisse av Karabinkrok med skyvbar lås til port. Laget av Martin Amlie.



Figur 123: 3D-rendering av Karabinkrok med skyvbar lås til port. Laget av Martin Amlie.

Tenkt funksjonalitet: Vanlig karabinkrok, men med en gummiforing som et tredd rundt kroppen under porten. Denne foringen må dras ned for at den fjærbelastede porten skal kunne åpnes. Dersom foringen ikke dras ned treffer armen på porten foringen og forhindrer bevegelsen.

Antall komponenter: 1x hovedkropp, 4x deler låseanordning som består av 1x primærport, 1x fjær, 2x stålpinner og 1x gummiforing. 5x deler svivelmekanisme som består av 1x 5.5mm låsepinne, 1x friksjonsreducerende skive, 1x stålskive, 1x låseklemme og 1x svivelbøyle. Totalt: 10 deler.

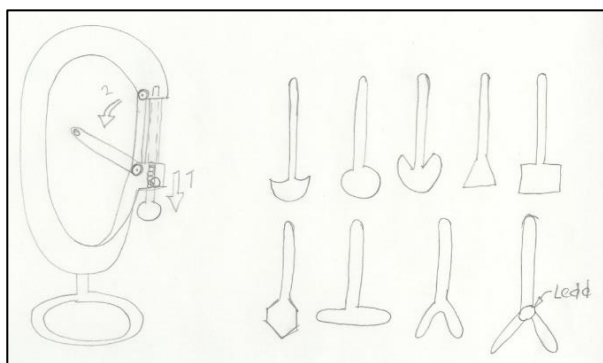
Mulige fordeler: Enkel fjærbelastet låseport. Gummi er veldig slitesterkt og tåler minusgrader godt.

Mulige ulemper: Gummiforingen kan bli vanskelig å dra ned med hansker og den kan fryse fast. Slitasje på gummiforingen.

Kommentar fra prototyping og testing av funksjonalitet: Gummiforingen fungerer ikke som tiltenkt da den treffer stammen til svivelen når den skal dras tilbake. Det går an å vri gummiforingen rundt hovedkroppen før porten åpnes, men det blir ikke en stabil og sikker løsning.

Mulige forbedringspunkter: Antagelig vil ikke denne ideen fungere som tenkt, uten store endringer. Kan gummiforingen kombineres på en annen måte?

Karabinkrok med dobbel fjærbelastet port



Figur 124: Skisse av Karabinkrok med dobbel fjærbelastet port. Laget av Martin Amlie.



Figur 125: 3D-rendering av Karabinkrok med dobbel fjærbelastet port. Laget av Martin Amlie.

Tenkt funksjonalitet: Karabinkrok med ytre fjærbelastet port som dras ned før O- eller D-ring hektes på og den fjærbelastede indre vaier-porten åpnes.

Antall komponenter: 1x hovedkropp, 4x deler låseanordning som består av 1x primærport som er en stålpinne, 1x kulehode til pinne på primærport, 2x fjærer og 1x vaierport. 5x deler svivelmekanisme som består av 1x 5.5mm låsepinne, 1x friksjonsreducerende skive, 1x stålskive, 1x låseklemme og 1x svivelbøyle. Totalt: 11 deler.

Mulige fordeler: Tauet, O- eller D-ringen kan ikke åpne porten fra utsiden. Solid konstruksjon. Sekundærlåsen burde være veldig sikker.

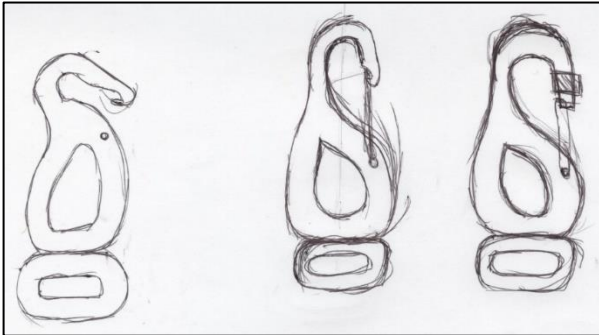
Mulige ulemper: Krever mer montering og deler enn eksisterende løsning. Vanskelig å få opp med en hånd.

Kommentar fra prototyping og testing av funksjonalitet: Prototypen fungerer helt greit ved testing og det er enkelt å koble på tau eller ring. Utfordringen kommer når det skal kobles av med en hånd, da må porten holdes åpen samtidig som den fjærbelastede pinnen holdes nede.

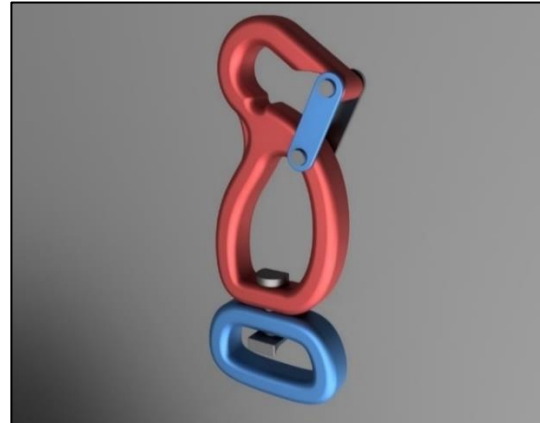
Mulige forbedringspunkter: Finne en løsning som forenkler avkobling av tau eller ring, samt håndtering med en hånd. Redusere materialmengden. Optimalisere størrelsen på låseporten.

4.1.2 Idéutvikling på alternative låsemekanismer

Svane



Figur 126: Skisse av Svane. Laget av Werner Evensen Idsø.



Figur 127: 3D-rendering av Svane. Laget av Martin Amlie.

Tenkt funksjonalitet: Det store åpne arealet innvendig er redusert, fordi det bare skal festes et tau eller én D-ring øverst mot innfestingspunktet. Båndet mellom kroken og hundefører skal festes i svivelen. Dette designet kan bli stivere på grunn av mindre overheng til porten og den lukkede ringen mellom porten og svivelen. Hull for innfesting av svivelbøyle i bunn.

Antall komponenter: 1x hovedkropp. 5x deler låseanordning som består av 2x platebiter, 2x pinner og 1x fjær. 5x deler svivelmekanisme, som består av 1x 5.5mm låsepinne, 1x friksjonsreducerende skive, 1x stålskive, 1x låseklemme og 1x svivelbøyle. Totalt: 12 deler.

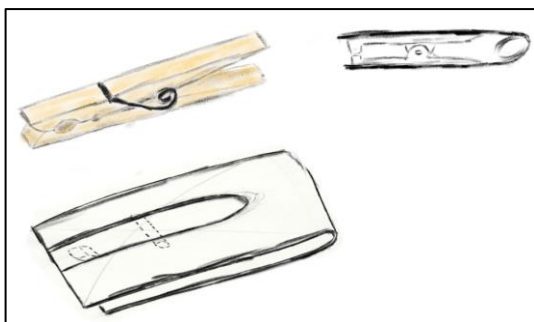
Mulige fordeler: Kan gi større styrke enn ved konvensjonelle karabinkroker grunnet geometrien i konstruksjonen, derfor er det mulig å skalere til mindre størrelse og samtidig oppnå høy styrke.

Mulige ulemper: Ingen låsing på porten, det kan bli vanskelig å håndtere den med en hånd. Det kan bli trangt for bruk av stoffhemper i stedet for O-ring eller D-ring.

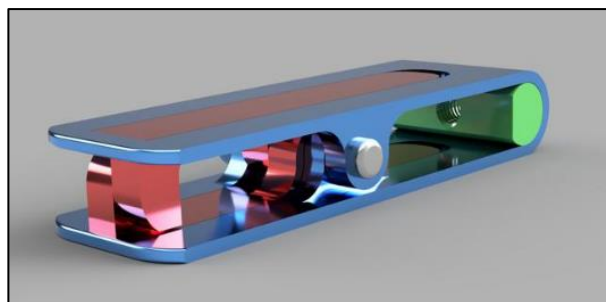
Kommentar fra prototyping og testing av funksjonalitet: Kroppens styrke laget i 3D-printet plast virker sterk ved belastning. Trangt på innløpet ved låseporten.

Mulige forbedringspunkter: Lage en sterkere port og endre punktet for innfesting mot hovedkroppen i toppen. Endre nedre innfestingspunkt. Senke krysningspunktet på hovedkroppen for å få litt større åpning/klaring. Se på mulighet for dobbelsikring.

Stor klype



Figur 128: Skisse av Stor klype. Laget av Lars Erik Vågen.



Figur 129: 3D-rendering av Stor klype. Laget av Lars Erik Vågen.

Tenkt funksjonalitet: Fungerer som en klesklype. Fjærmekanismen mellom klypene gjør at begge sidene må trykkes inn i bakkant samtidig for å åpne. Akslingen kan justeres fram/tilbake slik at klypene låses fast i front i et spor for å hindre at den kan åpne seg. Hull for innfesting av svivelbøyle i bunn.

Antall komponenter: 1x Hovedkropp, 2x braketter med hake, 1x fjær, 1x senteraksling, 1x låseklips til senteraksling 1x grov bolt og 4x deler svivelmekanisme som består av 1x 5.55mm pinne, 1x friksjonsreducerende skive, 1x låseklemme og 1x svivelbøyle. Totalt: 11 deler.

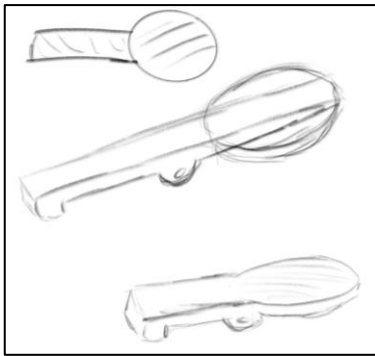
Mulige fordeler: Enkel funksjonalitet det er lett å forstå og bruke. Klypene overlapper hverandre i front og gir god styrke.

Mulige ulemper: Mange enkeltdeler, en del monteringsarbeid og høy vekt grunnet stor materialmengde.

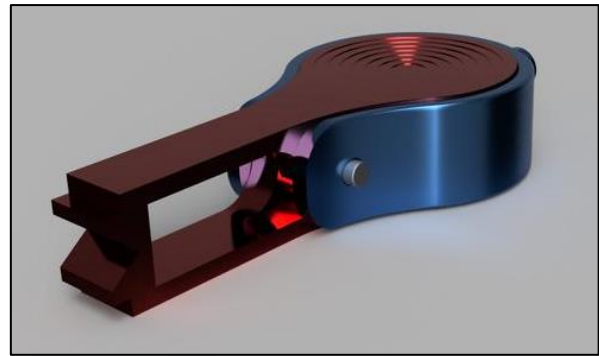
Kommentar fra prototyping og testing av funksjonalitet: Kan bli vanskelig å åpne når det henger last i kroken. Enheten virker veldig stor, og kan slankes en del.

Mulige forbedringspunkter: Endre hvor svivelinnfestingen er plassert. Lage større gripeflate på brakettene. Redusere vekt ved å optimalisere designet. Korte inn lengden og bredden. Legge akslingen lenger bak for å gi større åpningsflate.

Liten klype



Figur 130: Skisse av Liten klype. Laget av Lars Erik Vågen.



Figur 131: 3D-rendering av Liten klype. Laget av Lars Erik Vågen.

Tenkt funksjonalitet: Dette designet har sitt utgangspunkt i Stor klype, med tilnærmet samme funksjon i et slankere design, men uten sikringsmekanisme på akslingen. Her er det også tatt høyde for bruk av hansker, ved at enheten har fått større brukerflate. Tapp for innfesting av svivelbøyle i bunn.

Antall komponenter: 1x Hovedkropp, 2x Braketter med hake, 1x Fjær, 1x Senteraksling og 5x deler svivelmekanisme som består av 1x 5.55mm pinne, 1x friksjonsreducerende skive, 1x låseklemme, 1x stålskive og 1x svivelbøyle. Totalt: 10 deler.

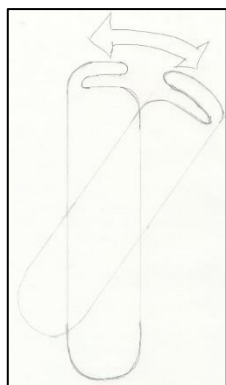
Mulige fordeler: Langt lavere vekt og færre deler enn Stor klype.

Mulige ulemper: Tåler lite belastning, svak konstruksjon og ingen dobbelsikring.

Kommentar fra prototyping og testing av funksjonalitet: Enheten virker noe slarkete, men dette kan skyldes produksjonsmetoden som er benyttet på prototypen. Den har også lett for å åpne seg under belastning, da klypen ikke har noe overlapp i munningen. Området der klypen skal klemmes sammen har passe stor størrelse.

Mulige forbedringspunkter: Styrke konstruksjonen, se på mulige løsninger for dobbelsikring (trykknapp eller roterende), lage overlapp i tilkoblingspunktet foran slik som på Stor klype.

Sakseklype



Figur 132: Skisse av Sakseklype. Laget av Martin Amlie.



Figur 133: 3D-rendering av Sakseklype. Laget av Lars Erik Vågen.

Tenkt funksjonalitet: Åpnes og lukkes gjennom «saksebevegelser», og er tiltenkt å ha en låsemekanisme i toppen kombinert med innfesting for svivelbøyle. Dette er en videreføring av Stor klype, der hovedkroppen er eliminert til fordel for en aksel som binder de to elementene direkte sammen. Hull eller tapp for innfesting av svivelbøyle i bunn.

Antall komponenter: 2x krokplater, 1x senteraksling, 1x fjær og 3x deler svivelmekanisme som består av 1x friksjonsreducerende skive, 1x låseklemme og 1x svivelbøyle. Totalt: 7 deler.

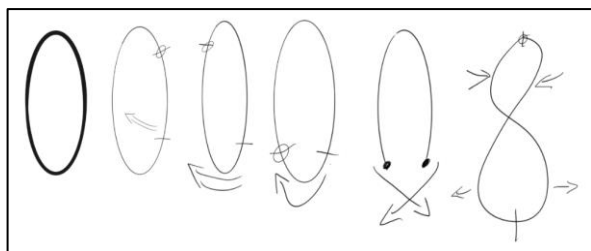
Mulige fordeler: God styrke grunnet enkel og flat konstruksjon, muligens stanset ut av en plate. Rask og relativt billig produksjon dersom stansing benyttes som primær produksjonsmetode.

Mulige ulemper: Senteraksel og låsefunksjon kan gi utfordringer med fastfrysing. Kan bli en del monteringsarbeid som kan bli problematisk å automatisere.

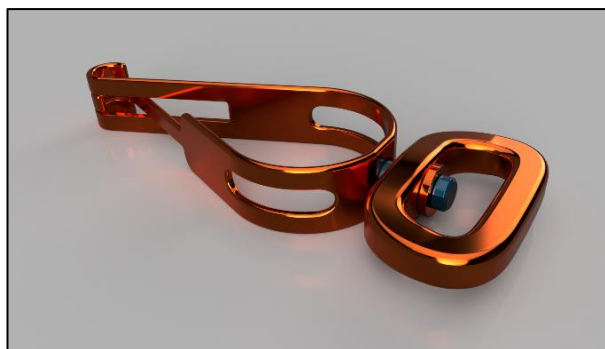
Kommentar fra prototyping og testing av funksjonalitet: Vanskelig å håndtere med hansker på, grunnet liten kontaktflate. Kan muligens løses med alternativt design av øvre del av produktet. Dette kan også gi plass til låsefunksjon og svivelbøyle. Låsefunksjon kan alternativt plasseres i senteraksel.

Mulige forbedringer: Må designe en enkel og funksjonell låsefunksjon. Lage en god innfesting for svivelbøyle. Se på muligheter for dobbelsikring. Redusere lengden.

Compliant klype



Figur 134: Skisse av Compliant klype. Laget av Lars Erik Vågen.



Figur 135: 3D-rendering av Compliant klype. Laget av Martin Amlie.

Tenkt funksjonalitet: Benyttes som en sakseklype der man presser øvre del av klypen sammen, og dette resulterer i at nedre del beveger seg motsatt veg og klypen åpnes.

Antall komponenter: 1x hovedkropp og 4x deler svivelmekanisme som består av 1x friksjonsreducerende skive, 1x låseklemme, 1x stålskive og 1x svivelbøyle. Totalt: 5 deler.

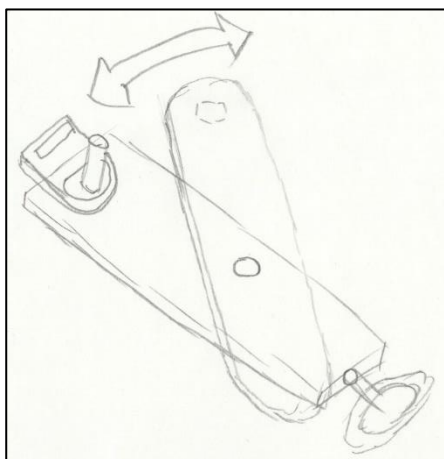
Mulige fordeler: Hovedkroppen består av kun en del, hvilket forenkler produksjon, og kan gi lavere produksjonskostnad til sammenligning med andre produkter med langt flere deler.

Mulige ulemper: Øvre del av hovedkroppen må være fleksibel nok til at kroken kan åpnes, men samtidig må nedre del av hovedkroppen ikke være så fleksibel at den deformeres under belastning. Dette vil kunne sette store krav til endelig design og utforming.

Kommentar fra prototyping og testing av funksjonalitet: Enheten behøver en låsefunksjon som hindrer utilsiktet åpning. Enkel å bruke. Passer godt i hånden.

Mulige forbedringspunkter: Legge til en form for låsefunksjon. Endre veggtykkelsen slik at den blir myk nok til å bøyes i aluminium. Endre fasongen slik at den blir enklere å klemme sammen.

Vertikal klype



Figur 136: Skisse av Vertikal klype. Laget av Martin Amlie.



Figur 137: 3D-rendering av Vertikal klype. Laget av Martin Amlie.

Tenkt funksjonalitet: En bunnplate (blå) med aksling (stor grå) for innfesting av svivelbøyle tapp/krok som D-ringen hektes på. Den øvre platen (rød) roterer rundt den midterste tappen/akslingen (liten grå) og returnerer parallelt i forhold til bunnplaten med en fjær. Under den øverste platen er det et låsespor som hekter seg i akslingen ved D-ringen. Tapp for innfesting av svivelbøyle i bunn.

Antall komponenter: 1x bunnplate, 1x topplate, 2x akselpinner, 1x fjær og avstandshylse. 3x deler svivelmekanisme som består av 1x friksjonsreducerende skive, 1x låseklemme og 1x svivelbøyle. Totalt: 8 deler.

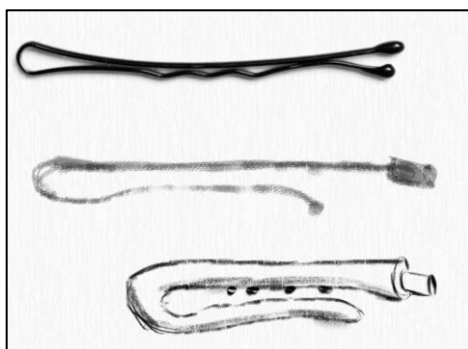
Mulige fordeler: Rask og enkel påkobling av D-ring med automatisk fjærende låsing. Potensielt høy styrke på grunn av belastning i lengderetningen av materialet.

Mulige ulemper: Montering av akslinger, høy vekt og klemfare ved tilkobling.

Kommentar fra prototyping og testing av funksjonalitet: Størrelsen kan bli et problem, men den fungerer som forventet.

Mulige forbedringspunkter: Redusere vekt ved å fjerne unødvendig materiale og lage en fals på den øvre platen der tommelen naturlig treffer, for å forenkle åpningen av klypen. Utvikle fjærmekanisme rundt akslingen. Se på mulighetene for sekundærlås med fjærbelastet knapp som «spretter opp» automatisk når den går i lås.

Hårnål



Figur 138: Skisser av Hårnål. Laget av Lars Erik Vågen.



Figur 139: 3D-rendering av Hårnål. Laget av Lars Erik Vågen.

Tenkt funksjonalitet: Fungerer som en gammeldags hårspenne produsert i stål, men med den endringen at det er innfestingspunkt for svivelbøyle i toppen av «hårnålen», forsterking i bunn der den skal festes mot hundeselen, og «mothaker» langs halsen som skal hindre utilsiktet åpning. Tapp for innfesting av svivelbøyle i bunn.

Antall komponenter: 1x hovedkropp, 4x deler svivelmekanisme som består av 1x friksjonsreducerende skive, 1x stålskive, 1x låseklemme og 1x svivelbøyle. Totalt: 7 deler.

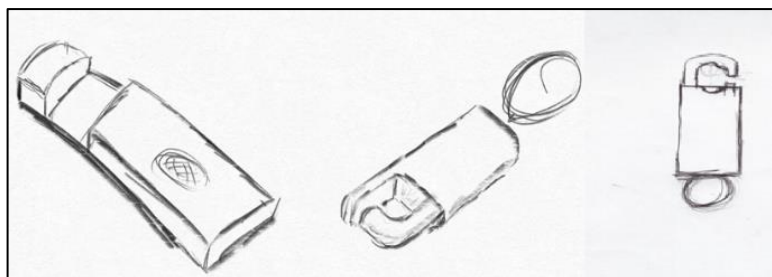
Mulige fordeler: Enkel funksjonalitet som gjør at den er enkel å forstå. Har få mekaniske deler som kan fryse. Kan benyttes med en hånd.

Mulige ulemper: Det er ingen visuelt synlig låsefunksjon på «porten», og den kan dermed oppfattes som utrygg av kunden, selv om funksjonaliteten skulle tilfredsstille kravspesifikasjon.

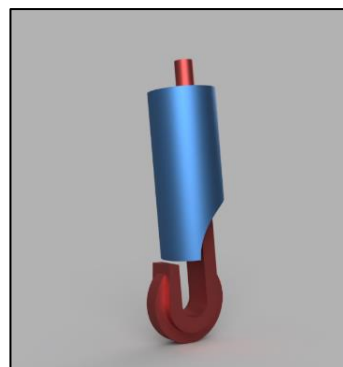
Kommentar fra prototyping og testing av funksjonalitet: Området der ringen skal føres inn på «hårnålen» er litt for trangt. Bør også kortes inn litt slik at anhuking og avhuking blir enklere. Konstruksjonen bøyer seg i ryggen når den belastes, så det bør muligens endres geometri i ryggen for å øke styrken.

Mulige forbedringer: Designe en låsefunksjon som visuelt gir brukeren en følelse av at produktet er trygt å bruke. Redusere materialmengden. Designe en «inngang» der det man kobler på enklere kan bli heftet på. Finne muligheter for en låsemekanisme.

Krok med hylse



Figur 140: Skisse av Krok med hylse. Laget av Lars Erik Vågen og Werner Evensen Idsø.



Figur 141: 3D-rendering av Krok med hylse. Laget av Lars Erik Vågen.

Tenkt funksjonalitet: En enkel krok (rød) med en hylse (blå) som har funksjon som en låseport, der den normalt blokkerer krok-åpningen, men når den vris rundt mellom 90 og 180 grader er porten åpen. Tapp for innfesting av svivelbøyle i bunn.

Antall komponenter: 1x hovedkropp, 1x hylse, 1x fjær. 4x deler svivelmekanisme som består av 1x friksjonsreducerende skive, 1x stålskive, 1x låseklemme og 1x svivelbøyle. Totalt: 7 deler.

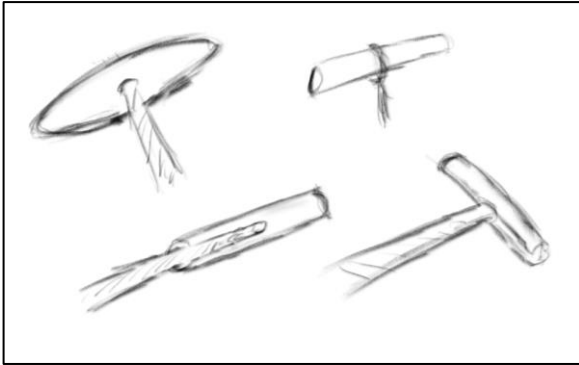
Mulige fordeler: Lavt antall deler. Enkel å produsere/montere. Enkel funksjonalitet med roterende låsehylse.

Mulige ulemper: Trange pasninger mellom deler kan bli en risiko for fastfrysing. Begrenset størrelse på innfestingspunktet der produktet skal festes på hundesele eller halsbånd.

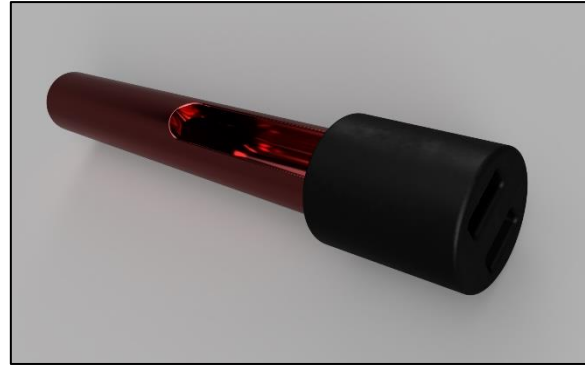
Kommentar fra prototyping og testing av funksjonalitet: Kan føles litt klumpete og vanskelig å håndtere. Dette fordi hylsen man roterer er det eneste man kan holde fast i, og har da ingenting å gripe fast i når man skal rotere den rundt for å åpne.

Mulige forbedringer: Endringer i geometri for å bedre tilpasse delene i forhold til hverandre. Lage låsespor på kroken slik at hylsen kan feste seg fast når den er i låseposisjon, og på den måten øke styrken i lengderetningen, da hylsen tar litt av belastningen.

Krysspinne



Figur 142: Digital skisse av Krysspinne. Laget av Lars Erik Vågen.



Figur 143: 3D-rendering av Krysspinne. Laget av Martin Amlie.

Tenkt funksjonalitet: Funksjonaliteten er basert på en «horntoggle», der pinnen tres gjennom en løkke som er litt videre enn diameteren på pinnen, for så å vri pinnen på tvers av løkkeåpningen slik at den ikke kan føres tilbake.

Antall komponenter: 1x metallpinne med utfrest spor, 1x langt tau for kobling på belte, 1x hylse for innfesting mot belte, 1x kort tau, 1x gummihylse til kort tau Totalt: 5 deler.

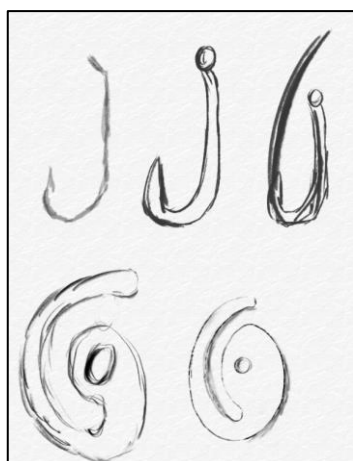
Mulige fordeler: Lavt antall deler. Enkel å produsere/montere. Enkel funksjonalitet.

Mulige ulemper: Det kan i produksjonsprosessen bli vanskelig å få slipt bort alle skarpe kanter som er i kontakt med tauet da hylsen har liten innvendig diameter.

Kommentar fra prototyping og testing av funksjonalitet: Virker i henhold til forventningene, men det er mulig at brukergruppen kommer til å oppfatte den som utrygg, da den ikke innehar noen konvensjonelle låsemetoder. Fra testingen ser man at det blir belastning i kontaktpunktet mellom krysspinnen og tauet, og er noe som kan føre til brudd dersom man ikke tar høyde for dette i videreutviklingen av designet.

Mulige forbedringer: Tilpasse lengden til påkoblet ring. Optimalisere innfestingen (hylse). Etterbehandling av tau for å gjøre det mer motstandsdyktig mot vann, eller eventuelt benytte helsyntetisk materiale i tauet. Roterbar hylse som beskytter tauet.

Mustad-kroken



Figur 144: Skisser av Mustad-kroken. Laget av Lars Erik Vågen.



Figur 145: 3D-rendering av Mustad-kroken. Laget av Lars Erik Vågen.

Tenkt funksjonalitet: Oval hovedkropp som under belastning vil rotere (mot klokken i henhold til figur 145) og gå i lås i toppen under svivelinnfestingen. Låsemekanismen kan fungere ved å benytte seg av en sterk magnet og/eller en låsing av hovedkomponenten mot senterakselen i en gitt posisjon. Tapp for innfesting av svivelbøyle på håndtak/rotasjonslås.

Antall komponenter: 1x hovedkropp, 1x pendelinnfesting, 1x aksling, 1x fjær. 4x deler svivelmekanisme som består av 1x friksjonsreducerende skive, 1x stålskive, 1x låseklemme og 1x svivelbøyle. Totalt: 8 deler.

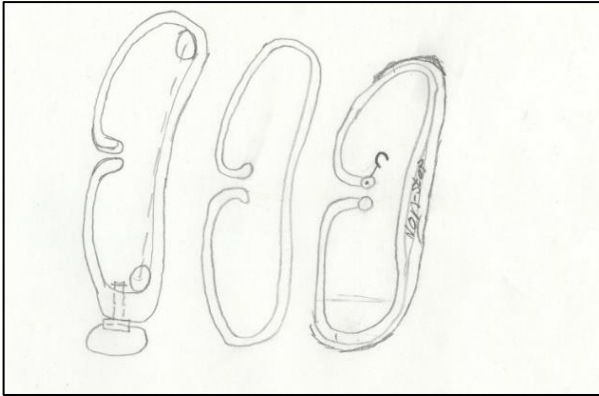
Mulige fordeler: Enkel å åpne og lukke. Roterer godt rundt akslingen. Naturlig innfestingsbevegelse. Stor styrke i lengderetning. Ukonvensjonelt design.

Mulige ulemper: Små toleranser kan være nødvendig for å skape en solid konstruksjon, for at låsemekanismen skal «glid» godt og for et godt kvalitetsinntrykk. Dette er noe som kan gi utfordringer med tanke på fastfrysing.

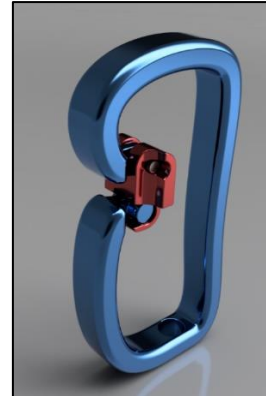
Kommentar fra prototyping og testing av funksjonalitet: Interessant konsept, men trenger en bedret låsefunksjon. Sikre et godt innfestingspunkt for pendelinnfestingen i topp.

Mulige forbedringer: Må forbedre låsefunksjonen, da denne er mangelfull og svak. Redusere materialmengden. Se på muligheter for sekundærlås (trykknapp for å åpne, se på sikring på knivblad hos foldekniver).

Låseanordning med klipsåpning



Figur 146: Skisser av Låseanordning med klipsåpning. Laget av Martin Amlie.



Figur 147: 3D-rendring av Låseanordning med klipsåpning. Laget av Martin Amlie.

Tenkt funksjonalitet: Hovedkroppen skal være sterk nok i seg selv, slik at et klips kan brukes som port til å holde igjen konstruksjonen under belastning. Kan åpnes med hansker ved å bruke fliken på siden av porten. Hull for innfesting av svivelbøyle i bunn.

Antall komponenter: 1x hovedkropp, 1x port, 1x 2mm pinne, 1x 3mm pinne, 5x deler svivelmekanisme som består av 1x 5.5mm pinne, 1x friksjonsreducerende skive, 1x låseklemme, 1x stålskive og 1x svivelbøyle. Totalt: 9 deler.

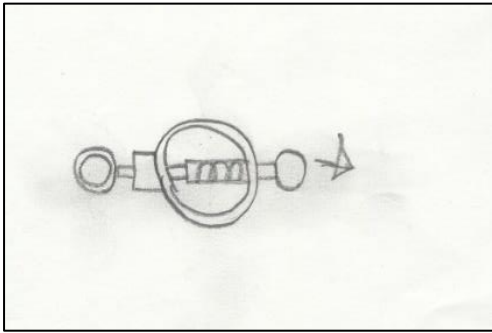
Mulige fordeler: Enkel åpning av porten. Redusert sjanse for at porten åpnes fra framsiden, på grunn av smal inngang til porten.

Mulige ulemper: For svak hovedkropp slik at porten deformeres og karabinkroken åpner seg, eventuelt går til brudd.

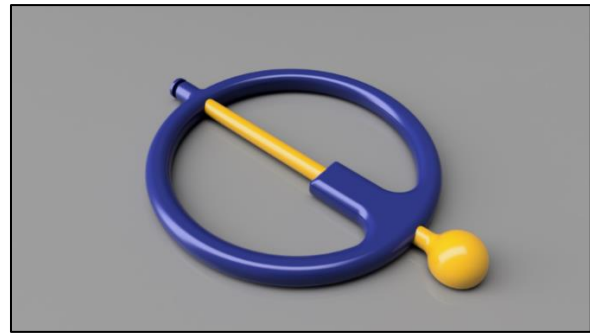
Kommentar fra prototyping og testing av funksjonalitet: Må printe ny port og montere før videre testing. Porten var satt på i feil retning. Åpningen på porten er noe trang.

Mulige forbedringer: Endre designet på låsefliken. Se på mulige løsninger for en sekundærlås til porten. Se på andre mulige måter for åpning av port. Redusere tomrom/overflødig areal.

Fjærbelastet låsering



Figur 148: Skisse av Fjærbelastet låsering. Laget av Martin Amlie.



Figur 149: 3D-rendering av Fjærbelastet låsering. Laget av Martin Amlie.

Tenkt funksjonalitet: Ringen skal erstatte karabinkrokens tradisjonelle kropp og den gule fjærbelastede låsepinnen skal erstatte låseporten. Låsepinnen dras ut før D- eller O-ringen hektes på. Tapp for innfesting av svivelbøyle i enden.

Antall komponenter: 1x hovedkropp, 1x låsepinne med kulehode, 1x fjær, 1x fjærlås, 4x deler svivelmekanisme som består av 1x friksjonsreducerende skive, 1x stålskive, 1x låseklemme og 1x svivelbøyle. Totalt: 8 deler.

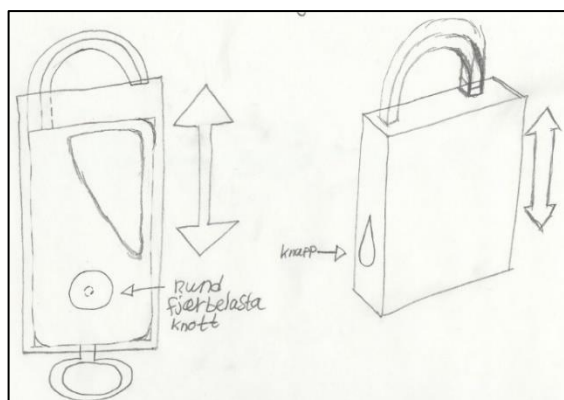
Mulige fordeler: Enkel fasong og relativt få deler. Enkelt å forstå hvordan den skal åpnes.

Mulige ulemper: Det kan bli vanskelig å montere fjær. Det må til et slags klips som forhindrer låsepinnen å falle ut. Belastningsretningen mellom låseringen og innfestingspunktet er ugunstig.

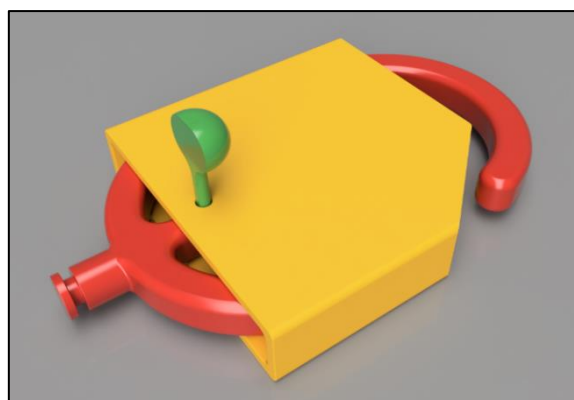
Kommentar fra prototyping og testing av funksjonalitet: Størrelsen er mer håndterlig enn en karabinkrok. Låsepinnen må dras mot hunden, fordi svivelen til kobbelet er i motsatt ende. Dette kan gjøre avkoblingen vanskelig.

Mulige forbedringspunkter: Finne ut av montering av fjær og låsepinne. Optimalisere designet til en oval fasong (reduere unødvendig areal). Se på muligheter for en sekundærlås. Se på utformingen av kulehode på låsepinnen.

Hengelås uten nøkkel



Figur 150: Skisse av Hengelås uten nøkkel. Laget av Martin Amlie.



Figur 151: 3D-rendering av Hengelås uten nøkkel. Laget av Martin Amlie.

Tenkt funksjonalitet: Et design som ligner på en hengelås, men hvor hovedforskjellen er at nøkkelen og låsesylinderen er byttet ut med en utvendig hylse og en fjærbelastet låsepinne. Skråkuttet i front av hylsen skal forenkle innfestingen mot låsepunktet. Tapp for innfesting av svivelbøyle i enden.

Antall komponenter: 1x hovedkropp, 1x kappe, 1x låsepinne med hode, 1x fjær, 4x deler til svivelmekanismen som består av 1x friksjonsreducerende skive, 1x stålskive, 1x låseklemme og 1x svivelbøyle. Totalt: 8 deler.

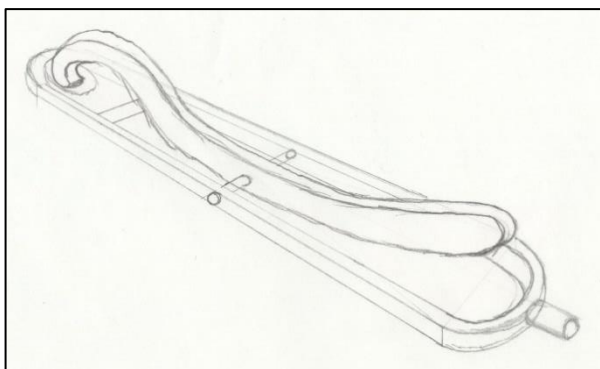
Mulige fordeler: Enkel funksjonalitet. Det enkelt å produsere delene. Høy styrke grunnet dimensjonen på konstruksjonen.

Mulige ulemper: Låsesplinten har en uheldig plassering. Det kan være vanskelig å montere delene. Mulig klemfare mellom hovedkroppen og utvendig kappe. Høy vekt grunnet vegtykkelsen på komponentene.

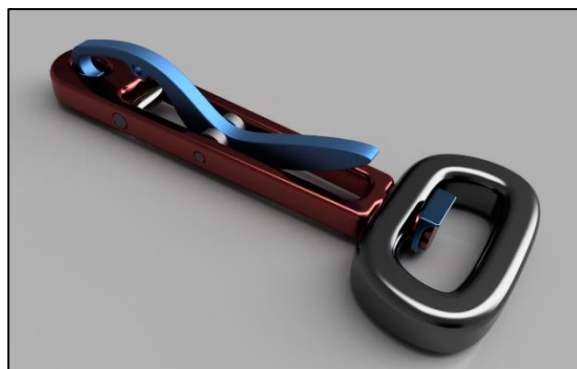
Kommentar fra prototyping og testing av funksjonalitet: Helt grei funksjonalitet, men det blir vanskelig å teste uten funksjonell fjæring på låsesplinten.

Mulige forbedringspunkter: Flytte låsesplintens plassering til for eksempel siden. Eller gjøre om sekundærlåsing til en fjærbelastet knapp. Forsterke kroken/bøylene ytterligere. Se på mulighet for hurtigutløsermekanisme. Redusere vekt ved å optimalisere konstruksjon og tverrsnitt.

Fjærbelastet vertikalkrok



Figur 152: Skisse av Fjærbelastet vertikalkrok. Laget av Martin Amlie.



Figur 153: 3D-rendering av Fjærbelastet vertikalkrok. Laget av Martin Amlie.

Tenkt funksjonalitet: En hurtigklype som åpnes ved å klemme tommelen eller hånden på den blå bøylene som stikker opp på midten. En hake fremst hektes rundt O- eller D-ringen. Hull eller tapp for innfesting av svivelbøyle i bunn.

Antall komponenter: 1x hovedkropp. 1x låsebøyle, 2x stålpinner, 2x avstandsstykker, 1x fjær. 4x deler svivelmekanisme som består av 1x friksjonsreducerende skive, 1x stålskive, 1x låseklemme og 1x svivelbøyle. Totalt: 11 deler.

Mulige fordeler: Enkel åpning og anhuking av O- eller D-ring. Passer godt i håndflaten.

Mulige ulemper: Har ikke dobbel lås. En del som må monteres. Lav styrke på klypen, da den ikke har noe mothold for å overføre styrke.

Kommentar fra prototyping og testing av funksjonalitet: Delene blir veldig små, og det ble trange klaringer på monteringselementene. All belastning påføres låsebøylene, så designet må endres slik at belastningen heller i hovedsak blir liggende på hovedkroppen.

Mulige forbedringspunkter: Utforme og plassere sekundærlås. Montere fjær i senter av pinnen/akslingen i midten. Endre på utformingen av haken slik at det ligger an mot hovedkroppen, for å fordele belastningen til hovedkroppen.

Låseanordning med gripende klo



Figur 154: Digital skisse av Låseanordning med gripende klo. Laget av Lars Erik Vågen.



Figur 155: 3D-rendering av Låseanordning med gripende klo. Laget av Martin Amlie.

Tenkt funksjonalitet: Fjærbelastet klo/klype som åpnes med tommelen. Kobles på hundeselen med en hånd. Kloen går igjennom hovedkroppen og holder fast O- eller D-ring på grunn av et overheng. Tapp for innfesting av svivelbøyle i bunn.

Antall komponenter: 1x hovedkropp. 4x deler låsemekanisme som består av 1x klo, 1x 3mm pinne, 1x fjær. 3x deler svivelmekanisme som består av 1x friksjonsreducerende skive, 1x stålskive, 1x låseklemme og 1x svivelbøyle. Totalt: 8 deler.

Mulige fordeler: Enkel montering. Høy styrke på grunn av deler som tar opp belastningen i lengderetningen. Rask og enkel montering på O- eller D-ring.

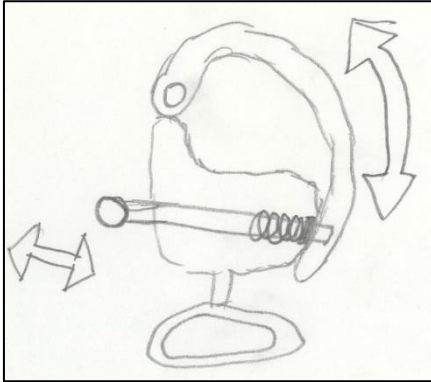
Mulige ulemper: Tidskrevende å maskinere hull/spor til kloen som skal igjennom hovedkroppen på midten, og i enden av den røde klypen. Trangt å montere fjær til kloen.

Kommentar fra prototyping og testing av funksjonalitet: Virker bra som prototype, men kloen treffer ikke alltid inni sporet i enden av hovedkroppen. For stor toleranse for 3mm pinne i midten, den måtte limes fast. Håndbevegelsen som behøves for å åpne kloen kan virke litt unaturlig. Fjær kan muligens monteres inne i skaftet på kloen.

Mulige forbedringspunkter: Bøye enden bak på kloen slik at den kan dyttes med tommelen i stedet for å løftes opp. Bedre overheng på kroken. Se på muligheter for dobbelsikring på mekanismen.

4.1.3 Idéutvikling av hurtigutløser

Panikkåls



Figur 156: Skisse av Panikkåls. Laget av Martin Amlie.



Figur 157: 3D-rendering av Panikkåls. Laget av Martin Amlie.

Tenkt funksjonalitet: Denne er inspirert av eksisterende panikkåls med hurtigutløsning. Tanken var å lage et design som fungerer, for så å skalere det ned med tanke på vekt og bruddstyrke på 250 kg. Når den grønne pinnen blir dratt ut frigis den gule bøylene. Fjæren inni hovedkroppen sørger for at pinnen holder den gule bøylene låst. Hull eller tapp for innfesting av svivelbøyle i bunn.

Antall komponenter: 1x hovedkropp, 1x låsebøyle, 1x 3mm pinne, 1x 5mm låsepinne med kulehode, 1x 12x6mm fjær og 1x låseklips. 4x deler svivelmekanisme som består av 1x friksjonsreducerende skive, 1x stålskive, 1x låseklemme og 1x svivelbøyle. Totalt: 10 deler.

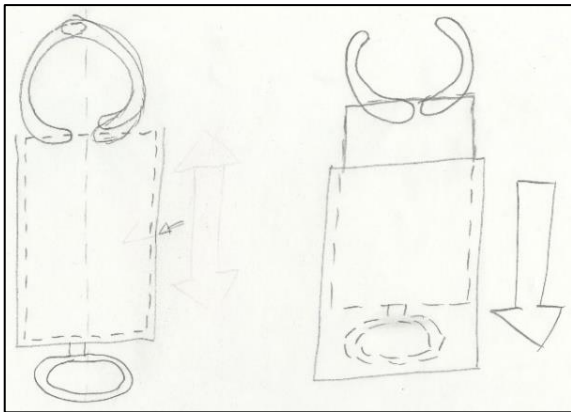
Mulige fordeler: Rask og enkel utløsning av hund. Høy styrke.

Mulige ulemper: Har ikke dobbel sikring og kan derfor utløses utilsiktet dersom noe hekter seg fast på kulehode på låsepinnen. Dette trenger ikke å være et problem da panikkroken skal festes på beltet til hundeføreren.

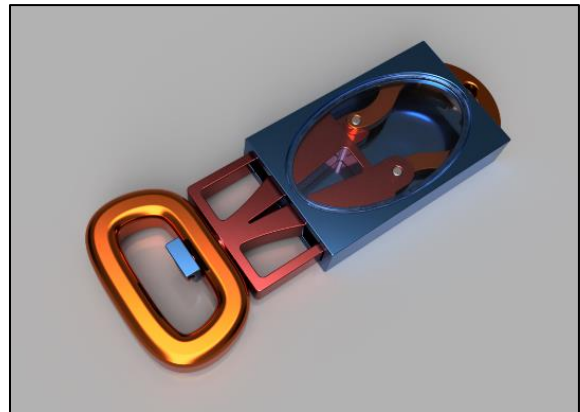
Kommentar fra prototyping og testing av funksjonalitet: Prototypen fungerer godt, men det må tas ut mer materiale i armen for at den skal åpnes 90 grader oppover. Hullet til låsepinne i hovedkroppen måtte bores opp på grunn av for lav toleranse ved horisontal printing av rundt hull (laghøyde).

Mulige forbedringspunkter: Redusere vekt i forhold til styrkekrav. Se på utformingen og innfestingspunktet for låsebøylene. Fjerne svivelfunksjonalitet og lage til slisse for innfesting.

Panikklype



Figur 158: Skisse av Panikklype. Laget av Martin Amlie.



Figur 159: 3D-rendering av Panikklype. Laget av Martin Amlie.

Tenkt funksjonalitet: Todelt klype i front som griper rundt O- eller D-ringen. Klypene åpner seg ikke på grunn av den rektangulære braketten som ligger rundt. Når kroken skal løses ut dras braketten bakover og løser ut klypene. Hull for innfesting av svivelbøyle i bunn.

Antall komponenter: 1x hovedkropp. 4x deler låsemekanisme som består av 1x låsebrakett, 2x 3mm pinner, 1x fjær og 2x kroker. 4x deler svivelmekanisme som består av 1x friksjonsreducerende skive, 1x stålskive, 1x låseklemme og 1x svivelbøyle. Totalt: 11 deler.

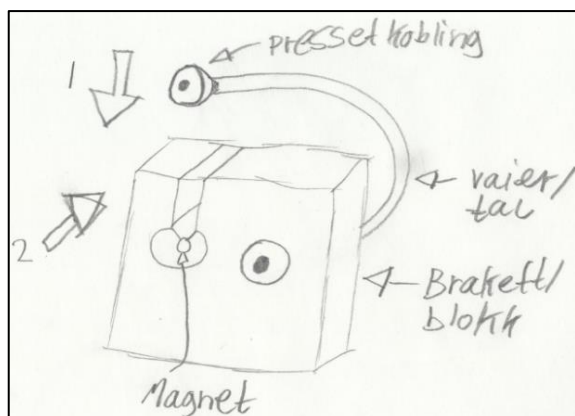
Mulige fordeler: Rask utløsingsmekanisme. Enkel å åpne ved å føre braketten bak mot svivelen.

Mulige ulemper: Mange deler og komplisert montering av fjærer. Har ikke dobbel lås.

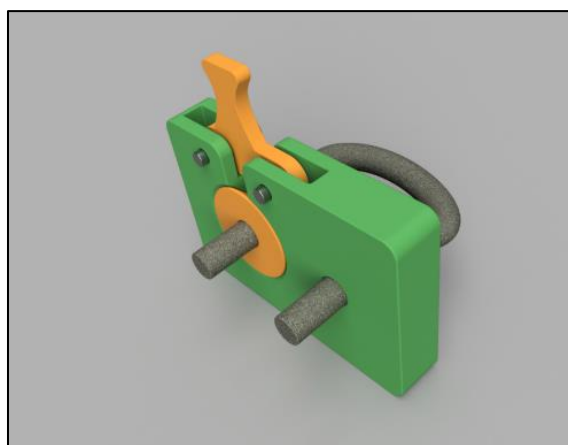
Kommentar fra prototyping og testing av funksjonalitet: Klaringene ble for trange for 3D-printing. Det måtte slipes med fil før montering. Klypene har mye overheng og løser muligens ikke ut ved belastning.

Mulige forbedringspunkter: Sette på sekundærlås, endre lengden på braketten som låser klypene. Finne løsning for å begrense låsebrakettens bevegelse så den ikke kan dras av. Redusere materialmengden ved å optimalisere konstruksjonen og tverrsnittet på hovedkroppen.

Magnetblokk



Figur 160: Skisse av Magnetblokk. Laget av Martin Amlie.



Figur 161: 3D-rendering av Magnetblokk. Laget av Martin Amlie.

Tenkt funksjonalitet: Denne låseanordningen bygger på en blokk med et konisk sete på framsiden. Den gule bøylen på toppen klipses ned i låsen og muliggjør innfesting av tau på en enkel måte. Den kone hylsen holdes på plass med magnetisme. Hull eller tapp for innfesting av svivelbøyle i bunn.

Antall komponenter: 1x hovedkropp/blokk, 1x kon hylse, 1x tau og 2x magneter. 3x deler port som består av 2x 2mm pinner og 1x låsebøyle. Totalt: 8 deler.

Mulige fordeler: Hurtig og enkel påkobling mot innfestingspunkt.

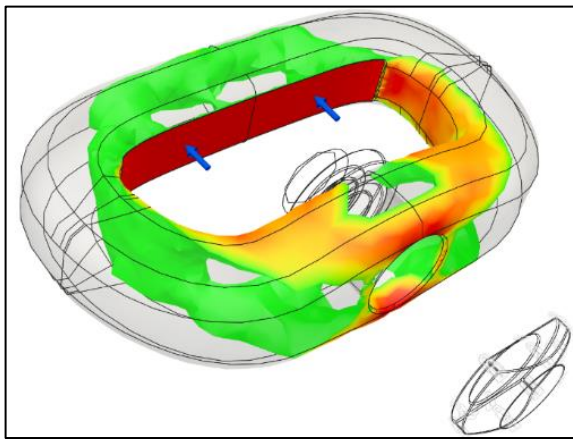
Mulige ulemper: Låsebøyle kan fryse fast. Aluminium er ikke magnetisk, og det må derfor benyttes stål som har ca. tre ganger så høy vekt.

Kommentar fra prototyping og testing av funksjonalitet: Løsningen fungerer fint i romtemperatur, men komponentene er små og kan være vanskelig å håndtere med hansker/votter.

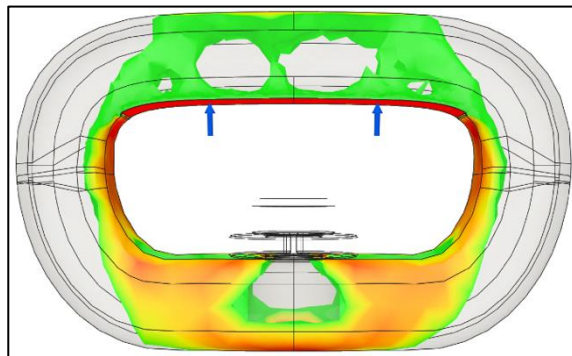
Mulige forbedringspunkter: Endre til en annen type sikring/låsing av tauet. Monteringsløsning for magnet. Bedre innfestingsmetode av tau enn knyting. Lage fjærbelastet pinne montert fra siden, slik at den fungerer som en utløsermekanisme.

4.1.4 Idéutvikling av svivelmekanisme

For utvikling av svivelmekanismen er det tatt utgangspunkt i designet på svivelmekanismen til eksisterende løsninger, og sett på mulige metoder for å redusere masse. Det er derfor tenkt å benytte topologioptimalisering for å simulere hvordan dette kan reduseres. Styrke- og topologisimuleringen som er gjennomført viser at det er en del masse på svivelen som ikke tilfører så mye styrke til delen. Det er derfor ønskelig å optimalisere designet på denne, slik at vekten reduseres, men at styrken holdes så høy som mulig. Det estetiske har også noe å si her, da svivelen ser stor ut på noen av prototypene, på grunn av størrelsesratioen mellom dem. Denne løsningen ble ikke prioritert og er dermed ikke ferdig. Den er derfor ikke inkludert videre i rapporten og resterende utvikling ligger i vedlegg D.

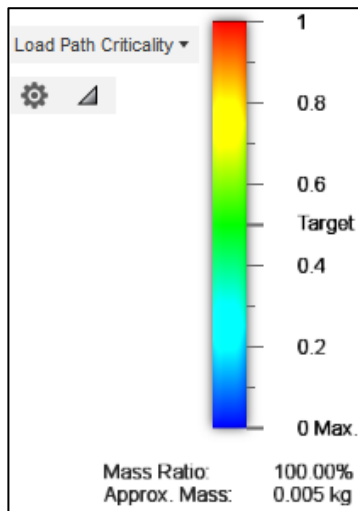


Figur 162: Non-stop Dogwear sin nåværende svivelbøyle. Topologisimulering. Laget av Martin Amlie.

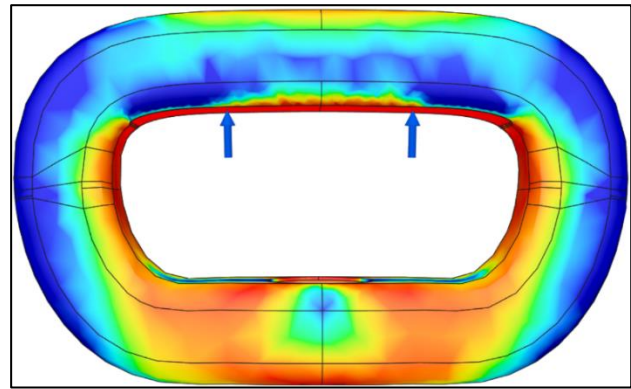


Figur 163: Non-stop Dogwear sin nåværende svivelbøyle. Topologisimulering. Laget av Martin Amlie.

Simuleringene viser at områdene som er grønne, og mørke- og lyseblå ikke tilfører så mye styrke til delen. De røde og gule områdene er kritiske for styrken og bør ikke forandres på, her må det heller forsterkes for å øke styrken. Fargeplottet er likevel relativt til de målene om vektbesparelse som er satt i simuleringen.



Figur 164: Graf som viser grad av kritisk masse.



Figur 165: Topologioptimalisering av svivelen. Laget av Martin Amlie.

4.2 Undersøkelse og evaluering av ideer

Brukerundersøkelse og evaluering av ideer fra idéutviklingen har blitt utformet i samarbeid med oppdragsgiver, og ble gjennomført på et møte hos Non-stop 15.03.2021. Først ble det gjennomført en kvalitativ undersøkelse med en deltakende observasjon. Til slutt ble det gjennomført en rask nedsling av ideer rundt det man ønsket å ta med videre, ideer som ønsket å forkaste eller ideer som kan brukes til inspirasjon for videre arbeid. Innsamlingen av data fra den kvalitative undersøkelsen og observasjon som er utført er dokumentert i vedlegg C.

4.2.1 Undersøkelsesprosess

Hva skal undersøkes

Det som skal undersøkes er hvordan testpersonen opplever og bruker de forskjellige 3D-printede modellene. Det er ønskelig å innhente kunnskap på de løsningene som utvikles, basert på erfaring med tilsvarende produkter.

Forberedelser

Forberedelser ble utført i form av at oppdragsgiver fikk informasjon tilsendt om beskrivelsen på de forskjellige ideene. Det ble også utformet et sett med kvalitative spørsmål som skulle besvares under evalueringsmøte.

Fremgangsmåte

Under møtet ble én og én idé presentert til oppdragsgivers representant, med tilhørende 3D-printet funksjonsmodell. Denne testpersonen fikk så litt tid til å analysere og teste ut funksjonsmodell. Deretter ble det stilt spørsmål i henhold til de spørsmålene som ble utformet på forhånd. Svarene fra evalueringen kan ses i vedlegg C. I tillegg ble det notert ned observasjoner, som ble tatt til betraktning ved videre utvikling.

Etter at testpersonen hadde gått gjennom og testet funksjonalitet og svart på kvalitative spørsmål ble det gjennomført en rask oppsummering av ideene. Deretter startet prosessen med nedsiling av ideer.

4.2.2 Nedsiling av ideer

For å gjøre prosessen enklere ble det bestemt å gruppere ideene litt annerledes enn det som var utført i idéutviklingsprosessen. Det ble endret til hvilke løsningstyper oppdragsgiver var interessert i at ble utviklet videre. Tre av de var tilknyttet kravspesifikasjonen for låseanordning til liten og stor hund, og den siste gruppen er rettet mot kravspesifikasjonen for låseanordning i beltet til hundefører.

Disse gruppene ble, i prioritert rekkefølge;

- Løsning med hurtig/panikkutløser uten svivelfunksjonalitet
- Karabinkrok med sekundærlås og svivelfunksjonalitet
- En klype med sekundærlås og svivelfunksjonalitet
- Alternative løsninger som alternativ til låseanordning

Ved å gruppere ideer blir det lettere å se koblinger mellom ideene og foredle dem videre.

Alle de 3D-printede funksjonsmodellene ble lagt på bordet og man gikk gjennom en og en. Løsningene ble evaluert raskt før oppdragsgiver besluttet om løsningen skulle være med videre, forkastes eller være en idé til inspirasjon.

Utvalgte ideer

1. En løsning med hurtig-/panikkutløser uten svivelfunksjonalitet.

Her var det ønskelig å gå videre med følgende idé: panikk-lås.

Forbedringspunkter på løsning fra møte med oppdragsgiver er: Å redusere materialmengden og gjøre den mindre. Fjerne svivelfunksjonen ettersom den skal sys fast i beltet. Låsesplint på enden av låsebolten for dobbelsikring (kan eventuelt være tilleggsfunksjon).

2. En karabinkrok med sekundærlås og svivelfunksjonalitet.

Her var det ønskelig å gå videre med følgende ideer: geometrisk heksagonal låseanordning, egget, svane, to-ports karabinkrok med dobbel fjæring.

Forbedringspunkter på løsning fra møte med oppdragsgiver er: Å lage en løsning som er en kombinasjon av de utvalgte ideene. Sekundærlås som vippes over/innover og hindrer at låseporten går opp. Oval/sirkulærformet.

3. En klype (som presses sammen) med en form for ekstra sikring og svivelfunksjonalitet.

Her var det ønskelig å gå videre med: stor klype, liten klype, compliant klype og sakseklype.

Forbedringspunkter på løsning fra møte med oppdragsgiver er: Å lage en løsning som er en kombinasjon av de utvalgte ideene. Skal se trygg ut. Ha chassis slik at den virker sikrere. Justere størrelsen og redusere godstykkelsen. Dobbelsikring (splint/trykknapp). Må trykke/presse sammen.

4. Alternative løsninger som kan fungere som et alternativ til låseanordning.

Her var det ønskelig å gå videre med og bruke følgende ideer til inspirasjon for løsning: hårnål, krok med hylse, mustad-krok og hengelås.

De ideene som ikke er nevnt ovenfor blir derfor forkastet før videre arbeid i konseptutviklingen. Oppdragsgiver begrunnet stort sett ideene som ikke ble valgt ut med at de følte vanskelig eller unaturlig å åpne, hadde deler som kan hekte seg fast i hund eller andre objekter, eller at den visuelle trykgheten til låseanordningen ikke var god nok.

4.3 Konseptutvikling

Konseptutvikling er den prosessen hvor ideene fra idéutviklingen blir videre raffinert til endelige løsninger. Basert på evalueringen og tilbakemelding på de utvalgte ideene er det utformet flere tankekart for å se om man finner nye måter og metoder å løse tilbakemeldingene på.

Konseptutviklingen er basert på evaluering av ideer og tilbakemeldinger fra oppdragsgiver. Videre blir konseptene kategorisert i følgende kategorier og prioriteringsrekkefølge i henhold til tilbakemeldinger fra oppdragsgiver:

1. Hurtigutløser
2. Karabinkrok med sekundærlås
3. Klyper
4. Alternative løsninger

Konseptutviklingsprosessen begynner med de løsningene som har høyest prioritering. Innad i hver kategori skal elementer fra de ulike produktene kombineres til en felles konseptmodell. Ettersom man blir ferdig, går man punktvis nedover de forskjellige kategoriene. Dette gjøres for å se om man kommer på et konsept som kan løse problemstillingen på en bedre måte.

Metodene som blir benyttet i konseptutviklingsprosessen er tankekart, skissering, CAD, Rapid prototyping, styrkesimulering, topologioptimalisering, brukerundersøkelse og iterativ metode.

Basert på tilbakemeldingene fra idéutviklingen, de utvalgte ideene og tankekartene begynte den videre prosessen med å skissere nye kvantitative strukturvariasjoner. Disse kan ses i vedlegg D. Basert på tidligere erfaring og hvordan løsningene man kom frem til gjennom skissering så ut: ble det besluttet at noen av de utvalgte ideene utførte de funksjonelle operasjonene dårligere enn andre. Det ble videre bestemt at de løsningene som ikke nådde opp, ikke ble prioritert videre i prosessen. Dette er også løsninger som gjennom evalueringen med Non-stop ble satt lavere i prioriteringen av videre løsninger.

For videre lesing om konseptutviklingsprosessen se vedlegg D. Her vises en utvidet beskrivelse av konseptene gjennom tankekart, skisser, prosessbeskrivelse, CAD-modeller, 3D-renderinger, 3D-printing og mer.

4.3.1 Hurtigutløser



Figur 166: Endelig versjon av Hurtigutløser. Laget av Martin Amlie.

Funksjonalitet, ergonomi og brukervennlighet

Utløsermekanismen fungerer slik at det er en uttrekkbar låsebolt som er fjærbelastet på innsiden av hovedkroppen. På enden av låsebolten sitter det en trekantet «ring» av rustfritt stål og som skal forenkle åpning. Denne bolten stikker ut på utsiden av hovedkroppen i lukket tilstand og låser bøylen i lukket posisjon. Skal bøylen åpnes må først låsebolten trekkes/fjæres tilbake ved at man drar i ringen; rett ut fra hovedkroppen. Med hensyn til ergonomi og brukervennlighet er en bit webbing med 10mm bredde og 60mm lengde montert på ringen for å forenkle åpningen med bruk av hansker, eller for personer med lav fingerferdighet og/eller gripestyrke.

Brukersituasjon: åpning av utløsermekanisme



Figur 167: Båndet er festet fast i utløsermekanismen på beltet.

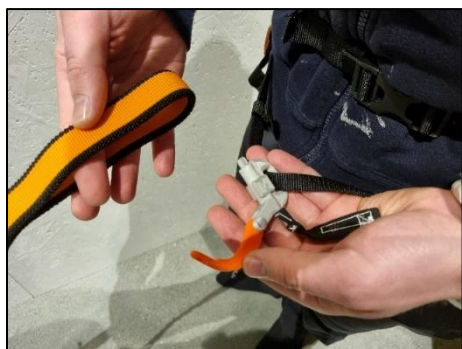


Figur 168: Tar tak i den påsydde biten med webbing, slik at man får bedre grep. Drar så ned for å utløse.



Figur 169: Her har den løst ut og låsebøylen har rotert på grunn av belastningen som går i retningen til båndet. Båndet glir fritt.

Brukersituasjon: lukking av utløsermekanisme



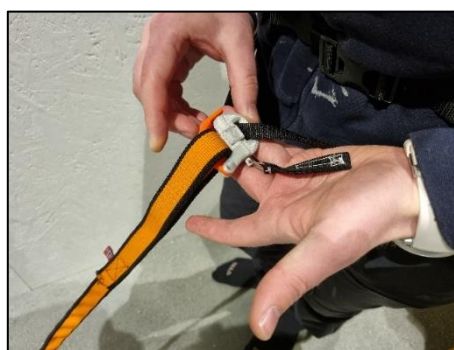
Figur 170: Utløser og bånd holdes i hver sin hånd.



Figur 171: Båndet tres over låsebøylen og låsebøylen legges inntil.





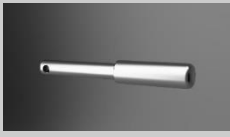
Figur 172: Holder fast i hovedkroppen på utløser og klemmer ned låsebøylen slik at den skal hekte seg på automatisk.


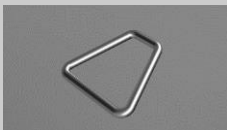




Figur 173: Her ser man låsebøylen klemt på plass.

Datablad for produkt

Tabell 15:
Datablad for Hurtigutløser.

Miniatyrbilde	#	Navn	Antall	Vekt [gram]	Materiale	Produksjon
	1	Hovedkropp	1	15.322	7075*	Stansing og smiing
	2	Låsebøyle	1	8.546	7075	Bøying og smiing
	3	Låsebolt	1	8.24	SS**	Dreining og boring

	4	Fjær	1	0.473	SS	Bøying og herding
	5	Trekantet ring	1	0.67	SS	Ekstrudering og bøying
	6	Nagle	1	1,842	SS	Ekstrudering og staking
	7	Webbing	1	0.354	Nylon	Vevd og sydd
		Total:	7	35.447	--	--

* Herdet aluminiumslegering / ** Rustfritt stål

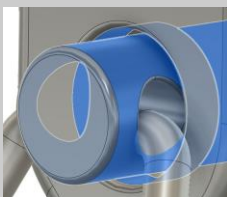
Simuleringer

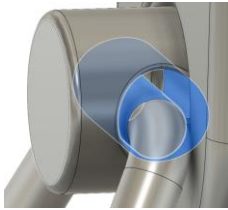
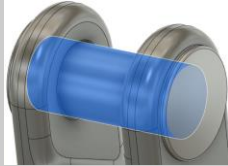
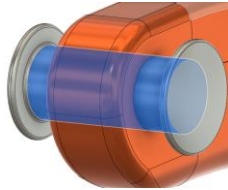
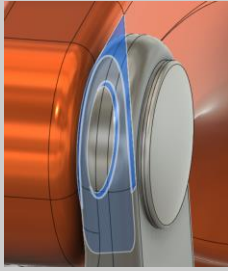

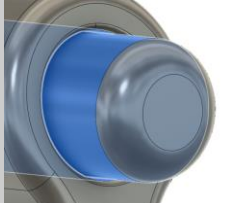
Simuleringer som er utført gjennom utviklingen av løsning kan ses i kapittel 2, i vedlegg D.

Toleranser og pasninger

Dette er en tabell som viser hvilke typer pasninger det skal være mellom de forskjellige delene. Det lar seg ikke gjøre å fastsette disse parameterne helt nøyaktig uten å vite fabrikkens produksjonsprosesser og toleranser på maskinparken. Dette brukes til siste evaluering med tanke på kravene i kravspesifikasjonen.

Tabell 16:
Pasninger mellom de endelige delene for Hurtigutløser.

Miniatyrbilde	Klaring mellom	Type pasning/klaring
	#1 og liten Ø på #3	Klaringspasning

	#3 og #5	Klaringspasning
	#6 og #1, og mellom undersiden av hode på nagle og utsiden av låsegaffelen	Presspasning
	#2 og #6	Klaringspasning
	#1 og #2	Klaringspasning
	#6 og stor Ø på #3	Klaringspasning
	#1 og stor Ø på #3	Klaringspasning

Produksjonsforløp

For å realisere denne løsningen er det tenkt ut et produksjonsforløp basert på materialer og deres tilhørende produksjonsprosess, men også i hvilken rekkefølge som må til for at den skal ferdigstilles på best, og mest mulig effektiv måte. Dette er viktig med tanke på å muliggjøre produksjon av løsning, produksjonskostnad og produksjonstid. Dette forløpet er:

1. Hovedkroppen (#1) trykkstøpes eller smis av 7075 aluminium.

2. Logoen må preges inn i hovedkroppen (#1) før hullene til låsebolt bores. Dersom ikke kan materialet og hullet deformeres slik at hullet blir ovalt. Logoen kan også fresen inn i formen som lager hovedkroppen.
3. Hovedkroppen (#1) spennes opp i en jigg før de to hullene med forskjellig dimensjon til akslingen (#3) og hullet i låsegaffel på hovedkroppen (#1), mot låsebøylen (#2) bores, med søylebormaskin eller fres.
4. Låsebøylen (#2) blir hydraulisk bøyd av et bolt-emne i 7075 aluminium, før den blir kaldflytpresset til riktig fasong i et to-delt frest stål-verktøy i en hydraulisk presse.
5. Låsebolten (#3) kappes i riktig lengde og dreies ned til riktig tykkelse der fjæren (#4) skal sitte. Fjær kjøpes som standarddel av underleverandør.
6. De bearbeidede emnene varmes opp til riktig temperatur over tid, og herdes i vann for å oppnå T6-kvalitet.
7. Hovedkroppen (#1) og låsebøylen (#2) tromles sammen med keramikkuler for å polere overflaten og slippe gradene etter tilvirkningsprosessen.
8. Hovedkroppen (#1) og låsebøylen (#2) elokseres for å beskytte overflaten og for å tilpasse løsningen til Non-stop sin grafiske profil.
9. En nagle settes inn mellom låsebøylen (#2) og låsegaffel før naglen presses sammen på hver side og ekspanderer ut til veggene på innsiden av hullene og på utsiden av låsegaffelen.
10. En 2mm pianotråd (fjærstål) hydraulisk bøyes som en trekantet ring (#5) med avrundede hjørner. Denne bør også med fordel punktsveises for at den ikke skal åpnes under bruk.
11. En 10mm bred webbing (#7) tres igjennom den trekantede ringen (#5) og brettes dobbelt før den sys i seg selv.
12. Fjæren (#4) tres på låsebolten (#3), låsebolten (#3) monteres inn i hovedkroppen (#1) og låses ved å montere den trekantede ringen (#5).

4.3.2 Karabinkrok med sekundærlås



Figur 174: Endelig versjon av Karabinkrok med sekundærlås. Laget av Lars Erik Vågen.

Funksjonalitet, ergonomi og brukervennlighet

Låsemekanismen fungerer slik at en fjærbelastet primærport er sikret med en sekundærlås av typen vaierport, som står i spenn fra ryggen på hovedkroppen mot primærporten. For å åpne må man først klemme vaierporten nedover (oppover på bildet), slik at primærporten fritt kan åpnes, ved at den klemmes tilbake som en karabinkrok.

Brukerscenario: påmontering av karabinkrok



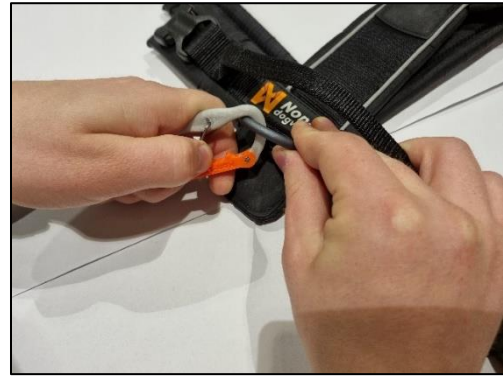
Figur 175: Karabinkroken og innfestingspunktet på hundesele holdes i hver sin hånd.



Figur 176: Vaierport på karabinkroken presses ned slik at primærporten ikke står i spenn.



Figur 177: Innfestingspunktet presses mot låseporten slik at den går opp. D-ringet smetter gjennom uten å måtte dytte låseporten inn med pekefingeren.



Figur 178: Karabinkroken er nå festet sikkert på seletøyet.

Brukerscenario: åpning av karabinkrok



Figur 179: Karabinkroken er festet fast i hundeselen. Vaierporten på karabinkroken bøyes ned slik at primærporten ikke står i spenn.



Figur 180: Pekefingeren brukes for å klemme primærporten inn samtidig som man holder vaierporten tilbake. Begynner dermed å dytte den ut fra innfestingspunktet.



Figur 181: Her er nesten ringen på seletøyet hekket helt av.



Figur 182: Karabinkroken er separert fra seletøyet.

Datablad for produkt

Tabell 17:

Datablad for Karabinkrok med sekundærlås.

Miniatyrbilde	#	Navn	Antall	Vekt	Materiale	Produksjon
	1	Hovedkropp	1	10,1	7075*	Bøying og smiing
	2	primærport	1	3,2	7075	Smiing og fresing
	3	Sekundærport	1	0,9	SS**	Bøying og herding
	4	Pinner til primærport	2	0,5	SS	Kapping og nagling
	5	Svivelbøyle	1	7,3	7075	Stansing og smiing
	6	Svivelbolt	1	3,8	SS	Stuking og dreining
	7	Svivelås	1	0,5	SS	Stansing og stuking
	8	Skive til svivelbøyle	1	0,5	SS	Stansing
	9	Friksjonsreducerende skive til svivelbolt	1	0,1	PTFE***	Stansing
		Total:	10	27,4	--	--

* Herdet aluminiumslegering / ** Rustfritt stål / *** Teflon

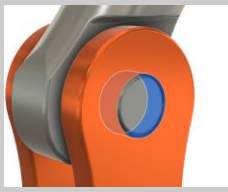
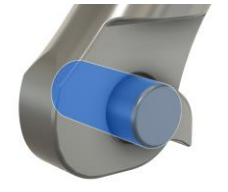


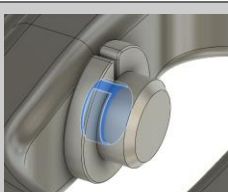
Styrkeberegninger

Simuleringer som er utført gjennom utviklingen av løsning kan ses i kapittel 4, i vedlegg D.

Toleranser og pasninger

Dette er en tabell som viser hvilke typer pasninger det skal være mellom de forskjellige delene. Det lar seg ikke gjøre å fastsette disse parameterne helt nøyaktig uten å vite fabrikkens produksjonsprosesser og toleranser på maskinparken. Dette brukes til siste evaluering med tanke på kravene i kravspesifikasjonen.

Tabell 18:
Pasninger mellom de endelige delene til Karabinkrok med sekundærlås.

Miniatyrbilde	Klaring mellom	Type pasning/klaring
	#2 og #4	Presspasning
	#1 i bunn og #4	Klaringspasning
	#1 og #3	Klaringspasning. Enden stukes til presspasning ved montering.
	#1, #5 og #6	Klaringspasning
	#6, og #7	Mellompasning

	#1 i topp og #4	Klaringspasning
	#1 og #5	Klaringspasning

Produksjonsforløp

For å realisere denne løsningen er det tenkt ut et produksjonsforløp basert på materialer og deres tilhørende produksjonsprosess, men også i hvilken rekkefølge som må til for at den skal ferdigstilles på best, og mest mulig effektiv måte. Dette er viktig med tanke på å muliggjøre masseproduksjon av løsning, lav produksjonskostnad og kort produksjonstid. Dette forløpet er:

1. Et rundt eller firkantet bolteemne kappes til riktig lengde.
2. Emnet spennes opp i en to-delt mandrelform før den blir hydraulisk bøyd rundt formen. Dette produserer den generelle fasongen til hovedkroppen (#1).
3. Det bøyde emnet legges i et to-delt frest og polert kaldflyt-verktøy, før det hydraulisk presses sammen. Denne delen av prosessen preger også inn logoen ved svivelbolten.
4. Kaldflyt-prosessen etterlater seg *flesk* på sidene, dette er overskuddsmateriale fra pressingen. Dette klippes bort i et annet to-delt verktøy.
5. Det bearbeidede emnet varmes opp til riktig temperatur og herdes i vann for å oppnå T6-kvalitet.
6. Komponentene etterbehandles ved tromling sammen med keramikkuler, metallkuler, sand og anodisering.
7. Primærporten (#2) produseres ved samme metode som steg 1-5.

8. Sekundærport (#3) produseres ved å kappe til stang av fjærstål i riktig lengde, og bøye denne til riktig form i en bøyemaskin.
9. Pinner til primærporten (#4) produseres ved å klippe stenger i riktig lengde, og nagle hodet.
10. Delene spennes opp i en spesialtilpasset jigg for boring av hull til svivelen, for innfesting av primærporten i hovedkroppen og begge hullene i selve hovedkroppen.

4.3.3 Liten klype



Figur 183: Endelig versjon av Liten klype. Laget av Martin Amlie.

Funksjonalitet, ergonomi og brukervennlighet

Enheten fungerer med samme funksjonalitet som en klesklype, ved at man klemmer sammen bakre del av klypen så vil fremre del åpne seg og tillate tilkobling til innfestingspunktet. Overlappet i munningen, sammen med sikringen (stopphylsene), gjør at dersom man presser inn en av trykkflatene (bak der logo er plassert), vil enheten fortsatt henge fast i innfestingspunktet. Kun dersom man presser begge trykkflatene inn mot hverandre vil enheten gi slipp på innfestingspunktet.

Selve trykkflaten er bredere enn munningen, og er på størrelse med en tommelfinger. Dette gjør at trykkflaten blir et punkt på enheten der det er naturlig å gripe den ved håndtering. Et design med slik intuitiv utforming vil bidra til at også personer med nedsatte eller begrensede kognitive evner vil kunne ha lettere for å ta produktet i bruk, da klesklypen er et produkt de aller fleste har et livslangt forhold til, spesielt blant eldre generasjoner.

Brukerscenario: påmontering av klype



Figur 184: Klypen holdes i en hånd og den andre holder på innfestingspunktet på seletøy: D-ring.



Figur 185: Klemmer inn klypen på hver side slik at den er åpen i front og kan påmonteres innfestingspunktet.



Figur 186: Klypen hektes på innfestingspunktet.



Figur 187: Klypen er fullt påmontert innfestingspunktet.

Brukersituasjon: åpning av klype



Figur 188: Klype er påmontert seletøyet til hund ved å være festet på påkoblingspunktet; en D-ring.



Figur 189: Klemmer klypen inn fra begge sider for å åpne klypene. Dette gjør at den enklere tres av.



Figur 190: Her er klypen heftet av D-ringens.





Figur 191: Klype og seletøy er separert fra hverandre.






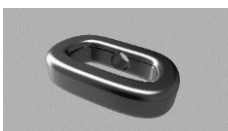




Styrkeberegninger

Simuleringer som er utført gjennom utviklingen av løsning kan ses i kapittel 7, i vedlegg D.

Datablad for produkt

Tabell 19:
Datablad for Liten klype.

Miniatyrbilde	#	Navn	Antall	Vekt	Materiale	Produksjon
	1	Øvre klype	1	4,95g	7075*	Stansing og bretteing
	2	Nedre klype	1	4.63G	7075	Stansing og bretteing

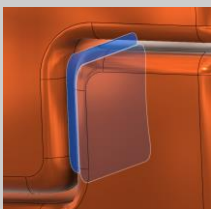
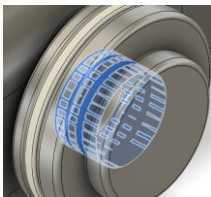
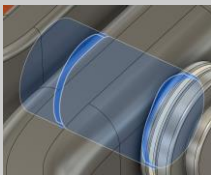
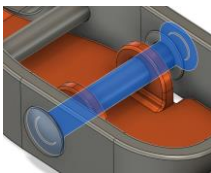
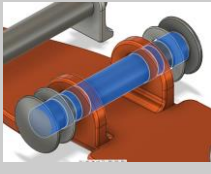

	3	Ytre kropp	1	8.28g	7075	Stansing og bretteing
	4	Torsjonsfjær	1	0.50g	SS	Bøying og herding
	5	Aksling	1	3.51g	SS**	Dreining og nagling
	6	Friksjonsreducerende skive til akslingen	2	0.10g	SS	Stansing
	7	Stopphylse	2	0.353g	7075	Dreining og pressing
	8	Svivelbøyle	1	7.3g	7075	Stansing og smiing
	9	Svivelbolt	1	2.45g	SS	Dreining
	10	Svivelås	1	0.27g	SS	Stansing og stukiing
	11	Skive til svivelbøyle	1	0.14g	SS	Stansing
	12	Friksjonsreducerende skive til svivelbolt	1	0.04g	PTFE***	Stansing
		Total:	13	32,976g	--	--



* Herdet aluminiumslegering / ** Rustfritt stål / *** Teflon

Toleranser og pasninger

Dette er en tabell som viser hvilke typer pasninger det skal være mellom de forskjellige delene. Det lar seg ikke gjøre å fastsette disse parameterne helt nøyaktig uten å vite fabrikkens produksjonsprosesser og toleranser på maskinparken. Hvilken type toleranse og pasning som er nødvendig mellom de forskjellige delene vises i tabell 20. Dette brukes til siste evaluering med tanke på kravene i kravspesifikasjonen.

Tabell 20:
Pasninger mellom deler for Hurtigutløser.

Miniatyrbilde	Klaring mellom	Type pasning/klaring
	#1 og #2	Klaringspasning
	#9, #10, #11 og #12	Mellompasning på #10, klaringspasning på #11 og #12
	#3, #8 og #9	Klaringspasning
	#3 og #5	Presspasning / sveist
	#1, #2 og #5	Klaringspasning
	#1, #2 og #6	Klaringspasning

	#1, #3 og #6	Klaringspasning
	#3 og #7	Presspasning

Produksjonsforløp

For å realisere denne løsningen er det tenkt ut et produksjonsforløp basert på materialer og deres tilhørende produksjonsprosess, men også i hvilken rekkefølge som må til for at den skal ferdigstilles på best, og mest mulig effektiv måte. Dette er viktig med tanke på å muliggjøre masseproduksjon av løsning, produksjonskostnad og produksjonstid. Dette forløpet er:

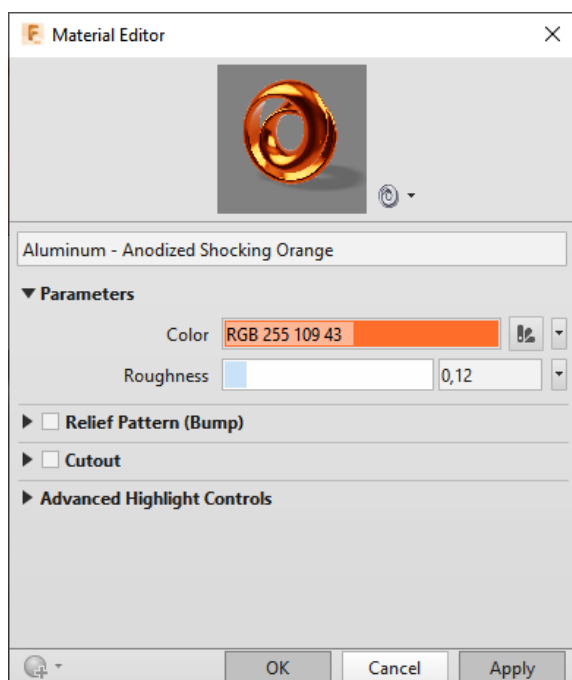
1. Stanse og brette den ytre kroppen (#3) av 2.5mm plate.
2. Stanse og brette øvre (#1) og nedre (#2) klype av 2mm plate, logoen preges inn i overflate i samme operasjon. Tuppen av klypene har tykkere gods og må derfor være lengre på det stansede emnet før de klemmes sammen i en presse, dette gjør de kortere og breiere. Overlappet og den innvendige radiusen maskineres.
3. Emnet til svivelen (#8) stanses, kaldflytpresses og det bores hull til svivelbolten (#9).
4. Svivelbolten (#9), akslingen (#5) og stopphylsene (#7) dreies.
5. De friksjonsreducerende skiven (#6) stanses ut av ark i PTFE, og stålskivene (#6 og #11) stanses ut av plater.
6. Svivelbolten (#9), den friksjonsreducerende skiven (#6) i PTFE, stålskiven (#11), svivellåsen (#10) og svivelbøylen (#8) monteres i bakkant av den ytre kroppen (#3).
7. En herdet torsjonsfjær (#4) bøyes i en hydraulisk maskin.
8. Alle metalldelene tromles og poleres for å fjerne grader på kantene.
9. Aluminiumsdelene elokseres.

10. Øvre- (#1) og nedre klype (#2), torsjonsfjær (#4), akslingen (#5) og to friksjonsreducerende stålskiver (#6) monteres sammen før akslingen (#5) nagles med press og induksjon fra hver side.

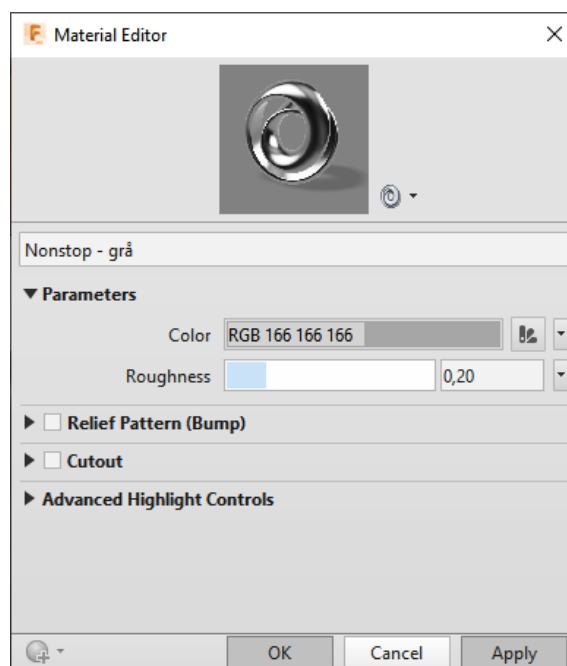
11. Stoppfjalsene (#7) presses fast i hver side av den ytre kroppen (#3).

4.3.4 Grafisk profilering

Oppdragsgiver har allerede en godt etablert grafisk profil på produktene i sitt sortiment. Det er derfor fremmet et krav til at oppdragsgivers grafiske profil skal benyttes i størst mulig grad. Fargekoden i RGB er vist i figur 192 og figur 193 og er innhentet fra oppdragsgiver sin leverandør. Dette er de fargekodene som benyttes på de produktene som er i salg per 20. mai 2021, og er den grafiske profilen som de har planlagt å videreføre på kommende produkter.



Figur 192: Shocking Orange. Skjermdump fra Fusion 360.



Figur 193: Non-stop sin gråfarge. Skjermdump fra Fusion 360.

Fargekoder

Oransje: RGB 255 109 43

Sølv: RGB 166 166 166

Ufarget: Blankt ubehandlet rustfritt stål på akslinger og låsepinner på produktene.



Figur 194: Eksempel på profilering med Non-stop Dogwear sin logo på Karabinkrok med sekundærlås. Laget av Lars Erik Vågen.



Figur 195: Eksempel på profilering med Non-stop sin logo på Hurtigutløser. Laget av Martin Amlie.



Figur 196: Eksempel på profilering med Non-stop sin logo på Liten klype. Laget av Martin Amlie.

4.3.5 Brukerundersøkelse

Det ble utført en brukerundersøkelse for å avdekke hvordan faktiske brukere benytter seg av løsningene som utvikles. Det er bestemt å benytte seg av en fokusgruppe innenfor hundemiljøet for brukerundersøkelsen, og vil gjennomføres ved å bruke deltakende observasjon og å stille kvalitative spørsmål. De kvalitative spørsmålene er av direkte betydning for den videre utviklingen av designet. Det legges vekt på å teste brukervennlighet og funksjonaliteten av de løsningene som har blitt videreutviklet i konseptutviklingen.

Hensikten med brukertesting er å få en forståelse for hvor intuitive løsningene er i bruk, hvordan brukerne oppfatter løsningene og hvordan interaksjonen foregår med de forskjellige funksjonene.

Fokusgruppen er i samråd med veileder bestemt at skal bestå av brukere fra hundemiljøet i nærområdet, og med fokus på bedrifter eller personer som har stor kompetanse på hund, og/eller selger lignende produkter.

For å lese alle kvalitative svar og observasjoner fra brukerundersøkelsen, se Vedlegg E: «Brukerundersøkelse».

Fremgangsmåte ved brukerundersøkelse

Alle testpersoner får fortalt forhåndsbestemt informasjon før overlevering av de forskjellige løsningene. Hver løsning presenteres og bedømmes først hver for seg, og det blir så foretatt en sammenligning mellom produktene til slutt. Den forhåndsgitte informasjonen er som følger:

Vi holder på å utvikle en ny låseanordning på vegne av Non-stop Dogwear og trenger derfor en fokusgruppe innenfor hundemiljøet for brukertesting av våre løsninger. Vi lurer derfor på om du/dere vil teste ut de løsningene vi har utviklet, og om vi kan stille deg noen spørsmål vedrørende disse.

Dette er låseanordninger som skal benyttes for innfesting i seletøyet på hund og som hurtigutløser for å feste på belte til hundefører.

Når testpersonen får overlevert en løsning blir det først satt av litt tid til å fikle med produktet. Deretter stilles det tre utvalgte spørsmål til testpersonen, der han får god tid til tenke og svare. Disse spørsmålene er som følger:

Deretter stilles det tre utvalgte spørsmål til testpersonen, hvor han får god tid til å tenke gjennom. Disse spørsmålene er:

1. Kommer det tydelig frem hvordan produktet fungerer?
2. Hvordan synes du det er å bruke produktet? (med tanke på ...)
 - a. Størrelse: (Hjelpetekst: er det noe som er for stort eller for lite?)
 - b. Form: (Hjelpetekst: er produktet pent å se på? Virker produktet trygt å bruke?)
 - c. Brukervennlighet: (Hjelpetekst: hvordan føles det å bruke produktet?)
 - d. Låsemekanisme: (Hjelpetekst: hva synes du om sekundærlåsen?)
3. Har du noen kommentarer til mulige forbedringer eller noe som kunne vært utført annerledes?

Samtidig som det stilles spørsmål blir det utført observasjoner av testperson(er) som blir skrevet inn i dokumentet.

Analyse og drøfting av innsamlede data

Hurtigutløseren ble tatt godt imot. Noen hadde fra før av kjennskap til tidligere produkt fra Non-stop, men flere av testpersonene visste ikke hva det var. De som ikke visste hva det var, forsto også i stor grad hvordan man bruker det og så hensikten. Flesteparten kommenterte at størrelsen og formen på produktet var passe stor, og at de syntes det passet fint inn med eksisterende produkter fra Non-stop.

Noen likte at den skulle være innsydd på belte, og noen ville at den skulle kunne tas av, slik at man kan bytte eller ettermontere den på et annet belte.

Det observeres at flesteparten forstod hvordan funksjonaliteten fungerer, uten at dette måtte forklares nærmere. Ved et tilfelle var det en som ikke helt skjønnte hvilke type produkt det var og kommenterte at man ikke forsto, og da fikk testpersonen forklart hvordan det fungerer.

For karabinkroken med sekundærlås var det litt delte tilbakemeldinger, men mange hadde positive tilbakemeldinger å dele. De aller fleste kommenterte at de likte størrelsen, og at den hverken følte for stor eller for liten. Sekundærlåsen var det noen som kommenterte at de likte

den tidligere løsningen bedre, men noen kommenterte også at de likte denne sekundærlåsen i stedet for, da den virket enklere å håndtere etter testing. Et par av de som testet hadde fått flere tilbakemeldinger fra kunder om utfordringer med den tidligere løsningen, nemlig at den blir litt slarkete over tid og ikke låser seg like godt. Dette er en utfordring som Non-stop har vært klar over, og er en av faktorene for at det utvikles nytt design gjennom denne bacheloroppgaven.

Det observeres at med unntak av en person, forsto alle funksjonen i produktet raskt. Den ene personen som til å begynne med hadde litt utfordringer, brukte noe lengre tid (10-15 sekunder), men fant også selv ut av enheten uten at det var behov for nærmere forklaring. De fleste håndterer karabinkroken ved å holde den i høyre hånd, åpne sekundærporten med høyre pekefinger, for så å åpne primærport med motsatt hånd. To av testpersonene åpnet både primær- og sekundærport med en hånd. En av testpersonene åpnet kun sekundærporten ved anhuking og brukte D-ringen til å åpne primærporten.

For Compliant klype så var det mange negative/usikre tilbakemeldinger, da mange hadde store utfordringer med å forstå funksjonalitet og bruksområde.

Enkelte var i tvil om at gummiklossen var en god nok sikring av enheten, og hvordan denne sikringen skulle benyttes.

Det observeres at mange var usikre løsningen på hvordan den fungerte. Enkelte av testpersonene turte ikke å prøve den, og virket usikre til designet på den. Flere av testpersonene kommenterte at de ikke følte den så særlig sikker ut. «Selv om den sikkert er det, så føles det ikke slik». Tre av testpersonene måtte i tillegg stanses under testen da de holdt på å ødelegge enheten.

Fra brukertesting observeres det at testpersonene lett aksepterer og forstår de konseptene som ligner helt eller delvis på allerede eksisterende produkter. Derimot blir det økt skepsis og redusert forståelse desto mindre testpersonene er i stand til å sammenligne med eksisterende produkter. Det observeres også at produkter vil bli vanskeligere å håndtere desto mindre de er i relasjon til hånden på personen som skal benytte dem. Dette medfører at på mindre produkter bør det stilles høyere krav til ergonomisk riktig designutforming, for å kunne opprettholde funksjonen. Det medfører også at det potensielt vil kunne være et minimumskrav til størrelse, da krav til størrelse på endelig produkt ikke skal gå på bekostning av funksjon og ergonomi.

4.3.6 Midtveiseevalueringer

Midtveiseevalueringer er evalueringer av løsninger som er utført fortløpende i konseptutviklingsprosessen sammen med oppdragsgiver.

Det er gjennomført tre evalueringer i perioden mellom 15.03 og 06.05, hvor 15.03 var datoen da siste evaluering av løsninger ble gjennomført for idéutviklingen. 06.05 var datoen for siste evalueringen av løsninger for konseptutviklingen. På siste evaluering ble kun små kosmetiske endringer påpekt, slik at nye endringer ikke ville ta for lang tid å implementere, ettersom bacheloroppgaven på dette tidspunktet straks skal leveres inn. Tilbakemeldinger som ble gitt ved de forskjellige evalueringene kan ses i vedlegg D. Tilbakemeldingene er strukturert ettersom hvor i utviklingsprosessen de har forekommet, på de forskjellige løsningene. På denne måte får leseren en rød tråd gjennom det arbeidet som er utført i konseptutviklingen.

Sammendrag fra siste og viktigste evaluering

Den generelle tilbakemeldingen på arbeidet som var utført, var at det så veldig bra ut. Oppdragsgiver var positiv til konseptene som ble fremlagt ved møte, og ønsket å jobbe videre med to av de mot produksjon. Den ene var Hurtigutløser og den andre Karabinkroken med sekundærlås. På de løsningene de ønsket å jobbe videre med mot produksjon kom det fram et par forslag på kosmetiske endringer de ville ha utført. Disse endringene kan ses i sin helhet under de forskjellige løsningene i vedlegg D.

Det var også ønskelig å se videre på en tredje løsning, nemlig løsningen Liten klype. Denne løsningen skulle fungere som et alternativ til karabinkroken. Denne kan også bli realisert dersom den er sterk nok etter videre utvikling og simuleringer. Det ble også sagt at de kunne opprette kommunikasjon med produsenten, slik at man kan få tilbakemelding på hva de mener må endres for å få den helt produksjonsklar.

4.4 Evaluering av konsepter

De utvalgte konseptene har gått gjennom mange iterasjoner med brainstorming, skissering, digital tegning og rapid prototyping. Det har jevnlig vært evaluering med oppdragsgiver for å sikre kontinuerlige forbedringer på designet, slik at sluttresultatet i størst mulig grad imøtekommer oppdragsgiver sine krav. Det har også blitt utført brukerundersøkelse for å

innhente tilbakemeldinger på de endelige konseptene. Til slutt skal disse konseptene nå evalueres opp mot kravspesifikasjonen til oppdragsgiver, mot problemstillingen og dens delspørsmål som ble formulert i punkt 1.3.1.

For å evaluere måloppnåelsen til de forskjellige konseptene må det gjennomføres en objektiv vurdering. Vurderingen baserer seg på det som er utviklet, og de dataene man har til rådighet. Vurderingen gjøres opp mot de forskjellige kravene i kravspesifikasjonen, og måloppnåelsen vurderes etter om det er et ytelseskrav eller funksjonskrav. Ytelseskrav vurderes med 1 poeng, og funksjonskrav vektet etter måloppnåelse på en skala fra 1 - 1,5 - 2. Dersom konseptet ikke oppfyller kravet etter evaluering, får det 0 poeng.

4.4.1 Evaluering av krav: total lengde

Total lengde er definert, i henhold til delkapittel 1.3.1 om problemstilling, som: *Den totale lengden på låseanordningen og alle dens delkomponenter, montert sammen.*

Kravspesifikasjonen spesifiserer

- Kravet for låseanordning i beltet til hundefører: ikke spesifisert noen krav til lengde.
- Kravet for låseanordning til stor og liten hund: 90mm og 70mm, inkludert svivelbøyle.

Evalueringskriteriet er definert som: *Løsningen må ikke være for lang slik at den blir uhåndterbart for små / store hender, og må være innenfor kravet i kravspesifikasjonen.*

For å kalkulere den totale lengden er det tatt utgangspunkt i CAD-modell i Autodesk Fusion 360.

Evaluering av Hurtigutløser

Det er som nevnt, ikke gitt noen krav til total lengde på hurtigutløser. Det er uansett tatt hensyn til den totale lengden i utviklingen, med tilsvarende løsninger som utgangspunkt. Det er ingen fastsatte krav som den skal evalueres mot, men som en kommentar så er den ikke større enn nødvendig, eller tilsvarende løsninger.

Evaluering av Karabinkrok med sekundærlås

Karabinkrok med sekundærlås evalueres mot kravet for låseanordning til stor hund og har krav til lengde på maks 90 millimeter, inkludert svivelfunksjon. Den endelige løsningen har en total lengde på 86 millimeter og oppfyller kravet for løsning til stor hund.

Evaluering av Liten klype

Liten klype evalueres mot kravet for låseanordning til liten hund og har krav til lengde på maks 70 mm, inkludert svivelfunksjon. Den endelige løsningen av Liten klype kom på akkurat 70 millimeter og oppfyller kravet for løsning til liten hund.

Tabell 21:
Evaluering av krav: total lengde.

Evaluering: Total lengde	Verdi (millimeter)	Ja	Nei
Hurtigutløser	*	*	*
Karabinkrok med sekundærlås	86	x	
Liten klype	70	x	

* Ikke gitt noen krav til lengde.

4.4.2 Evaluering av krav: totalvekt

Totalvekt er definert, i henhold til delkapittel 1.3.1, som: *Den samlede vekten på låseanordningen og alle dens delkomponenter.*

Kravspesifikasjonen spesifiserer

- Kravet for låseanordning i beltet til hundefører er: totalvekt under 30 gram.
- Kravet for låseanordning til stor og liten hund er: vekt ca. 20 gram for 70 mm, og ca. 30 gram for 90 mm løsning.

Evalueringskriteriet er definert som: *Løsningen må ikke bli for tung til å kunne benyttes på små hunder og må være innenfor kravet i kravspesifikasjon.*

For å beregne totalvekt er det tatt utgangspunkt i CAD-modell i Autodesk Fusion 360 på valgt løsning med korrekte materialeegenskaper.

Evaluering av Hurtigutløser

Hurtigutløser har fått et krav på totalvekt under 30 gram. Dette kravet har blitt analysert flere ganger, og det virker å være litt usikkerhet rundt hvorvidt dette er et reelt krav. Dagens tilsvarende løsninger er produsert i stål og har en totalvekt på rundt 54 gram. Hurtigutløseren som er utviklet er i aluminium og er derfor betraktelig lettere. Ettersom den totale vekten på den endelige modellen er på 35,477 gram, anser man det kravet som oppfylt. Selv om den overgår kravet med 5,477 gram.

Evaluering av Karabinkrok med sekundærlås

Karabinkrok med sekundærlås evalueres mot kravet for låseanordning til stor hund og har krav til totalvekt på ca. 30 gram. Den totale vekten på den endelige modellen er på 27,4 gram og den oppfyller derfor kravet i kravspesifikasjonen som har blitt gitt.

Evaluering av Liten klype

Liten klype evalueres mot kravet for låseanordning til liten hund og har krav til totalvekt på ca. 20 gram. Den totale vekten på den endelige modellen er på 33,4 gram og den oppfyller derfor ikke kravet i kravspesifikasjonen som har blitt gitt.

Tabell 22:
Evaluering av krav: totalvekt.

Evaluering: Totalvekt	Verdi (gram)	Ja	Nei
Hurtigutløser	35,447	X	
Karabinkrok med sekundærlås	27,4	X	
Liten klype	33,4		X

4.4.3 Evaluering av krav: bruddstyrke

Bruddstyrke er definert, i henhold til delkapittel 1.3.1, som: *Maksimum belastning -målt i kilo- som låseanordningen tåler å bli utsatt for i strekkretning, uten at den går i brudd.*

Kravspesifikasjonen spesifiserer

- Kravet for låseanordning i beltet til hundefører er: minst 250 kg.
- Kravet for låseanordning til stor og liten hund er: minst 190kg for 70mm, og minst 250 kg for 90mm.

Evalueringskriteriet er definert, i henhold til delkapittel 1.3.1, som: *Løsningen må tåle oppgitt maksbelastning. Må være innenfor kravet i kravspesifikasjon.*

For å evaluere kravet til bruddstyrke har det blitt utført styrkesimuleringer. Ettersom disse styrkesimuleringene ikke gir et presist svar, så må disse simuleringene vurderes individuelt. Simuleringen er utført med en kraft på enten 2500 N, tilsvarende 250 kg, eller 1900 N, tilsvarende 190 kg, ettersom lengden på løsning og kravet det evalueres mot. Svaret som avleses er den interne belastningen i komponenten, hvor maks belastningsgrense er materialets flytegrense på 503 MPa.

Evaluering av Hurtigutløser

Hurtigutløseren evalueres mot kravet for låseanordning i beltet til hundefører, og har et krav til bruddstyrke på minimum 250 kg. Ser man på simuleringene som er utført viser disse at Hurtigutløseren tåler en belastning på 2500 N godt, fordi det er svært små områder som blir utsatt for belastninger over flyte- og bruddgrensen. Likevel oppstår det små slitasjepunkter mellom naglen og innfestingspunkt på låsebøylen, og mellom oversiden av låsebolten og hullet denne ligger i på hovedkroppen.

Evaluering av Karabinkrok med sekundærlås

Karabinkrok med sekundærlås evalueres mot kravet for låseanordning til stor hund, og har et krav til bruddstyrke på minimum 250 kg. Ser man på simuleringene som er utført viser disse at Karabinkrok med sekundærlås tåler en belastning på 2500 N godt, fordi det er svært små områder som blir utsatt for belastninger over flyte- og bruddgrensen. Likevel oppstår det små slitasjepunkter mellom primærporten og hovedkroppen, og i innfestingshullene til sekundærporten.

Evaluering av Liten klype

Liten klype evalueres mot kravet for låseanordning til liten hund, og har et krav til bruddstyrke på minimum 190 kg. Ser man på simuleringene som er utført viser disse at Liten klype tåler belastningen på 1900 N, men at det oppstår en del plastisk deformasjon på innsiden av klypens radius. En del av dette problemet er dimensjonsforskjellen på 8mm i klypen og ca. 5mm på den rektangulære ringen som benyttes, ringen får også en del belastninger. Kontaktflaten til akslingen og svivelbolten belastes også med påkjenninger som passerer flytegrensen og det vil kunne oppstå lokale deformasjoner ved hard bruk.

Konklusjon

Alle tre løsningene oppnår kravet til bruddstyrke. Dette er basert på simuleringene som er utført og analysen av disse.

Tabell 23:
Evaluering av krav: bruddstyrke.

Evaluering: Bruddstyrke	Figur*	Ja	Nei
Hurtigutløser	66*	X	
Karabinkrok med sekundærlås	104*	X	
Liten klype	164*	X	

* Figur hentet fra Vedlegg D.

4.4.4 Evaluering av krav: svivelfunksjonalitet

For å evaluere kravet til svivelfunksjonalitet tas det utgangspunkt i CAD-modell.

Kravspesifikasjonen spesifiserer

- Kravet for låseanordning i beltet til hundefører er: uten svivelfunksjonalitet.
- Kravet for låseanordning til stor og liten hund er: svivelfunksjon tilpasset tre forskjellige størrelser, henholdsvis; 10, 15 og 20 mm webbing*

*Forskjellige størrelser på svivelbøyle har ikke vært nevnt av oppdragsgiver ved utvikling. Den svivelen som er benyttet på utviklede løsninger er deres eksisterende og er benyttet ved utvikling av dagens løsning.

Konklusjon

Både Karabinkrok med sekundærlås og Liten klype har svivelfunksjonalitet og oppfyller derfor kravet i kravspesifikasjonen. Hurtigutløser skal ikke ha svivelfunksjonalitet og oppfyller dermed kravet ettersom den er utviklet uten svivelfunksjon.

Tabell 24:
Evaluering av krav: svivelfunksjonalitet.

Evaluering: Svivelfunksjonalitet	Ja	Nei
Hurtigutløser	Ja	
Karabinkrok med sekundærlås	Ja	
Liten klype	Ja	

4.4.5 Evaluering av krav: fastfrysing

Fastfrysing er definert, i henhold til delkapittel 1.3.1, som: *Tilstand som oppstår i -eller mellomkomponenter på en slik måte at funksjonalitet blir begrenset eller forhindret. Tilstanden oppstår som følge av kombinasjon av temperatur og fukt; «det å fryse fast».*

Kravspesifikasjonen spesifiserer

- Kravet for låseanordning i beltet til hundefører er: ingen krav om fastfrysing.
- Kravet for låseanordning til stor og liten hund er: må tale påkjenninger som frost, is og snø.

Evalueringskriteriet for Fastfrysing, som henhold til delkapittel 1.3.1, er: *Enheten må testes for funksjonalitet ved fastfrysing. Dette kan gjøres ved å kjøle ned enheten og tilføre fukt. Enheten skal så gjennomgå tester for å avdekke hvor fastfrysing og obstruksjoner oppstår.*

Ettersom testing av utviklede løsninger ikke lar seg gjøre, så blir det vanskelig å teste faktisk fastfrysing på endelig produksjonsmodell. Dermed blir evaluering basert på funn fra testing av obstruksjonspunkter. Basert på dette kan man evaluere funksjoner, toleranser og klaringer på løsningene og dermed gi en mest mulig objektiv vurdering rundt oppfyllelsen av kravet.

Evaluering av Hurtigutløser

Hurtigutløseren evalueres mot kravet for låseanordning i beltet til hundefører og har ingen fastsatte krav, men ettersom løsningene som utvikles skal benyttes i tilsvarende miljøer, er det bestemt at Hurtigutløser skal evalueres etter samme krav til fastfrysing som de to andre løsningene.

Denne løsningen vil ha utfordringer i området mellom hovedkroppen og låsebolten. Dette området har liten klaring, og dersom det kommer fukt og/eller snø inn så vil det kunne sette funksjonen ut av spill ved at det fryses fast. Fjæren som er montert gjør dette mer sannsynlig, da denne er avhengig av fri passasje i aksialretningen for å opprettholde funksjonalitet. Dersom dette fryser fast vil ikke låsepinnen kunne trekkes tilbake slik at hurtigutløseren ikke åpner seg.

Evaluering av Karabinkrok med sekundærlås

Karabinkrok med sekundærlås evalueres mot kravet for låseanordning til stor hund og har krav om at det skal tåle påkjenninger som frost, is og snø. Karabinkroken vil være godt rustet mot fastfrysing da eneste lokasjon fastfrysing kan oppstå er rundt akslinger med radial bevegelse. Ettersom alle akslinger er tilsluttet komponenter med lang relativ momentarm, vil dette sannsynlig ikke utgjøre et problem, slik som funnene fra testing av obstruksjonspunktene viste.

Evaluering av Liten klype

Liten klype evalueres mot kravet for låseanordning til liten hund og har krav om at den skal tåle påkjenninger som frost, is og snø. For Liten klype så ser man at det vil kunne oppstå utfordringer med fastfrysing på et par områder. Klypene er avhengig av at det ikke er noe mellom klemflatene (bakerst) for å ha fri passasje. Dette betyr at dersom snø, is eller fuktighet kommer seg inn og bygger seg opp gjennom klaringene på klypen, så kan funksjon opphøre.

Konklusjon

Basert på evalueringen så kommer det klart frem at Karabinkrok med sekundærlås vil ha færrest utfordringer med fastfrysing og oppfyller dette kravet. Hurtigutløseren har mulighet for fastfrysing, men at denne sannsynligheten er liten, for det første, at løsningen er påmontert eier og dermed være mindre i kontakt med snø, enn dersom den hadde vært fastmontert på hund. For det andre blir drakraften når man åpner funksjonen så stor, at eventuell fastfrysing burde

elimineres. Løsningen kan derfor anses å oppnå dette kravet, men med mindre måloppnåelse enn Karabinkroken. Siste løsningen, Liten klype, har noen svakheter som kan føre til fastfrysing, men dette er i ytterpunktene, samtidig er løsningen tiltenkt å være et produkt som er retter mer mot hverdagsaktiviteter, slik at disse ytterpunktene når det kommer til tenkelige scenarier kan justeres litt. Det er derfor satt at løsningen oppfyller kravet til fastfrysing, men med minst måloppnåelse av de tre løsningene.

Basert på disse evalueringene vektes de forskjellig, som vist i tabell 25;

Tabell 25:
Evaluering av krav: fastfrysing.

Evaluering: Fastfrysing	Vekting
Hurtigutløser	1,5
Karabinkrok med sekundærlås	2
Liten klype	1

4.4.6 Evaluering av krav: produksjon

Kravet til produksjon består av krav til produksjonskostnad og produksjonsvolum.

Produksjonskostnad er definert, i henhold til delkapittel 1.3.1, som: *Hvor høy innkjøpspris Non-stop må betale per enhet.*

Evalueringkriteriet for produksjonskostnad, som henhold til delkapittel 1.3.1, er: *Vanskelig å fastsette da man ikke har kjennskap til endelig produksjon, men det går an å sammenligne fasing, vekt, antall deler og kompleksiteten av monteringen med eksisterende og tidligere løsninger fra Non-stop på et teoretisk grunnlag.*

Kravspesifikasjonen spesifiserer

Kravet for låseanordning i beltet til hundefører er:

- Bruker ca. 25.000 stk. i året og antallet øker med ca. 20-30% hvert år.
- Krav til produksjonskostnad på 30,- Kr stykk, optimalt med kostnad nærmere 20,- Kr. *

Kravet for låseanordning til stor og liten hund er:

- Produserer ca. 90.000 kroker i året og antallet øker med ca. 20-30% hvert år. **

- Krav til produksjonskostnad på 30,- Kr stykk, optimalt med kostnad nærmere 20,- Kr.

* Produksjonskostnaden som er gitt som krav er usannsynlig lav sammenlignet med utsalgspris på tilsvarende løsningen.

** Det er viktig å påpeke at dette er totalt produksjonsvolum, og ikke for per løsning som eventuell utvikles.

For å evaluere kravene til produksjon ble det gjennomført en evaluering basert på løsningen som er utviklet, antall deler, produksjonsforløpet for løsning og produksjonsmetoder, toleranser og pasninger, for deretter å gjøre en objektiv vurdering rundt oppnåelsen av om kravet er mulig.

Evaluering av Hurtigutløser

Hurtigutløser evalueres mot kravet for låseanordning i beltet til hundefører og har krav at det skal kunne produseres ca. 25.000 enheter i året med et økende antall på 20-30 % hvert år.

Optimal produksjonskostnad per stykk er 30,- Kr.

Hurtigutløseren innehar mindre materiale enn oppdragsgivers eget produkt, men har derimot en ekstra monteringsprosess, dette er webbingen som er påsydd låsebolten. Oppdragsgivers produkt er laget av stål, mens denne løsningen er produsert i aluminium. Dette gjør den lettere, men materialkostnaden går opp. Det er uvisst hva Non-stop sin kostpris på eksisterende løsning er, men det er naturlig å anta at den nye løsningen kommer til å ligge på et litt høyere prisnivå. Dette er fordi produksjonsmetodene og monteringsprosessene vil være tilnærmet lik, men har dyrere materialer.

Evaluering av Karabinkrok med sekundærlås

Karabinkrok med sekundærlås evalueres mot kravet for låseanordning til stor hund og har krav om at det skal kunne produseres ca. 90.000 enheter i året med et økende antall på 20-30 % hvert år. Optimal produksjonskostnad per stykk er 30,- Kr.

Karabinkrok med sekundærlås har større materialforbruk enn oppdragsgivers tilsvarende produkt, men har derimot færre deler. Dette fører til lavere antall monteringsledd i produksjonen. I tillegg er monteringen av enkeltkomponentene enklere. Foruten fordelene av færre deler, har de monterte delene ikke samme klaringer som tidligere løsninger, som hadde utfordringer med fastfrysing. Marginalt større materialforbruk vil øke kostnaden over et større produksjonsvolum. Fra tidligere samtaler med oppdragsgiver har man en viss formening om innkjøpspris på eksisterende løsninger, og da vil denne løsningen i stor grad plassere seg i dette området og

derfor oppnå kravet i kravspesifikasjonen. En bidragsyter til dette er at leverandøren allerede har kjennskap til og har erfaring fra produksjon av tilsvarende løsning som Karabinkrok med sekundærlås.

Evaluering av Liten klype

Liten klype evalueres mot kravet for låseanordning til liten hund og har krav om at det skal kunne produseres ca. 90.000 enheter i året med et økende antall på 20-30 % hvert år. Optimal produksjonskostnad per stykk er 30,- Kr.

Den innehar mer materiale enn oppdragsgivers eget produkt. Enheten består også av flere deler, og vil ha en lengre produksjonsprosess. Selve monteringsprosessen er også noe mer komplisert, hvilket kan føre til ekstra tidsbruk i prosessen.

Konklusjon

Basert på disse evalueringene kan det konkluderes med at Karabinkroken med sekundærlås vil oppfylle krav til produksjon i kravspesifikasjonen. Dette fordi den i stor grad tilsvarer dagens løsninger på samme område, og burde ikke gi store usikkerheter ved pris. Hurtigtutløseren burde i stor grad oppfylle det samme, men kostnaden som er oppgitt i kravspesifikasjonen, er vurdert til å være vanskelig å imøtekomme. Trolig vil produksjonskostnaden på denne løsningen være litt høyere, men er nokså lik dagens eksisterende løsning, slik at den burde oppfylle kravet for produksjon. For den siste løsningen, Liten klype, er det derimot mer usikkerhet rundt produksjon. Det byr på andre produksjonsmetode enn dagens eksisterende løsninger, og montering. Løsningen har også en vekt over kravet for løsning slik at kostnaden også vil drives opp. Uavhengig av dette så burde det ikke være noe problem å oppnå produksjonsvolumet som Non-stop ser etter for tenkt løsning, spørsmålet er hvor stor endringen blir fra ønsket kostnad, til faktisk kostnad. Løsningen vil nok oppfylle kravet til en viss grad, ettersom produksjonsvolumet er så stort, men det er fortsatt en del usikkerhet og den blir derfor vurdert til å så vidt oppfylt kravet og dermed få lavest vektning blant de tre løsningene.

Basert på disse evalueringene vektes de forskjellig, som vist i tabell 26;

Tabell 26:
Evaluering av krav: produksjon.

Evaluering: Produksjon	Vekting
Hurtigutløser	1,5
Karabinkrok med sekundærlås	2
Liten klype	1

4.4.7 Evaluering av krav: brukervennlighet og funksjonalitet

Brukervennlighet er definert, i henhold til delkapittel 1.3.1, som: *Hvor intuitivt det er å forstå og benytte produktet og dets funksjoner.*

Funksjonalitet er definert, i henhold til delkapittel 1.3.1, som: *Mekanisme som bidrar til produktets overordnede funksjon.*

Kravspesifikasjonen spesifiserer

- Kravet for låseanordning til stor og liten hund er: Lett og ta av og på med en hånd.
- Kravet for låseanordning i beltet til hundefører er: Må kunne åpnes enkelt i fart med en hånd, samt kunne lukkes lett med en hånd.

Evalueringskriteriene for brukervennlighet og funksjonalitet, i henhold til delkapittel 1.3.1, er:

Brukervennlighet: *Det må utføres brukertest på funksjonalitet for utvalg personer.*

Tilbakemeldinger fra testpersonene, og observasjoner, benyttes for å evaluere hvor lett eller vanskelig det er å forstå og benytte produktene. Testpersonene bør enkelt forstå funksjonalitet og bruksområde, produktet må være lett å bruke, bør oppfattes som trygt å bruke, og være visuelt tiltalende.

Funksjonalitet: *Må evaluere, gjennom testing av funksjonsmodeller, hvor enkel den er å ta opp med en hånd og åpning under bevegelse. Vurdere sannsynligheten for at den kan gå opp under belastning (utilsiktet åpning).*

For å evaluere kravet til at løsning ikke skal hekte seg fast i hund, ikke løsne ved bruk, ikke skal ha skarpe kanter så blir disse evaluert gjennom funksjonstesting. Løsningen er designet med dette i tankene, så blir det gjennom testing sett hvordan det fungerer i praksis.

Sikkerhetsfunksjoner må sikres at de faktisk låser og sitter fast på løsning. For eksempel må

vaierporten stukes på enden der den stikker ut av hovedkroppen, slik at den ikke kan løsne. Fjærer må festes slik at de ikke faller av etter mye bruk.

Evaluering av Hurtigutløser

Hurtigutløseren evalueres mot kravet for låseanordning i beltet til hundefører og har krav om at det skal kunne åpnes enkelt i fart med en hånd, samt kunne lukkes lett med en hånd. I tillegg må det evalueres mot hvor intuitivt det er å forstå og benytte løsningen og dets funksjoner.

Enheten er utstyrt med en påsydd webbing, som har 10 mm bredde og 60 mm lengde og er montert på ringen for å forenkle åpningen med bruk av hansker og lignende, eller for personer med lav fingerferdighet og/eller gripestyrke. Dette vil føre til at man får en tydeligere gripeflate ved at funksjonen blir lettere synlig, og gjør det enklere for brukere å utføre en rask åpning/utløsning av enheten. Enhetens funksjonskomponenter har en tydelig farge som tiltrekker oppmerksomhet og dermed bidrar til enklere forståelse. Når løsningen er åpen, er vinklingen på låsebøylen slik at den lett «smetter» på igjen, ved å presse ned. Dette er en funksjon som løsning eksisterende produkter ikke har. Dette muliggjør, og forenkler betraktelig, lukking av mekanisme med bare en hånd og må betraktes som positivt. Denne oppfyller derfor begge kravene gitt i kravspesifikasjonen.

Evaluering av Karabinkrok med sekundærlås

Karabinkrok med sekundærlås evalueres mot kravet for låseanordning til stor hund og har krav om at det skal være enkelt å ta av og på med en hånd. I tillegg må det evalueres mot hvor intuitivt det er å forstå og benytte løsningen og dets funksjoner.

Karabinkrokens låsemekanismer er enkle å håndtere individuelt og krever lite kraft for å få opp. For å hekte på trengs det kun å trykke inn/ned sekundærlåsen, ettersom den neste naturlige bevegelsen vil være å direkte tre på/hekte på påkoblingspunktet. For å åpne derimot, kreves det at man både trykker ned sekundærporten, men også primærporten. Dette gjør at den får en ekstra sikring mot utilsiktet åpning.

Enhetens primærport har en tydelig farge som tiltrekker oppmerksomhet, og dermed bidrar til forståelse av bruk. Ettersom denne har en tydelig farge vil det være naturlig å se hva som er til hindring, noe sekundærlåsen er. Da tilfaller det en naturlig rekkefølge på hvordan bruker vil åpne.

Evaluering av Liten klype

Liten klype evalueres mot kravet for låseanordning til liten hund og har krav om at det skal være enkelt å ta av og på med en hånd. I tillegg må det evalueres mot hvor intuitivt det er å forstå og benytte løsningen og dets funksjoner.

Funksjonen på Liten klype har åpne/lukke funksjon som minner om en tradisjonell klesklype, noe de fleste har kjennskap til. Dette gjør at mekanismen er gjenkjennelig for brukeren og gjør det intuitivt å benytte. For å åpne og lukke krever det at man presser/klemmer inn på hver trykkflate. Når klypen er klemt inn er den lett å hekte av/på, og krever ingen tilleggssteg. Dette gjør løsningen lett og intuitiv å betjene.

Konklusjon

På bakgrunn av evalueringene vil Liten klype være enklere å åpne/lukke enn Karabinkroken med sekundærport, da den kun har et enkelt steg og kan assosieres med en kjent bevegelse. Den får derfor høyere vektning enn Karabinkroken ettersom den krever to steg for å åpne. Derimot oppfyller begge løsningene kravet i kravspesifikasjonen. Hurtigutløseren oppfyller også kravene i kravspesifikasjonen, om det å åpnes enkelt i fart, samt å kunne lukkes lett med en hånd.

Basert på disse evalueringene vektes de forskjellig, som vist i tabell 27;

Tabell 27:
Evaluering av krav: brukervennlighet og funksjonalitet.

Evaluering: Brukervennlighet og funksjonalitet	Vekting
Hurtigutløser	2
Karabinkrok med sekundærlås	1,5
Liten klype	2

4.4.8 Evaluering av krav: sikkerhet

Sikkerhet er definert, i henhold til delkapittel 1.3.1, som: *Hvor trygt det er å benytte seg av produktet. Bruker eller hund skal ikke kunne bli skadet av utilsiktet åpning. Produktet skal ikke ha skarpe kanter eller ha funksjoner eller mangler som kan føre til utilsiktet åpning eller tap av funksjon ved bruk.*

Kravspesifikasjonen spesifiserer

Kravet for låseanordning i beltet til hundefører er:

- lav eller ingen mulighet for utilsiktet åpning under bruk (kan ha en «låsefunksjon»).
- Ingen skarpe kanter som kan slite på løkke til bånd som blir festet på kroken.
- Skal ikke kunne hekte seg i hunden (eksempelvis poter derom hunden hopper opp på eieren).

Kravet for låseanordning til stor og liten hund er:

- Skal ikke åpne seg ved bruk, kroken skal kunne komme i alle tenkelige posisjoner samtidig som den blir håndtert.
- Ingen skarpe kanter som kan slite på løkke til bånd som blir festet på kroken.
- Må ikke kunne «klype», lugge eller hekte seg til hunden (for eksempel i munnen til hunden, i pelsen, eller mellom klør).

Evalueringskriteriet for Sikkerhet, som henhold til delkapittel 1.3.1, er: *Løsningen må ha stor nok radius til at kantene ikke blir skarpe. Ikke ha deler eller funksjoner som kan påføre utilsiktet skade, eller tap av funksjon.*

Evaluering av Hurtigutløser

Hurtigutløseren evalueres mot kravet for låseanordning i beltet til hundefører og har krav om at den ikke skal åpne seg under bruk, skal ikke ha skarpe kanter som kan slite på komponenter og den skal ikke kunne hekte seg i hunden, dersom for eksempel hunden hopper opp på eieren.

Ved å implementere webbing som man drar i for å utløse mekanismen, tillater det at man kan benytte kraftigere retur fjær på låsepinnen, hvilket styrker låsefunksjonen mot bøylene. Dette gir langt lavere risiko for at belastning på bøylene skal medføre utilsiktet åpning av enheten, slik at fører og hund kobles fra hverandre. Eventuelt ved at hund kan hoppe opp på eier og klare å dra i utløser. Hjørner og overganger på alle komponentene er avrundet slik at det ikke skal være noen skarpe kanter som kan skade eller slite på komponenter.

Evaluering av Karabinkrok med sekundærlås

Karabinkrok med sekundærlås evalueres mot kravet for låseanordning til stor hund og har krav om at den ikke skal åpne seg i bruk, at den ikke skal kunne klype eller hekte seg til hunden, og til slutt så skal den ikke ha noen skarpe kanter som kan slite på komponenter.

For å sikre at Karabinkroken ikke skal åpne seg ved bruk ble det utviklet en sekundærlås som står i spenn mellom hovedkroppen og låseporten. Dette gjør at denne må presses inn før låseporten skal kunne gå opp. Dette har vært et problem tidligere, ved at kobbelt kan fremprovosere åpning ved at den blir kastet rundt og havner over låseporten med belastning, slik at den hekter seg av utilsiktet. Ved å ha en sekundærlås kreves det flere samtidige operasjoner for å åpne opp porten. Ettersom sekundærlåsen er av typen vaierport, som kan karakteriseres som en «åpen» låseport, ved å kun være en vaier som er bøyd, kan det muliggjøre at noe kan hekte seg fast. Sannsynligheten er dog liten ettersom det kreves at noe som kiler seg fast på tvers av hovedkroppen og sekundærlåsen. Det vil derimot være lite som kan klype fast i hunden dersom den er påmontert riktig.

Kanter og overganger er avrundet for at den ikke skal ha skarpe kanter som kan slite på andre komponenter. Innsiden av hovedkroppen er utformet slik at slitasje mot påkoblingspunkt er minst mulig. Få komponenter på sekundærlås gjør også at eventuell slark i sekundærlås blir minimert, som har vært et problem med eksisterende løsninger. Det har ført til at løsningen ikke har låst seg skikkelig og dermed åpnet seg under bruk. Dette gjør at løsningen dermed oppfyller alle kravene til sikkerhet.

Evaluerings av Liten klype

Liten klype evalueres mot kravet for låseanordning til liten hund og har krav om at den ikke skal åpne seg i bruk, at den ikke skal kunne klype eller hekte seg til hunden, og til slutt så skal den ikke ha noen skarpe kanter som kan slite på komponenter.

Mekanismen er utformet slik at man må klemme inn på begge sider for at den skal åpne seg. Eventuell rotasjon av klypene er redusert ved å montere aksling på innsiden som gjør at selv om man kun klemmer inn fra en side, så er ikke det nok til at åpningen mellom klypene er stor nok til at objekter hekter seg av.

Det er få områder hvor objekter kan hekte seg fast, foruten innfestingspunktet foran på klypen. Her kan det oppstå fare for klemskader når klypen hektes fast, eller når en eller begge sidene av klypen presses inn i bakkant slik at anhekkingspunktet i klypen åpner.

Områdene på klypen er mest mulig avrundet for at det ikke skal være skarpe kanter. Klypene er avrundet i front slik at de er tilpasset flest mulig tilkoblingspunkter på seletøy. Noen tilkoblingspunkter vil derfor ikke være optimale å benytte, og kan derfor føre til større

spenningskonsentrasjoner og deformasjon, eventuelt slitasje på kantene. Heldigvis tar svivelfunksjonen for belastning som forekommer fra rotasjon og bevegelse fra hund.

Konklusjon

Ser man på kravet om å ikke åpne seg i bruk er Hurtigutløser den løsningen som er sikrest ved at den har få muligheter for åpning, som krever at man drar en viss retning, samt at den er sydd fast i beltet på hundefører. Dette fører til mindre bevegelse som kan føre til utilsiktet åpning, sammenlignet med en løsning påmontert en hund. Liten klype er også godt sikret mot utilsiktet åpning, ved at man må klemme inn fra begge sider samtidig. Karabinkroken har, ved verst tenkt scenario, mulighet for åpning dersom noe klarer å trykke ned sekundærlåsen samtidig som kobbelet er i klem på oversiden av låseporten. Basert på dette vektet de forskjellig, som vist i tabell 28:

Tabell 28:
Evaluering av krav om sikkerhet: åpning ved bruk.

Evaluering: Åpning ved bruk	Vekting
Hurtigutløser	2
Karabinkrok med sekundærlås	1
Liten klype	1,5

Ser man på kravet til sikkerhet der det kreves at løsningen ikke skal klype eller hekte seg fast, kommer helt klart Hurtigutløseren også her best ut. Den har få områder som muliggjør at noe kan komme i klem eller hekte seg fast. Dette skyldes i stor grad at den ikke er påmontert hund. Karabinkroken har et stort innvendig åpent område som gjør at objekter kan hekte seg fast ved, og Liten klype har mulighet for at objekter kan komme i klem og klype hunden, og da spesielt pels ettersom den er påmontert seletøy. Sannsynligheten på begge løsningene er ganske like, men det vil være større risiko forbundet ved at pels eller hud kan klype fast. Dette kan føre til stor skade dersom det klyper skikkelig fast, og derfor får Karabinkroken bedre vekting enn Liten klype. Alle løsningene oppfyller kravet om at det ikke skal klype, med varierende måloppnåelse. En løsning som ikke klyper eller hekter seg fast på noen måte, må ha en lukket kropp uten åpne mekanismer, noe som er mot sin hensikt som en låseanordning. Basert på dette vektet de forskjellige, som vist i tabell 29:

Tabell 29:
Evaluering av krav om sikkerhet: ikke klype.

Evaluering: Skal ikke klype	Vekting
Hurtigutløser	2
Karabinkrok med sekundærlås	1,5
Liten klype	1

For kravet om å ikke ha skarpe kanter ser man at alle løsninger oppfyller dette i størst mulig grad, men hvor Hurtigutløseren som er mest avrundet og få områder som stikker ut, får best vekting. Karabinkroken er også avrundet, men vaier på vaierporten er såpass tynn at den kan oppfattes som skarp. Ser man på Liten klype helt i front, så har den fire små utstikkere. Selv om disse er avrundet, for at de skal oppfattes som minst mulig skarp, så har de også funksjon ved å tilføre styrke og sikkerhet til låsefunksjonen. Den oppfattes derfor som mer skarp enn de andre løsningene og blir evaluert deretter. Basert på dette vektet de forskjellige, som vist i tabell 30:

Tabell 30:
Evaluering av krav om sikkerhet: ikke skarpe kanter.

Evaluering: Ikke skarpe kanter	Vekting
Hurtigutløser	2
Karabinkrok med sekundærlås	1,5
Liten klype	1

5 Resultater

Ettersom løsningene er forskjellige, vil de ha ulik oppnåelse av kravspesifikasjonen. For noen løsninger er det kanskje ikke nødvendig at alle krav blir oppfylt, slik det har vært tenkt på forhånd. Resultatet er todelt fordi det arbeidet som er lagt ned i utviklingsprosessen har to formål.

Det første og viktigste resultatet, er resultatet på problemstillingen, og de delspørsmål som ble stilt. For å analysere og svare på disse ble det gjennomført en evaluering av de konseptene som stod igjen på slutten av konseptutviklingsprosessen. Evalueringen ble gjort opp mot kravspesifikasjonen som ble gitt av Non-stop.

Det andre resultatet, er det resultatet som oppdragsgiver har evaluert og bestemt at skal være med videre og produseres. Dette bygger på hele den utviklingsprosessen som er gjennomført, med jevnlig dialog, evalueringer og endringer som er utført for å komme frem til endelig løsning. Resultatene bygger på sammendraget fra sluttevalueringen som ble beskrevet i punkt 4.3.6.

5.1 Fra utviklingsprosessen

Her presenteres resultatet fra utviklingsprosessen, gjennom evalueringen i delkapittel 4.4. Måloppnåelsen av kravspesifikasjonen viser i hvor stor grad resultatet konkluderer på problemstillingen og de delspørsmålene som ble stilt. Måloppnåelsen evalueres gjennom en diagrambasert evaluering. Dataene i diagrammet er basert på er fra de evalueringene som ble utført mot de forskjellige kravene i kravspesifikasjonen, som kan ses i punkt 4.4. Vektingen som er benyttet i diagrammet stammer fra vektingen av de ulike kravene i kravspesifikasjonen.

Tabell 31:
Resultatet fra evaluering av konsepter.

Krav	Vekting (1-3)	Vektet		
		Hurtigtløser	Karabinkrok med sekundærlås	Liten klype
Total lengde	1	-	1	1
Totalvekt	2	2	2	0
Bruddstyrke	3	3	3	3
Svivefunksjonalitet	1	1	1	1
Fastfrysing	2	3	4	2
Produksjon	1	1,5	2	1
Brukervennlighet og funksjonalitet	3	6	4,5	6
Sikkerhet	3	18	12	10,5
Totalt		34,5	29,5	24,5
Totalt mulig		36	37	37
Prosentvis oppnåelse		95,83 %	79,73 %	66,21 %

Fra resultatet i Tabell 31, får Hurtigtløseren en oppnåelse på 95,83%, noe som betyr at den får høyest måloppnåelse mot kravspesifikasjonen. Det er den løsningen som svarer best på problemstillingen; hvordan man kan utvikle en låseanordning som imøtekommer kravspesifikasjonen til Non-stop. Karabinkroken med sekundærlås har en oppnåelse på 79,73% og Liten klype får minst oppnåelse med 66,21%.

Løsningene er et resultat av en prosess basert på ervervet designmetodikk, og svarer i så måte godt på problemstillingen, delspørsmål og kravspesifikasjonen fra oppdragsgiver.

5.2 Resultatet for oppdragsgiver

Det endelige resultatet som har stått til oppdragsgivers forventninger, og som de ønsker å utvikle videre mot produksjon er løsningene; Hurtigutløser, Karabinkrok med sekundærlås og Liten klype. Disse løsningene har gjennom utviklingsprosessen svart best på evalueringspunktene underveis, og samtidig svart på det oppdragsgiver har ønsket.



Figur 197: Fra venstre: Hurtigutløser, Karabinkrok med sekundærlås og Liten klype. Laget av Martin Amlie.

Hurtigutløseren er tiltenkt å bli sydd inn på Non-stop sine belter, der brukeren har behov for en hurtig frakopling av leiebånd eller ledeline.

Karabinkrok med sekundærlås er tiltenkt innsydd på leiebånd, kobbel og på ledeline ved sledekjøring og lignende.

Liten klype er tiltenkt å være et alternativ til innfesting mot seletøy til hund, og skal monteres på leiebånd. Denne er spesielt tiltenkt å være enklere å åpne / lukke for personer med nedsatt førlighet eller styrke i hender og fingre. Løsningen er tenkt mer mot dagligdags bruk på privat markedet.

6 Diskusjon

6.1 Validitet, reliabilitet og etterprøvnbarhet

I dette delkapitlet blir validiteten, reliabiliteten og etterprøvnbarheten drøftet for kravspesifikasjonen til Non-stop, for material- og produkttestingen som har blitt gjennomført i kartleggingen, for brukertesting som er utført og for evalueringen av konsepter som ble utført opp mot kravspesifikasjonen. Dette gjøres for å se hvordan påliteligheten er i det grunnlaget som har blitt gitt, for de resultatene man sitter igjen med etter testing og hvordan etterprøvnbarheten er på de nevnte elementene.

Hvordan er påliteligheten til kravspesifikasjonen?

Non-stop hadde to forskjellige, noenlunde like, kravspesifikasjoner på de to løsningene de ville ha designet fra denne bacheloroppgaven. Ved første øyekast virket kravene som var satt ganske så overkommelig, men ved nærmere evaluering var det mange av de som enten krever kompetanse man ikke besitter, eller krav som ikke var forankret i noe håndfast. For eksempel er det vanskelig å slå fast hva som er lagt til grunn for bestemmelsen av styrkekravet til de forskjellige løsningene. Disse var henholdsvis på 190 og 250 kg. Ved material- og produkttesting fant man ut at flere av de eksisterende løsningene ble målt til å være langt over kravet til bruddstyrke i kravspesifikasjonen.

Det har blitt tatt utgangspunkt i utførte tester på eksisterende løsninger når det kommer til design av form og funksjon. Dette fordi det gir en trygg indikator på at produktene vil tåle de påkjenningene de skal tåle. Simulerte styrkeberegninger har blitt utført, men da senere i prosessen hvor man har et mer definert og ferdigutviklet konsept.

Spørsmålet er egentlig hvor pålitelig dette styrkekravet er, da det ikke ser ut til å være forankret i eksisterende løsninger. Det er heller ikke lagt frem data som underbygger årsaken til utformingen av de kvantitative kravene i kravspesifikasjonen.

Hvordan er validiteten til material- og produkttestingen som er utført?

Sist gang strekktestemaskinen ble brukt var for 1-2 år siden, og den har i henhold til laboratorieingeniør Kenneth Kalvåg ikke blitt brukt siden. Det er derimot utført en mindre reparasjon på maskinen i mellomtiden. Selv om det ikke er utført noen kalibrering i senere tid så er maskinen brukt i så liten grad at det ikke vil påvirke resultatet, men derimot er det usikkert om reparasjonen vil påvirke resultatet. Eventuelle feil som følge av at den ikke er kalibrert vil uansett være samsvarende for alle resultatene. Påliteligheten på dataene som har blitt hentet ut fra strekktestingen er derfor stor. Siste kalibrering ble utført i 2018, og sertifikat fra siste kalibrering kan sees i vedlegg A.

Hvordan er reliabiliteten på brukertestingen som er utført?

Påvirkninger; ved usikkerhet hos bruker har man måtte forklare mer utfyllende, og på den måten «lagt ordene» i munnen på bruker. På den måten kan man få den tilbakemeldingen man «ønsker». Heldigvis har ikke dette vært representativt i betydelig grad for brukertestingen, så påliteligheten på resultatene er i stor grad god.

Kjennskap til lignende/eksisterende løsninger kan også påvirke hvordan de svarer på spørsmålene. Dette ble erfart da det ved et par tilfeller ble gitt kommentarer med bakgrunn i kunnskap og erfaringer med eksisterende løsninger.

Hvordan er reliabiliteten på evalueringen av konsepter opp mot kravspesifikasjon?

Masseproduksjon; vanskelig å vite eksakt hvordan produkter blir produsert hos produsenten, da oppdragsgiver oppgir at produktet skal produseres hos deres eksisterende leverandører. Det har ikke vært mulig å få tak i god informasjon om leverandørens produksjonskapabilitet, og evalueringer er derfor basert på hvordan delene i teorien kan bli produsert.

Det kan være stort avvik på hvordan forfatterne ser for seg at produksjonen foregår og slik den faktisk foregår. Dette er noe man må ta til betraktning, men ettersom de ulike delene i all hovedsak har få prosesser det er formålstjenlig å bruke, gir det en god indikasjon på hvilke prosesser som er nødvendig for at hele produksjonen skal være mest lik slik den er hos produsenten.

Produksjonsforløpet er satt sammen med forankring i teori, slik at de mest hensiktsmessige prosessene gjøres i riktig rekkefølge og endringer blir gjort i riktig rekkefølge. Dette påvirker

også den totale kostnaden og tiden som brukes. Det er viktig å nevne at også monteringsmetode av ferdig løsning er vanskelig å anta og vurderingen som er utført baserer seg på andre løsninger som allerede eksisterer på markedet. Beregning av produksjonskostnad på basis av de produktene oppdragsgivers leverandør allerede produserer vil derfor inneha betydelig usikkerhet. Denne usikkerheten vil øke proporsjonalt med produksjonsvolumet og leveringshastigheten.

Kostnaden på produksjon av delene er basert på kostnaden Non-stop har i dag på sine løsninger, og hvor avanserte disse løsningene er med tanke på materialkvalitet, funksjonalitet, utforming m.m.

Kostnad på produksjonsprosesser er kun forankret i teori. Ikke erfaring eller faktisk industrikompetanse. Kostnader på materialer er også kun forankret i teori og generell kunnskap om hva materialer koster.

Validitet i forhold til simulering av styrke i CAD

Det har blitt avdekket feil bruk av simulering. Det vil si at kontaktpunktene og kontaktflatene i oppsettet under simuleringen ikke har blitt endret fra standardoppsettet som er «bonded». Det vil si at simuleringene i starten har blitt kjørt med sveiste eller limte kontakter, men skal egentlig være «rough», det vil si mulighet for bevegelse. Dette har derfor resultert i feil og eller urealistisk gode resultater på designendringer som har blitt utført. Ved analytisk tenking og vurdering av sammenhengen mellom designendringene og testresultatet ble disse feilene avdekket, og læringen på dette feltet har oppstått. Siden forfatterne i denne oppgaven ikke er maskiningeniørstudenter har kunnskap om simulering blitt innhentet fra andre, ved prøving og feiling, gjennom instruksjonsvideoer på YouTube fra programvareprodusenten Autodesk, og andre bidragsyttere. Med dette i betraktning er likevel påliteligheten god.

6.2 Brukerinvolvering gjennom prosessen

Hva har brukerinvolveringen hatt å si for utviklingsprosessen? I begynnelsen av idéutviklingen har fokuset vært rettet på å divergere mest mulig. Slik at man sitter igjen med en størst mulig mengde forslag til ideer. Disse ideene ble raskt digitalisert og 3D-printet for å kunne teste funksjonalitet og se åpenbare feil/mangler. Brukerinvolvering har i liten grad vært et tema her. En av grunnene til dette har vært å utvikle ideer med utgangspunkt i kravspesifikasjonen,

tidligere og eksisterende løsninger, men også fra innhentet inspirasjon og samtaler med oppdragsgiver.

Man kan stille spørsmål til hvordan det ville vært dersom man hadde benyttet seg av brukerinvolvering tidligere i prosessen. Hvordan skulle man utført dette? En viktig faktor er at slike brukerundersøkelser gjerne ikke skal ta alt for lang tid. Dersom man skulle arrangert den samme brukerundersøkelsen på alle løsningene fra idéutviklingen kan man anta at flere respondenter ikke vil delta. Med tanke på funksjonsmodellene som ble 3D-printet ikke har hatt optimal funksjon kan også ha stor innvirkning på det kvalitative datagrunnlaget.

Det skal sies at å utvikle et design, og da gjerne gjøre kontinuerlige forbedringer ettersom man får tilbakemeldinger fra oppdragsgiver og gjøre egne tester av 3D-printede funksjonsmodeller; tar tid. Det er noe hele gruppen har erfart. Ettersom dette har vært fokusområdet vårt, og har vært i beste interesse for oppdragsgivers ønsker til endelig resultat, har dette også tatt mesteparten av tiden. Mer brukerinvolvering kunne også resultert i at man satt igjen med enda flere mulige forbedringer, eller mulige endringer som kunne resultert i enda mer arbeid. Hadde man ikke hatt noen tidsfrist kunne man stått litt mer fritt, men selv i en arbeidssituasjon er slik utvikling begrenset av tid. Denne tidsbegrensingen gjør at for hver brukerundersøkelse som gjennomføres, blir det mindre tid til selve produktutviklingen. Konklusjonen er derfor at å benytte mer tid på brukerundersøkelser ikke vil ha vært hensiktsmessig.

Selv om det ikke ble besluttet å benytte seg av brukerinvolvering allerede i idéutviklingen er det viktig å presisere at de løsningene som Non-stop ønsker å få utviklet er basert på allerede eksisterende tilbakemeldinger og erfaringer fra de selv, og andre brukere. Det har derfor vært en god del brukerinvolvering i fastsettelsen av kravspesifikasjonen. Brukerinvolveringen kunne i større grad hatt et større utvalg av testpersoner, slik at man fikk et større representativt resultat fra de tilbakemeldingene som ble gitt.

Fokusgruppen besto av et begrenset utvalg av personer i området rundt Raufoss og Gjøvik, og det kunne vært formålstjenlig å ha en større fokusgruppe. Derimot ville dette medført at brukerundersøkelser ville opptatt langt større ressurser enn det som har vært tilgjengelig. Årsaken til dette er at det har vist seg vanskelig å komme i kontakt med mennesker som er i stand til å gi gode tilbakemeldinger. For å få et større antall fokuspersoner ville det derfor blitt nødvendig å ta kontakt med personer i en langt større deler av landet.

6.3 Sluttresultatet

Hurtigutløser

Dette produktet tar utgangspunkt i en funksjon på en allerede eksisterende løsning i oppdragsgiver sin portefølje. Det eksisterende produktet er produsert i rustfritt stål, og er benyttet i et bredt markedsområde. De oppfyller basiskravet ved produktet, en hurtigutløsningsfunksjon, men har høy vekt og har ingen visuelle hjelpemidler for å forenkle forståelse eller bruk. De har i tillegg store toleranser mellom komponentene, hvilket får de til å virke «slarkete» og gi et lavt kvalitetsinntrykk.

Produktet som er utviklet i denne oppgaven gir et forbedret produkt, med et eget unikt design spesielt tilpasset oppdragsgivers bedriftsprofil. Funksjonalitet er forbedret gjennom lavere vekt, forbedret form på utløserarmen og lavere toleranser mellom komponentene. Dette kan være med på å gi et høyere kvalitetsinntrykk, og kan bidra til at prisen på produktet ut til kunde kan settes høyere enn prisnivået på det eksisterende produktet. Det er også lagt til tydelige visuelle hjelpemidler som hjelper brukeren til å identifisere interaksjonspunkter og enklere forstå funksjonaliteten i produktet. Til sammenligning med oppdragsgivers eksisterende løsning lar det nye produktet seg låse med en hånd. Dette gjøres ved å klemme låsebøylen ned mot låsebolten, som fjærer automatisk tilbake før den smetter tilbake og låser fast låsebøylen.

Sammenlignet med produkter i rustfritt stål, vil man ved å produsere produktet i resirkulert aluminium mulig kunne redusere energibehovet i produksjonen. Ved å optimalisere dimensjonene på elementene til produktet vil man redusere den totale mengden materiale som benyttes. Produkter i aluminium vil også ha langt lavere egenvekt, men kunne opprettholde samme eller høyere styrke med riktig legering, enn tilsvarende produkter i rustfritt stål.

Sluttresultatet på løsningen er bra og tilfredsstillende kravspesifikasjonen. Det kan likevel brukes mer tid på optimalisering av dimensjoner, toleranser og masseoptimalisering mot styrke i forhold til vekt. Dette må derimot utføres med tanke på hvilke produksjonstekniske muligheter som eksisterer hos produsenten.

Fordelen med dette produktet ligger i at oppdragsgiver får et produkt spesielt designet for det formålet det skal oppfylle. Samtidig får produktet designelementer som er lett gjenkjennbart som et Non-stop produkt, gjennom bruk av deres logo og farger. Videre er det en fordel at aluminium

er langt mer bærekraftig enn stål, dersom det gjenvinnes. Ulempen er at produktet består av komponenter i tre ulike materialer, og må derfor plukkes fra hverandre før resirkulering.

Karabinkrok med sekundærlås

Denne løsningen tar utgangspunkt i produkter som allerede er i oppdragsgivers portefølje, men som forenkler og kombinerer elementer fra disse, for å overkomme de ulike utfordringene som hver enkelt av de møter. Det er derfor mulig å eliminere de fleste av disse eksisterende produktene og erstatte de med ett produkt, som passer inn i et bredere markedsområde.

Karabinkroken benytter langt enklere design på primærport og sikring enn flere av de eksisterende produktene i oppdragsgivers portefølje. Dagens løsning med vaierport er enkel i bruk, men gir ingen beskyttelse mot utilsiktet åpning. Derimot er dagens løsning med vrideport bestående av mange små deler, har en sikring som fryser lett, og er vanskelig å bruke med hansker. Produktet som er kommet frem i dette prosjektet har ingen av de delene som er mest utsatt for frost. I stedet benyttes større enkeltkomponenter som har lavere sannsynlighet for å fryse, og vil gjøre det langt enklere å opprettholde funksjonalitet dersom den likevel fryser.

En av fordelene ved dette produktet er også et av dets største ulemper. Oppbyggingen av primærporten og sekundærporten gjør at produktet blir sterkt og enkelt i bruk. Derimot er produktet også så enkelt designet at det er tilsvarende enkelt for konkurrenter å kopiere.

Denne løsningen er vanskelig å nedskalere til 70 mm i praksis, da dimensjonene blir veldig små å håndtere, spesielt med hansker på. Det mest kritiske elementet ved nedskalering vil være lengden på hoved- og sekundærporten, en nedskalering av bredden eller høyden på enheten vil innebære komplikasjoner ved åpning med hendene, da det blir for smått.

Liten klype

Dette produktet tilbyr en helt unik løsning i segmentet hundeutstyr. Gjennom arbeidet med dette produktet har det ikke vært mulig å finne tilsvarende eksisterende produkter på markedet, som utfører den samme oppgaven på denne måten. Gjennom sitt unike design vil den kunne gi Non-stop ekstra oppmerksomhet og være med på å bygge deres merkevare.

Utgangspunktet til idéen er en klesklype. Fordelen med det er at de fleste har brukt klesklyper, og vet hvordan den fungerer. Det blir derfor mest naturlig å implementere denne løsningen inn i et nytt segment, og ikke sammenligne den direkte mot karabinkroker eller tilsvarende produkter.

Det totale antallet deler i produktet er derimot noe høyt, og vil gjøre produksjonen og sammenstillingen av produktet noe dyrere og tidkrevende. Det kan også stilles spørsmål ved om produktet vil bli godt mottatt blant kundene, da dette produktet ikke ligner på noen andre produkter i segmentet.

Utfordringen ligger i produksjonsmetodene som skal benyttes. Oppdragsgivers leverandør har ikke gitt noen informasjon om deres produksjonskapabilitet, derfor er det usikkerhet rundt om de i heletatt har mulighet for å produsere dette produktet med de spesifikasjoner som er gitt.

Produksjons- metodene og stegene er også ganske ulik karabinkrokene, og det må derfor gjøres en del produksjonstekniske analyser før produktet lar seg produsere i et større antall.

Løsningen fungerer godt ved praktisk testing av prototypen, men totalvekten er over 50% høyere enn i kravspesifikasjonen. Det er fullt mulig å tilfredsstille dette kravet, men det kreves endringer av design og en god del simuleringer og topologioptimalisering.

Praktiske konsekvenser for Non-stop

De positive effektene disse produktene kan gi er å styrke Non-stop sin posisjon i markedet gjennom å ha en egenutviklet løsning i stedet for de universelle variantene som de fleste selger. De distanserer seg derfor fra konkurrentene og tilbyr noe unikt og tilpasset deres og kundenes applikasjon og behov. Produktene innehar i tillegg et design og en fargekombinasjon som gjør det enkelt for kunder å raskt få forståelse av funksjonen til produktet, og lett gjenkjennelige som produkter fra Non-stop. Klypen har i tillegg et design som gjør at den er enkel å bruke, selv med nedsatt styrke eller funksjonsevne i hender og fingre. Derfor kan produktet passe godt til barn og eldre. Vanlige karabinkroker har høy styrke, men kan også være til dels vanskelig å bruke dersom man har redusert fingerstyrke.

6.4 Implementering av bærekraft

I idéutviklingen har ikke bærekraft hatt et stort fokus, bortsett fra at man har prøvd å utvikle en løsning med tilhørende funksjon så størrelsesmessig effektivt som mulig. Når det har blitt skissert en løsning har man prøvd å tenke på hvordan den effektivt skal monteres sammen, og hvordan funksjonaliteten er i bruk. Gjennom denne delen av oppgaven har det ikke vært fokus på å designe for resirkulering, gjenbruk, eller vedlikehold. Dette er hensyn som har blitt vurdert som

mest hensiktsmessig å implementere når man kommer i konseptfasen, når den generelle funksjonaliteten er på plass.

I konseptutviklingen har bærekraft hatt et mye større fokus. Da har det vært fokus på å redusere godstykkelser og benytte materialer som enkelt lar seg gjenvinne. Det skal sies at besparelser ikke skal gå på bekostning av funksjon og styrke, de materialbesparelsene som blir utført har blitt testet ved styrkesimulering, slik at løsningen fortsatt oppnår styrkekravet i kravspesifikasjonen. Dette fokuset har også medført en reduksjon i antall komponenter i hvert produkt, samt mengden materiale i hver komponent.

Selv om man i denne fasen har prøvd å divergere mest mulig, har den videre utviklingen gjort at man har tenkt et helhetlig system på det som designes, slik at delene passer sammen og gjør monteringen enklere. Jo enklere monteringen av produktet er under produksjon, jo enklere vil også demontering av produktet være. Det som kan påvirke demontering er presspasning som gjør at komponenter ikke lar seg enkelt presse ut. Derimot er det benyttet materialer med ulike smeltepunkt, hvilket utgjør at dekonstruering kan enkelt gjøres med varme. Varmes produktene opp vil først aluminiumen smelte og falle bort, mens stålet som er benyttet vil være uberørt og kan skilles ut.

Gjennom å ha med bærekraftperspektivet har man oppnådd et stilrent design, der enhver del av produktet eksisterer for å bidra til design, funksjonalitet og styrke. Produktene har også oppnådd å kunne resirkuleres enkelt ved eksisterende metoder for gjenvinning av metaller. Den eneste negative effekten av bærekraftperspektivet oppstår i designprosessen, der man må ta mange flere hensyn til konsekvenser ved sine designvalg. Prosessen har derfor tatt noe lengre tid enn den ville gjort dersom dette perspektivet ikke var inkludert.

Ved å gjøre store materialbesparelser i design får oppdragsgiver mange fordeler som man ikke nødvendigvis ser før produksjon og salg av løsningen starter. Materialbesparelser har stor påvirkning på den totale produksjonskostnaden. Dette påvirker igjen innkjøpspris, fortjeneste, transportkostnader og utsalgspris til kunde. Det er i designet også benyttet enkeltkomponenter som allerede er i bruk på en rekke andre produkter, som også andre merkevarer benytter. Eksempelvis gjelder dette svivelbøyle og svivelbolt med tilhørende låsering. Dette bidrar til at det er mulighet for gjenbruk på tvers av merkevarer og produkter.

Til slutt kan det konkluderes med å fokusere på bærekraft i utviklingsprosessen så får man optimalisert både design og prosess. Dette vil være bra for forretningsutviklingen dersom bedriften ønsker å se seg selv som en bedrift med klart fokus på bærekraft i hele verdikjeden.

6.5 Vurdering av ulike materialer

Det ble tidlig i prosessen gjort opp noen tanker på hvilke materialer som løsningene kunne bli produsert i. Oppdragsgiver har løsninger i dag hvor hovedvekten består av aluminium. Dette er med tanke på styrkekrav, vekt og pris. Dette er «selvforklarende», men det ble gjort opp noen tanker rundt å benytte seg av sprøytstøpt plast, da teknologien innen plast og kompositt har kommet såpass langt de siste årene. Eksempelvis er det mulig å benytte fiberforsterket plast, som kan oppnå meget gode produkttegenskaper. Problemet oppstår derimot ved gjenvinning av disse materialene, da kompositter er langt vanskeligere å gjenvinne uten tap av materialkvalitet og krever som regel miljøskadelige prosesser.

Fordelen ved å benytte aluminium er at de ulike legeringene gir store variasjonsmuligheter, og dette kan utnyttes for å skape produkter med spesielt godt tilpasset funksjonalitet, vekt og form. Produksjon av produkter i resirkulert aluminium kan også være særdeles bærekraftig, da produksjonen er langt mindre energikrevende enn ved å benytte resirkulert stål. Videre er det også en fordel da oppdragsgiver sin forsyningskjede allerede er etablert rundt produkter i aluminium. Benyttelse av andre materialer ville også potensielt krevd nye leverandører, leverandøravtaler, kvalitetssikrings- og transport systemer. Det er også et høyt fokus på overforbruk av plast og plastmaterialer i media, derfor vil produkter i plast kunne bli oppfattet som lite bærekraftig. Dette er et stigma som i langt mindre grad eksisterer ovenfor aluminium, spesielt i Norge, der det foregår produksjon av aluminium med grønn energi fra blant annet vannkraftverk. Den store fordelen ved aluminium, er at i motsetning til de fleste andre metaller som svekkes og blir sprø når temperaturen synker, blir aluminiumen seigere og sterkere (Johansen, 2009). Dette er et viktig element, da prosjektet tar sikte på å utvikle produkter som skal kunne benyttes i kaldere klima.

6.6 utfordringer ved design i utviklingsprosessen

Det ble besluttet å designe løsninger som ikke var tilpasset den minste løsningen på 70 millimeter. Tankegangen var at man først kunne utvikle en løsning og funksjonalitet som fungerer, så kunne man prøve å skalere ned løsningen i den grad det lot seg gjøre.

Skalering

For flere av løsningene var det heller ikke mulig å skalere ned, da de krevde en viss størrelse for å opprettholde funksjonaliteten i løsningen. Den aller minste størrelsen fra kravspesifikasjonen har bydd på utfordringer tidlig i prosessen. Årsaken til dette er at svivelen som skal benyttes har en total høyde på 22 millimeter. Dette etterlater kun 50 millimeter høyde til selve løsningen som skal designes.

Funksjon påvirker design

På flere løsninger ser man at funksjoner gjerne legger føringer på hvordan det tilhørende designet blir. Ved design av produktene er det ønskelig å ha god funksjonalitet, men også at det legges til rette for materialbesparelser i konstruksjonen. Dette gjør at funksjonen man designer, gjerne legger videre føringer for det tilhørende designet som knytter funksjonaliteten sammen med øvrige elementer i produktet. Dette har gjort at man har fått stor variasjon i løsninger, og har måttet tenke ut-av-boksen.

Produksjonsmetode påvirker design

Gjennom kunnskap ervervet fra pensum i faget produksjonsmetoder, vet man at komponenter kan produseres på en rekke ulike måter; og er noe man må ta til betraktning ved design av produkter. Ettersom det er krav til at hele løsningen skal kunne masseproduseres, og det er lagt vekt på totalkostnad, vil det dermed være hensiktsmessig med evaluering av produksjonsmetoder ved design av komponenter. Deler med et design som vanskeliggjør produksjon er ikke hensiktsmessig for oppdragsgiver, og er heller ikke bærekraftig. Produksjonsmetodene de aktuelle produktene i denne rapporten bør ta spesielt hensyn til er kaldflytpressing og støping. For at et bearbeidet emnet skal slippe fra formen er det formålstjenlig med slippvinkel på omkring 3 grader. Dette reduserer friksjonen mellom utsiden av emnet og innsiden av formrommet i verktøyet. Dette er et punkt som med fordel kunne blitt tatt hensyn til tidlig i konseptfasen.

Rekkefølgen blir viktig

Rekkefølgen på det som gjøres blir veldig viktig. Dersom man tegner og gjør kontinuerlige forbedringer kan det føre til endring av flere ovenforliggende steg.

Det forsøkes å legge til rette for parametrisk design, som teoretisk sett gjør at dimensjoner tidligere i prosessen kan endres på og automatisk oppdatere de senere stegene automatisk. Derimot vil endringer likevel kunne lage følgefeil i større eller mindre grad. Dette kan ses på som en konsekvens av det man holder på med, og bare er noe man må stå i. Det er svært vanskelig å designe et funksjonelt produkt uten å endre eller oppdatere parametere i senere iterasjoner og versjoner.

Kompetanseutvikling

Ettersom man tegner og utvikler kompetanse på området; lærer man å se om noe fungerer. Om det man tegner har den tiltenkte hensikten, og om det vil la seg gjøre å komponere sammen. Dette gjør at jo senere i prosessen man er, desto raskere går det å designe. Dette kan også ses på som et resultat av desto lenger ut i prosessen man er, desto mindre blir endringene man gjør og derav går det også raskere å utføre kontinuerlige forbedringer.

Det har til tider vært usikkerhet knyttet til de ingeniørmessige aspektene ved denne produktutviklingsoppgaven. Studenter på Teknologidesign og Ledelse har ikke hatt tilstrekkelige emner og pensum som dekker alle områdene det har vært behov for kunnskap i. Heldigvis har alle forfatterne funnet gode metoder for å tilegne seg nødvendig kunnskap, som har ført til god nok kompetanse til å utføre de oppgavene som har blitt planlagt i startfasen. Flere av prosjektdeltagerne har også tidligere erfaringer og interesser fra hobbyer og næringsliv som har dannet godt grunnlag for videre kompetanseutvikling.

Topologioptimalisering

En annen utfordring ved design har vært å forstå topologioptimalisering. Dette baserer seg på styrkeberegninger i en egen funksjon, der CAD-programmet genererer et mesh på hvor belastningen overføres i konstruksjonen, slik at unødvendige deler kan analyseres og eventuelt tas vekk fra konstruksjonen. Dette muliggjør at man får materialbesparelser. Utfordringen har vært å tyde flere av disse optimaliseringene, da det ikke er like tydelig å se om oppsettet av simuleringen er riktig. Derfor ønsker programmet å fjerne masse som egentlig bør være der, for at produktet skal virke.

Utfordring ved topologioptimalisering; er at løsningene er i realiteten festet fast i stoff/webbing og ikke fast innspent med krok eller annen festeanordning. Dette betyr at selv om løsningen blir belastet frempå, så er innfestingen bak dynamisk og vil mest sannsynlig ryke av før brudd oppstår.

Endringene topologioptimaliseringen foreslår går kun på styrke i forhold til vekt. Den tar ikke nødvendigvis hensyn til opprettholdelse av jevne overflater og organisk form som er behagelig å se på, og gir lite friksjon mot andre elementer. Overflaten kan bli skarp og egner seg lite som overflate mot for eksempel webbing, som tåler lite friksjon. Resultatet bør derfor brukes som en mal for å gjøre manuelle endringer i stedet for å bruke resultatet blindt. Det må også kjøres nye styrkesimuleringer etter at endringene er utført, for å være sikker på at materialbesparelsene ikke svekker konstruksjonen. Dette er et område det kunne vært brukt mye mer tid på, men det er fort gjort å kjøre seg helt fast og tildele store tidsressurser, kun for å redusere de siste få prosentene med masse fra produktet.

Tilpasninger av CAD modeller for prototyping og funksjonstesting

Det er stor forskjell på toleransene og nøyaktigheten en billig 3D-printer klarer å oppnå i forhold til eksempelvis kaldflytpressing og maskiner med sponfraskillende bearbeiding. Det ble derfor satt større toleranser i modellene for å redusere behovet for modifikasjon før montering av delene. Det ble likevel nødvendig med litt sliping, pussing og boring for å montere sammen delene. Etter at funksjonene på modellene fungerte tilfredsstillende, ble klaringene redusert til et nivå produksjonsmaskinene i en fabrikk burde kunne oppnå.

Tilpasninger av CAD modeller for simulering

I starten ble klaringene på tegningene til modellene i CAD satt for høye. Dette resulterte i stor påkjenning av arealet mellom liten og stor diameter i simuleringene. Dette ble oppdaget og korrigert ved å sette toleranser på enten 0.05 og 0.1mm, alt etter hvor i modellen det var. Dette er et anslag på hvor nøyaktige toleranser forfatterne og Tor Erik Nicolaisen ser for seg at fabrikk i Kina klarer å oppnå ved masseproduksjon av produktene. Dette er et anslag som baserer seg på vår samlede erfaring og kompetanse. Ved å justere ned toleransene viste resultatene på simuleringene en reduksjon i belastningene innenfor de utsatte områdene.

Hensyn til universell utforming

Innledningsvis ble universell utforming tatt med som et designkriterium, men det er vanskelig å måle om dette punktet har blitt tilfredsstillt gjennom de løsningene som har blitt utviklet. Det er spesielt vanskelig tidlig i designprosessen, der hovedfokus har vært på funksjon. Derimot har det blitt enklere desto nærmere man kommer slutten av idéutviklingsfasen og skal gå over i konseptfasen. Dersom dette hadde vært et hovedområde i rapporten kunne løsningene blitt testet på mennesker med store og små hender, sterk og svak i grepet og nedsatt syn. Ettersom bruken av universell utforming vil være hensiktsmessig i alle typer design, har forfatterne hatt dette i bakhodet når designendringer og forslag har blitt lagt fram. Under brukertesten ble det observert at alle som testet løsningene hadde gjennomsnittlig størrelse på hender og ikke hadde nedsatt funksjonsevne. Det er derfor god sikkerhet på at størrelsen, funksjonen og ergonomien på de testede løsningene fungerer godt hos den gjennomsnittlige hundeeier.

6.7 Innovasjon

Bacheloroppgaven har for forfatterne ført til endret forståelse på hvordan man anvender metoder i design- og utviklingsprosesser. Gjennom hele prosessen har det blitt brukt et stort utvalg metoder og verktøy for å støtte opp, tenke ut av boksen og divergere mest mulig. For å muliggjøre kontinuerlige forbedringer i design har det blitt tatt i bruk kompetanse på 3D-printing for å raskt fremstille modeller til testing, slik at funksjoner lett kan evalueres, og løsninger eventuelt kan forkastes.

Når man arbeider så intensivt med en designprosess som det har blitt gjort her, ser man viktigheten av at trinnene i prosessen blir gjort i riktig rekkefølge. Prosessen har også ført til ny kunnskap på hvordan man kan optimalisere materialbruken i design, ved bruk av metoder som topologioptimalisering.

Gjennom intensivt arbeid får man endret sin forståelse på hvor viktig prosessen er for det endelige resultatet. Dette bidrar med at man får en helt annen arbeidspraksis gjennom å være bevisst på sine egne begrensinger og muligheter. Man blir mye mer effektiv i arbeidet, man ser sammenhenger og koblinger man ikke så tidligere, og man blir flinkere til å strukturere tiden som er igjen, fordi man får en god indikator på det arbeidet som gjenstår.

Utviklingsprosessen har i stor grad vært nytenkende. Det har blitt utviklet ideer og løsninger som ikke har blitt avdekket gjennom kartleggingsprosessen. Man har funnet nye måter å løse samme funksjoner på. En viktig årsak er at utviklingsprosessen er utført i riktig rekkefølge og prioriteringene er gjort ut ifra hva oppdragsgiver ønsket at man skulle ta tak i.

Ifølge Regjeringen (2010) er innovasjon eksempelvis når noe gjøres på en ny måte, eller et nytt produkt eller en tjeneste som kommer i praktisk anvendelse og blir lansert til brukere eller kunder. Non-stop har uttalt at alle de tre løsningene som sto igjen til slutt i konseptfasen skal produseres og selges. To av de tre løsningene kan med sikkerhet regnes som innovasjon. Karabinkroken kombinerer elementer fra eksisterende løsninger på en ny innovativ måte. Liten klype fungerer på en annen måte enn andre kommersielt tilgjengelige produkter under kategorien hundeutstyr. Derfor er løsningene å regne som innovasjonsprodukter.

Det er mindre grad av innovasjon på Hurtigutløseren, da den funksjonelt er lik eksisterende produkter, men benytter et annet type materiale, har annen fasong og design, en enklere løsning med webbing for åpning og muliggjør lukking med en hånd.

De gode resultatene mot innovasjon kan skyldes prosjektdeltagernes frie tankesett og mål om å løse oppgavene med frie tøyler, og ikke begrense seg av hvordan de tidligere løsningen har vært. Dette vises også i den stort divergerende idéutviklingsprosessen i starten av rapporten, der løsninger med stor sprik skal tilfredsstillende de samme kravene og utfordringene. Det er likevel ikke realistisk å lansere meget radikale løsninger som brukerne ikke kjenner seg igjen i. Det oppstår fort usikkerhet rundt funksjon og bruk dersom løsningen ikke kan assosieres med noe brukerne har sett eller brukt før. Dette er noe av grunnen til at Compliant klypen ikke fikk en god mottagelse i brukertesten, til tross for at den tilbyr en unik og innovativ løsning.. Dette er noe alle produktutviklere bør tenke på, ikke bare innen segmentet hundeutstyr.

En metode som stadig blir mer brukt grunnet den store tilgangen på 3D-printere, er rapid prototyping, eller hurtig prototyping. Her er formålet å lage prototyper så raskt man har en ferdig digital skisse slik at denne kan testes, evalueres og forbedringer kan gjøres på designet direkte. Dette er en designmetode som bidrar til stor fleksibilitet i utviklingen, da kostnaden ved produksjon av hver enkelt prototype er lav. Denne arbeidspraksisen vil nok i større og større grad ta over i næringslivet i årene som kommer. Gjennom bacheloroppgaven har man opparbeidet seg solid praktisk erfaring på dette området, hvilket vil være verdifull kompetanse å ta med seg videre i yrkeslivet.

Compliant klypen er en idé som bygger på prinsippet om at hele mekanismen er i en sammenhengende konstruksjon, og er det man kan karakterisere som en *ettergivende konstruksjon* (på engelsk: Compliant). Dette reduserer betraktelig antallet delkomponenter og muliggjør hurtig produksjon, da det blir langt færre prosesser.

Compliant klypen (kap. 4.1.2, figur 135) er en løsning som med videre utvikling kan bli et bra produkt, med godt markedspotensial innen produktkategoriene hundestyr og sikringsmateriell. Funksjonen er bygd inn i selve hovedkroppen på produktet, og man eliminerer dermed alle delkomponenter som ellers ville bidratt til sikring. Dette resulterer i at man reduserer også sannsynligheten for tap av funksjon ved fastfrysing.

På vanlige karabinkroker med sikring er det nødvendig med en primærport for å sikre at det den er festet i ikke kan falle ut, og en sekundærport sikrer at primærporten ikke blir utsatt for utilsiktet åpning. Dette er to separate bevegelser / funksjoner som samtidig må inntreffe for at karabinkroken ikke skal hektes av det den er festet mot. Totalt vil det være minimum tre deler, hovedkropp, primærport, sekundærport, samt innfesting av disse. Som regel er det snakk om fem eller flere deler totalt som sørger for funksjon på standardløsninger, dersom man ikke tar med svivelmekanismen. Compliant klypen består i motsetning av kun en del, klippet og formet fra en plate, gjennom en prosess bestående av stansing og kaldforming.

Se for øvrig vedlegg D, kapittel 8.

7 Konklusjon

Denne bacheloroppgaven har som formål å designe og utvikle en låseanordning til hundeutstyr for Non-stop. Resultatet som er presentert bygger på en utviklingsprosess som tar utgangspunkt i oppdragsgiver sin kravspesifikasjon. Bacheloroppgaven har fokusert på å bruke ervervet designmetodikk fra studieprogrammet, for å løse problemstillingen i størst mulig metodisk grad. Hele prosessen som er gjennomført er godt dokumentert i prosessdokumentene som er vedlagt.

Problemstillingen som ble utledet ble delt opp i en hovedproblemstilling og flere delspørsmål som var ønskelig å besvare. Dette ble utført fordi kravspesifikasjonen hadde flere viktige momenter som forfatterne mente var viktig å konkludere med gjennom resultatene.

Hovedproblemstillingen som ble utledet spurte om hvordan de kunne utvikles en låseanordning for hundeutstyr, som imøtekommer kravspesifikasjonen til Non-stop. Gjennom den systematiske tilnærmingen til designmetodikken kan man med utgangspunkt i arbeidet som er utført, konkludere med at de endelige løsningene svarer på kravspesifikasjonen til Non-stop. Gjennom grundige undersøkelser av konkurrenter og eksisterende produkter har det vært mulig å skape en god oversikt over problematikken som eksisterer på tilsvarende produkter, og hvordan denne problematikken kan imøtekommes. Gjennom idéprosessen er denne kunnskapen benyttet sammen med erfaring fra brukersentrert design, idéskapingsmetoder, digital 3D-modellering og produksjonsmetoder for å skape et sluttprodukt som står til oppdragsgivers krav og forventninger.

Det er ingen direkte metode som kan benyttes for å løse hvert enkelt delspørsmål, men arbeidet som er utført viser til en metodisk tilnærming som kan benyttes systematisk for å prøve å løse disse utfordringene.

Gjennom de endelige løsningene kan det konkluderes med at de opprettholder funksjonalitet og brukervennlighet, samtidig som sannsynligheten for fastfrysing mellom komponenter er begrenset. For å imøtekomme dette har det vært fokusert på mekanismer som reduserer sannsynligheten for fastfrysing, eller senker sannsynligheten for at en fastfrysing skal påvirke produktets funksjonalitet i minst mulig grad. Ved design av produktene har det derfor hele veien blitt tatt høyde for å redusere sannsynligheten for isdannelse i bevegelsesområdet til komponentene på produktet, eller på steder med høy klaring. Videre har det blitt tatt høyde for fastfrysing mellom komponenter med lave toleranser ved å produsere løsninger som gir stort

kraftmoment på fastfrysningepunktet ved bruk, slik at en eventuell fastfrysing blir neglisjerbar. Resultatet er et produkt med høy brukervennlighet, og større markedspotensial enn ved dagens løsninger. For å oppnå god brukervennlighet og funksjonalitet i det endelige produktet, er det lagt vekt på brukerperspektivet gjennom hele utviklingsprosessen, samt brukerinvolvering i konseptfasen. Det er tatt høyde for at oppdragsgiver selger produkter til kunder med ulikt behov, funksjonsevne, kompetansenivå og erfaring. Derfor har designet på produktene blant annet benyttet kontrastfarger fra oppdragsgivers bedriftsprofil, på de delene av produktet der hovedfunksjon er lokalisert for å gjøre bruken av produktet mer intuitivt i bruk.

Spørsmålet vedrørende produksjonskostnad har vist seg å være vanskelig å presist evaluere basert på den informasjonen man besitter om oppdragsgivers leverandør og deres produksjonskapabilitet. De endelige løsningene viser derimot til at utformingen av konstruksjonen er viktig både med tanke vekt og krav til bruddstyrke. To av løsningene imøtekommer begge kravene og har en fin balanse mellom vekt og krav til bruddstyrke. Sammenligner man med eksisterende løsninger burde samtlige løsninger på samme tid klare å holde produksjonskostnaden på et tilsvarende eller litt høyere nivå. Gjennom arbeidet som er utført vises det også til at valg av produksjonsmetode og materiale vil direkte påvirke bruddstyrke og totalvekt på sluttproduktet. Ved evaluering av produksjonsmetoder og materialvalg tidlig i designprosessen kan det være mulighet til å redusere vekt, material- og produksjonskostnad betraktelig.

Det tredje delspørsmålet tok for seg hvordan sikkerhetskravet kan ivaretas gjennom utforming av løsninger. De endelige løsningene er utformet slik at kravet til sikkerhet er ivaretatt og gjennom det endelige resultatet kan det konkluderes med at løsningene opprettholder kravet til sikkerhet. Dette har vært en viktig tilnærming for å redusere sannsynligheten for skader og annen utilsiktet åpning av låsemekanismer. Sentralt i utviklingsprosessen har det stått å utvikle mekanismer som ikke skal kunne åpne seg utilsiktet ved bruk eller at funksjoner og komponenter kan hekte seg fast og skade hund. Samtidig har det endelige designet blitt finpusset slik at skarpe kanter og overganger er avrundet for at eventuelle slitasjepunkter blir minimert.

Det fjerde delspørsmålet ble stilt for å ivareta funksjon uavhengig av størrelse på løsning. Funksjonen er i stor grad ivaretatt på de endelige løsningene, og det kan konkluderes med at de opprettholder funksjonalitet uavhengig av størrelse på løsning, ned til et minimum på 70mm total høyde. For å opprettholde funksjon er det benyttet færrest mulig enkeltkomponenter. Dette bidrar til at hver enkelt komponent kan være større og mer brukervennlig, uten at totalstørrelsen øker.

På denne måten kan hovedkroppen tilpasses og skaleres, slik at funksjonskomponenter blir minst mulig berørt og de opprettholder god funksjonalitet og at størrelsen ikke øker.

Det siste delspørsmålet gikk spesifikt på løsningen om hurtigutløser og hvordan den kan utvikles for å oppnå kravet til belastning samtidig som utløsermekanismen skal kunne utløses under belastning. Den hurtigutløseren som er utviklet viser til at både kravet til styrke, men også kravet til funksjonalitet under belastning er oppfylt. Funksjonaliteten ble her opprettholdt gjennom å legge til elementer som gir større gripeflate på utløsermekanismen.

Dette prosjektet har vært utført gjennom en kartlegging-, idéutvikling- og konseptutviklingsprosess. Dette har involvert blant annet brukertester og material- og produkttesting. Evaluering som er utført gjennom prosjektet, og tilbakemeldinger fra oppdragsgiver viser til at eksisterende produkter har løsninger som stort sett ikke har tatt høyde for kombinasjonen fastfrysing, brukervennlighet, og bærekraft.

Basert på utviklingsprosessen som er gjennomført og evalueringene som er utført underveis kan det konkluderes med at samtlige resultater svarer på problemstillingen, dens delspørsmål og den fremlagte kravspesifikasjonen. Oppdragsgiver har fortalt at de løsningene som er utviklet har overkommet deres forventninger, og har fremsatt et ønske om at de tre endelige løsningene skal utvikles videre, prøves ut av oppdragsgiver sammen med deres produsent, og settes ut i produksjon. Konseptet «Liten klype» oppfyller ikke oppdragsgiver sin kravspesifikasjon til det fulle ettersom den totale vekten per dags dato er for høy. Derimot så var det et ønske fra oppdragsgiver at dette konseptet skal likevel tas med videre og settes i produksjon. Årsaken til dette var at produktet har et design som er unikt, og som distanserer løsningen mot konkurrentene.

8 Forslag til videre arbeid

Det gjenstår noe arbeid på løsningene før de er klare til produksjon. Det som må gjøres felles på de endelige løsningene er å finjustere endringene oppdragsgiver har i forhold til profilering og utseende på produktene, få fabrikken til å produsere prototyper i aluminium, innhente fabrikkens toleranser på maskinparken for hva som er mulig å produsere hos dem, produsere verktøy for kaldflytpressing og for støpning. Under presenteres individuelle utfordringer per løsning som krever mer jobb, utforskning og testing før de blir klare for produksjon.

8.1 Hurtigutløser

Hurtigutløseren kan optimaliseres mer med tanke på vekt, noe som topologioptimaliseringene viser, men det er viktig at endringene ikke skaper ubalanse i utseende på produktet. Spesielt områdene på hver side av innfestingen til webbingen, rundt gaffelen som fester låsebøylen, og største diameter på yttersiden av hovedkroppen. Ringen som holder fjæren og låsebolten inni hovedkroppen er trekantet, og må kanskje produseres på en annen måte eller med en annen maskin eller verktøy, enn en rund «nøkkelring». Ringen som holder fjæren og låsebolten inni hovedkroppen er trekantet, og må muligens produseres på en annen måte eller med en annen maskin eller verktøy, enn en rund «nøkkelring». Logoet blir muligens vanskelig å produsere i samme operasjon som hovedkroppen, og kan derfor preges inn i etterkant eller lasergraveres på overflaten. Dette må testes ut dersom fabrikken ikke har erfaring med tilsvarende metoder.

8.2 Karabinkrok med sekundærport

Karabinkroken har en del ulik tykkelse rundt innfestingen til svivelbøylen der logoen er plassert, i forhold til resten av hovedkroppen. Dette kan by på utfordringer under produksjon ettersom massen enten må flyttes dit fra et tynt emne, eller fjernes alle de andre stedene fra et tykt emne. Vaierporten må bøyes flere grader ekstra før primærporten kan åpnes, sammenlignet med den eksisterende svarte karabinkroken til Non-stop. Dette kan plastisk deformere vaierporten slik at den mister spennet sitt og ikke fjærer helt tilbake for å låse primærporten som tiltenkt. Gripeflaten i gummi skal fungere som en stopper i tillegg, og kan være løsningen på dette

problemet. Dersom primærporten blir vanskelig å åpne kan den produseres med «ører» på sidene.

8.3 Liten klype

Liten klype har en del uklarheter som kan avgjøre og endre designet på produktet. Siden dette er en ny type produkt med ny funksjon, er det ikke helt klart hvilke produksjonsprosesser og begrensninger det må tas høyde for. Derfor må fabrikken rådføres allerede i neste steg av prosessen. Det står igjen noen utfordringer knyttet til slitasjepunkter og montering. Innsiden av de to klypene på øvre og nedre del er rette. Det vil si at de skaper friksjonspunkter med lite areal mot for eksempel en rund ring, sammenlignet med en rektangulær ring. Dette gjør produktet mindre universelt enn for eksempel en karabinkrok. Dette kan unngås ved å stuke innsiden av klypene mot et verktøy med en radius.

Klypens totalvekt er over 50% høyere enn kravspesifikasjonen, noe som krever en del endringer for å tilfredsstille. En løsning kan være å gå ned på tykkelsen til ytre kropp og legge inn en bred kurvet stålskive rundt hullet til svivelbolten i bakkant, slik som på Compliant klype, versjon 1.2. Det går også an å redusere platetykkelsen der det ikke trengs styrke, på øvre og nedre del, ved å presse materialet utover før det klippes av og bøyes. Dersom det viser seg at klypen blir for tung å åpne, kan fjæren produseres av tynnere fjærstål, ha mindre vindinger eller flytte akslingen lenger fram for å øke momentarmen.

8.4 Svivelbøyle

Svivelbøylen var ikke høyt nok oppe på prioriteringslisten i denne oppgaven og det gjenstår derfor en del arbeid i CAD og simulering før denne blir klar for produksjon. Noen punkter som kan bemerkes er at svivelen gikk i brudd ved innfestingshullet til svivelbolten under strekktestingen. Det er derfor gunstig å forsterke dette området og fjerne materiale andre steder, fordi det svakeste leddet alltid går til brudd først, og drar ikke nytte av høyere styrke andre steder. Designet bør også passe sammen med eksisterende- og de nye produktene Non-stop har, og får i sitt sortiment. De har uttalt at geometriske former er ønskelig, og derfor er det nye konseptet i vedlegg D en god start på denne prosessen.

Litteraturliste

3D Systems (u.å.) *Our story*. Tilgjengelig fra: <https://www.3dsystems.com/our-story> (Hentet: 10.05.2021).

3DXTECH (u.å.-a) *Thermax Peek*. Tilgjengelig fra: https://www.3dxttech.com/product/thermax-peek/?attribute_pa_diameter=175mm&attribute_pa_weight=500g&attribute_pa_color=black (Hentet: 10.05.2021).

3DXTECH (u.å.-b) *Thermex Pei*. Tilgjengelig fra: <https://www.3dxttech.com/product/thermax-pei-made-using-ultem-1010-certified> (Hentet: 10.05.2021).

3DXTECH (u.å.-c) *CarbonX PA12+CF*. Tilgjengelig fra: <https://www.3dxttech.com/product/carbonx-pa12-cf> (Hentet: 10.05.2021).

Aadland, E. (2011) *Og eg ser på deg... Vitenskapelig teori i helse- og sosialfag*. 3 utg. Oslo: Universitetsforlaget AS.

Almar-Næss, A. (2018) *Anodisering*. Store norske leksikon. Tilgjengelig fra: <https://snl.no/anodisering> (Hentet: 10.05.2021).

Almar-Næss, A. (2021) *Materialprøving*. Store norske leksikon. Tilgjengelig fra: <https://snl.no/materialpr%C3%B8ving> (Hentet: 25.03.2021).

Andersen, E. S. og Schwenke, E. (2020) *Prosjektarbeid. En veiledning for studenter*. Bergen: Fagbokforlaget.

Asemlab (u.å.) *Advanced and sustainable engineering materials laboratory ASEM-lab*. Tilgjengelig fra: <https://www.asemlab.no/> (Hentet: 16.05.2021).

Autodesk (u.å.) *Fusion 360*. Tilgjengelig fra: <https://www.autodesk.no/products/fusion-360/subscribe?plc=F360&term=1-YEAR&support=ADVANCED&quantity=1> (Hentet: 16.05.2021).

BGB (u.å.) *Our whole range of BGB snap hooks*. Tilgjengelig fra: <https://www.bgborsa.net/products/> (Hentet: 16.05.2021).

Bufdir (2016) *De 7 prinsippene for universell utforming*. Hentet fra:

https://bufdir.no/uu/Universell_utforming_A_B_C/Universell_utforming_A_B_C/Historikk/DE_7_prinsippene_for_universell_utforming/ (Hentet: 16.05.2021).

Clas Ohlson (u.å.) *Vingemutter*. Tilgjengelig fra: https://www.clasohlson.com/no/Vingemutter,-DIN-315/p/11-193-8?utm_source=google&utm_medium=organic&utm_campaign=google%20surfaces&gclid=CjwKCAjwgOGCBhAIEiwA7FUXks4jobzL6ltMWNdII2-6NlnuM9KNoQdI88uIBLfcR5GoAUlc5NDCYRoC67wQAvD_BwE (Hentet:

[DIN-315/p/11-193-](https://www.clasohlson.com/no/Vingemutter,-DIN-315/p/11-193-8?utm_source=google&utm_medium=organic&utm_campaign=google%20surfaces&gclid=CjwKCAjwgOGCBhAIEiwA7FUXks4jobzL6ltMWNdII2-6NlnuM9KNoQdI88uIBLfcR5GoAUlc5NDCYRoC67wQAvD_BwE)

[8?utm_source=google&utm_medium=organic&utm_campaign=google%20surfaces&gclid=CjwKCAjwgOGCBhAIEiwA7FUXks4jobzL6ltMWNdII2-](https://www.clasohlson.com/no/Vingemutter,-DIN-315/p/11-193-8?utm_source=google&utm_medium=organic&utm_campaign=google%20surfaces&gclid=CjwKCAjwgOGCBhAIEiwA7FUXks4jobzL6ltMWNdII2-6NlnuM9KNoQdI88uIBLfcR5GoAUlc5NDCYRoC67wQAvD_BwE)

[6NlnuM9KNoQdI88uIBLfcR5GoAUlc5NDCYRoC67wQAvD_BwE](https://www.clasohlson.com/no/Vingemutter,-DIN-315/p/11-193-8?utm_source=google&utm_medium=organic&utm_campaign=google%20surfaces&gclid=CjwKCAjwgOGCBhAIEiwA7FUXks4jobzL6ltMWNdII2-6NlnuM9KNoQdI88uIBLfcR5GoAUlc5NDCYRoC67wQAvD_BwE) (Hentet:

16.05.2021).

Dalland, O. (2017) *Metode og oppgaveskriving*. 6. utg. Oslo: Gyldendal Norsk Forlag AS.

Dog Copenhagen (u.å.) *Urban Rope Line*. Tilgjengelig fra:

https://dogcopenhagen.com/da/hundeliner/27-788-urban-rope-line.html#/storrelse-s/farve-ocean_blue (Hentet: 25.01.2021).

DOGA (2010) *Innovating with people. The business of inclusive design*. Oslo: Design and Architecture Norway.

DOGA (2018) *Innovating with people: Inclusive design and architecture*. Oslo: Design and Architecture Norway.

Eraker, H., Sachse, B. V. og Kumano-Ensby, A. L. (2019) *Norges to ansikter i regnskogen*.

Tilgjengelig fra: <https://www.nrk.no/dokumentar/xl/norges-to-ansikter-i-regnskogen-1.14362780> (Hentet: 10.05 2021).

Esso Grotto (2011) *How carabiners are made*. Tilgjengelig fra:

<https://www.youtube.com/watch?v=goQRzSyNpb4> (Hentet: 10.05.2021).

Farstad, P. (2008) *Industridesign*. 2. Utg. Oslo: Universitetsforlaget AS.

FN (2019) *Bærekraftig utvikling*. Tilgjengelig fra:

<https://www.fn.no/tema/fattigdom/baerekraftig-utvikling> (Hentet: 15.02.2021).

FN (2021-a) *FNs bærekraftsmål*. Tilgjengelig fra: <https://www.fn.no/om-fn/fns-baerekraftsmaal>

(Hentet: 25.02.2021).

- FN (2021-b) *Ansvarlig forbruk og produksjon*. Tilgjengelig fra: <https://www.fn.no/om-fn/fns-baerekraftsmaal/ansvarlig-forbruk-og-produksjon> (Hentet: 25.02.2021).
- Gothelf, J. og Seden, J. (2016) *Lean UX*. 2 utg. O'Reilly Media.
- Grimsgaard, W. (2018) *Design og strategi*. 1. utg. 2019, Capellen Damm AS.
- Hurta (u.å.-a) *Mountain Rope Leash*. Tilgjengelig fra: <https://hurta.com/collections/leashes/products/mountain-rope-leash> (Hentet: 25.01.2021).
- Hurta (u.å.-b) *Venture Leash*. Tilgjengelig fra: <https://hurta.com/collections/leashes/products/venture-leash> (Hentet: 25.01.2021).
- Johansen, H. (2009) *Aluminium*. Tilgjengelig fra: <http://folk.ntnu.no/hennj/materialteknologi/materialteknologi/Materiallare/arbeidsplan/letmetaller/Al-Al-legeringer/Materiallaere-aluminium-kompendium.pdf> (Hentet: 16.05.2021).
- Johansen, H. (2010-a) *Mekaniske egenskaper og testing av dem*. Tilgjengelig fra: [https://folk.ntnu.no/hennj/materialteknologi/materialteknologi/Materiallare/arbeidsplan/9.%20mekaniske%20egenskaper%20og%20testing/Materiallaere-TDL-9-Mekaniske%20egenskaper%20og%20testing%20\(IM+TDL\)-10.pdf](https://folk.ntnu.no/hennj/materialteknologi/materialteknologi/Materiallare/arbeidsplan/9.%20mekaniske%20egenskaper%20og%20testing/Materiallaere-TDL-9-Mekaniske%20egenskaper%20og%20testing%20(IM+TDL)-10.pdf) (Hentet: 15.02.2021).
- Johansen, H. (2010-b) *Generelle fremgangsmåter til å styrke metallene*. Tilgjengelig fra: [https://folk.ntnu.no/hennj/materialteknologi/materialteknologi/Materiallare/arbeidsplan/6.%20generelle%20fremgangsm%20styrke%20met/Materiallaere-TDL-6-Generelle%20fremgangsmater%20styrke%20metalliske%20materialer%20\(IM+TDL\)-10.pdf](https://folk.ntnu.no/hennj/materialteknologi/materialteknologi/Materiallare/arbeidsplan/6.%20generelle%20fremgangsm%20styrke%20met/Materiallaere-TDL-6-Generelle%20fremgangsmater%20styrke%20metalliske%20materialer%20(IM+TDL)-10.pdf) (Hentet: 15.02.2021).
- Kalpakjian, S. og Schmid, S. R. (2014) *Manufacturing Engineering and Technology*. 7. utg. Singapore: Pearson Education South Asia Pte Ltd.
- Karlsen, J.T. (2021) *Prosjektledelse*. 5. utg. Oslo: Universitetsforlaget AS.
- Krajewski, Lee J. et al. (2019) *Operations management. Processes and supply chains*. 12. utg. Harlow, UK: Pearson Education Limited.
- Lerdahl, E. (2007) *Slagkraft*. Oslo: Gyldendal Norsk Forlag AS.

Lerdahl, E. (2017) *Nyskapning*. 1. Utg. Oslo: Gyldendal Norsk Forlag AS.

Manufacturing Guide (u.å.-a) *Warm chamber die casting*. Tilgjengelig fra:

<https://www.manufacturingguide.com/en/warm-chamber-die-casting> (Hentet: 10.05.2021).

Manufacturing Guide (u.å.-b) *Closed die forging*. Tilgjengelig fra:

<https://www.manufacturingguide.com/en/closed-die-forging> (Hentet: 10.05.2021).

Manufacturing Guide (u.å.-c) *Wire bending single tool*. Tilgjengelig fra:

<https://www.manufacturingguide.com/en/wire-bending-single-tool> (Hentet: 10.05.2021).

Manufacturing Guide (u.å.-d) *Upset forging*. Tilgjengelig fra:

<https://www.manufacturingguide.com/en/upset-forging> (Hentet: 10.05.2021).

Manufacturing Guide (u.å.-e) *Wipe bending*. Tilgjengelig fra:

<https://www.manufacturingguide.com/en/wipe-bending> (Hentet: 10.05.2021).

Manufacturing Guide (u.å.-f) *Flatbed turning controlled*. Tilgjengelig fra:

<https://www.manufacturingguide.com/en/flatbed-turning-controlled> (Hentet: 10.05.2021).

Manufacturing Guide (u.å.-g) *3-axis CNC milling*. Tilgjengelig fra:

<https://www.manufacturingguide.com/en/3-axis-cnc-milling> (Hentet: 10.05.2021).

Manufacturing Guide (u.å.-h) *Precision punching*. Tilgjengelig fra:

<https://www.manufacturingguide.com/en/precision-punching> (Hentet: 10.05.2021).

Manufacturing Guide (u.å.-i) *Direct extrusion*. Tilgjengelig fra:

<https://www.manufacturingguide.com/en/direct-extrusion> (Hentet: 10.05.2021).

Manufacturing Guide (u.å.-j) *Tube laser cutting 3D*. Tilgjengelig fra:

<https://www.manufacturingguide.com/en/tube-laser-cutting-3d> (Hentet: 10.05.2021).

Manufacturing Guide (u.å.-k) *Laser cutting 3D flat material*. Tilgjengelig fra:

<https://www.manufacturingguide.com/en/laser-cutting-3d-flat-material> (Hentet: 10.05.2021).

Matweb (u.å.-a) *Aluminum 7075-T6; 7075-T651*. Tilgjengelig fra:

<http://www.matweb.com/search/DataSheet.aspx?MatGUID=4f19a42be94546b686bbf43f79c51b7d&ckck=1> (Hentet: 10.05.2021).

Matweb (u.å.-b) *AISI Type 316L Stainless Steel, annealed and cold drawn bar*. Tilgjengelig fra:

<http://matweb.com/search/DataSheet.aspx?MatGUID=c02b8c0ae42e459a872553e0ebfab648&ckck=1> (Hentet: 10.05.2021).

Moodboard 2021, 30 delelementer, Hentet fra: se liste under

1- *Bisselkrok*. Tilgjengelig fra:

<https://www.hooks.no/hest/hestestyr/hestedekken/bisselkroker> (Hentet: 23.03.2021).

2- *Anchor Link*. Tilgjengelig fra: [https://www.bhphotovideo.com/c/product/1420524-](https://www.bhphotovideo.com/c/product/1420524-REG/peak_design_al_4_anchor_connectors_for_peak.html)

[REG/peak design al 4 anchor connectors for peak.html](https://www.bhphotovideo.com/c/product/1420524-REG/peak_design_al_4_anchor_connectors_for_peak.html) (Hentet: 23.03.2021).

3- *Hook*. Tilgjengelig fra: [https://www.biltema.no/en-no/boat/deck-](https://www.biltema.no/en-no/boat/deck-equipment/hooks/hook-2000040763)

[equipment/hooks/hook-2000040763](https://www.biltema.no/en-no/boat/deck-equipment/hooks/hook-2000040763) (Hentet: 23.03.2021).

4- *S-Krok*. Tilgjengelig fra: [https://www.tradera.com/item/343330/315768586/s-krok-](https://www.tradera.com/item/343330/315768586/s-krok-264-sluten-formassingad-22-mm-10-pack)

[264-sluten-formassingad-22-mm-10-pack](https://www.tradera.com/item/343330/315768586/s-krok-264-sluten-formassingad-22-mm-10-pack) (Hentet: 23.03.2021).

5- *Hårnål*. Tilgjengelig fra: <https://www.aeropartner.no/shop/haarnaal-1-5-707p.html>

(Hentet: 23.03.2021).

6- *Quick Chage Swivel*. Tilgjengelig fra: [https://www.nordfishing77.at/daiwa-nzon-](https://www.nordfishing77.at/daiwa-nzon-quick-change-swivel-15182)

[quick-change-swivel-15182](https://www.nordfishing77.at/daiwa-nzon-quick-change-swivel-15182) (Hentet: 23.03.2021).

7- *Snap Shackle*. Tilgjengelig fra: [https://www.biltema.no/en-no/boat/deck-](https://www.biltema.no/en-no/boat/deck-equipment/clew-hooks/snap-shackle-2000020417)

[equipment/clew-hooks/snap-shackle-2000020417](https://www.biltema.no/en-no/boat/deck-equipment/clew-hooks/snap-shackle-2000020417) (Hentet: 23.03.2021).

8- *Karabiner Director*. Tilgjengelig fra: [https://www.murer-](https://www.murer-shop.ch/artikel.aspx?WPParams=50C9D4C6C5D2E6BDA5A98494AB96)

[shop.ch/artikel.aspx?WPParams=50C9D4C6C5D2E6BDA5A98494AB96](https://www.murer-shop.ch/artikel.aspx?WPParams=50C9D4C6C5D2E6BDA5A98494AB96) (Hentet:

23.03.2021).

9- *Montagebygel Master*. Tilgjengelig fra:

[https://www.shop.prevex.se/15/byggsortiment-](https://www.shop.prevex.se/15/byggsortiment-3/betongkomplement/vattentatning/fogbleck-och-sprickkanvisare/pim28097894/)

[3/betongkomplement/vattentatning/fogbleck-och-sprickkanvisare/pim28097894/](https://www.shop.prevex.se/15/byggsortiment-3/betongkomplement/vattentatning/fogbleck-och-sprickkanvisare/pim28097894/) (Hentet:

23.03.2021).

- 10- *Ceros Screwgate*. Tilgjengelig fra: <https://www.sport-spezial.de/Bergsport/Karabiner/16458/Ceros-Screwgate> (Hentet: 23.03.2021).
- 11- *Krok*. Tilgjengelig fra: <https://www.biltema.no/batutstyr/battilbehor/kroker/krok-2000017717> (Hentet: 23.03.2021).
- 12- *Skjøtekrok*. Tilgjengelig fra: https://www.watski.no/-/11qN8?artnr=106684&gclid=Cj0KCQjwo-aCBhC-ARIsAAkNQih5_C7_DkQV7Fzyzz12bd6SEMPbdrCHRZ8kEattzoivFHm_zJFMUwaAp4FEALw_wcB (Hentet: 23.03.2021).
- 13- *Karabinczyk Bezpieczny*. Tilgjengelig fra: <http://koniomania.pl/akcesoria-dotranzelek/3981-karabinczyk-bezpieczny-ocynkowany.html> (Hentet: 23.03.2021).
- 14- *Hose Barb Coupling Body*. Tilgjengelig fra: <https://www.freshwatersystems.com/products/83200-nsf-non-valved-in-line-hose-barb-coupling-body-1-2-id-barb> (Hentet: 23.03.2021).
- 15- *Clasp Fairfield*. Tilgjengelig fra: <https://www.hookseurope.com/horse/horse-gear/horse-rugs/clasp-1> (Hentet: 23.03.2021).
- 16- *Perfecto Locksafe*. Tilgjengelig fra: <https://www.bartlettman.com/products/perfecto-locksafes-with-captive-bar> (Hentet: 23.03.2021).
- 17- *Vinschkrok*. Tilgjengelig fra: <https://www.biltema.fi/sv-fi/bil---mc/lasta-och-dra/elektriska-vinschar/vinschkrok-2000041313> (Hentet: 23.03.2021).
- 18- *Haka Fairfield*. Tilgjengelig fra: <https://www.hooks.fi/hevonen/hevosten-varusteet/apuohjat-ohjat/haka> (Hentet: 23.03.2021).
- 19- *Vault Lock*. Tilgjengelig fra: <https://www.ropeandwork.com/accessori-meccanici/607-porta-materiale-dmm-vault-lock-5031290212984.html> (Hentet: 23.03.2021).
- 20- *Vault Wire Gate Carabiner*. Tilgjengelig fra: <https://www.addnature.no/dmm-vault-wiregate-carabiner-M599465.html> (Hentet: 23.03.2021).
- 21- *Jousihaka*. Tilgjengelig fra: <https://www.biltema.fi/veneily/veeneen-kansivarusteet/karbiinihaat/jousihaka-2000041568> (Hentet: 23.03.2021).

- 22- *Claw coupling*. Tilgjengelig fra: <https://www.mcc-ltd.com.au/claw-coupling-safety-locking-pin> (Hentet fra: 23.03.2021).
- 23- *DMM Sidewinder SG*. Tilgjengelig fra: https://freerider.com.ua/dmm_a98k21_p029659/ (Hentet: 23.03.2021).
- 24- *Skjøtekrok*. Tilgjengelig fra: <https://www.biltema.no/batutstyr/battilbehor/skjotekrok/skjotekrok-2000020416> (Hentet: 23.03.2021).
- 25- *Detachable keyring*. Tilgjengelig fra: <https://www.amazon.co.uk/MOMOXY-Detachable-Keyrings-Release-Double/dp/B07D786D1C> (Hentet: 23.03.2021).
- 26- *Hairpin*. Tilgjengelig fra: <https://no.wikipedia.org/wiki/Fil:Wsuwka.JPG> (Hentet: 23.03.2021).
- 27- *Key pin shackle*. Tilgjengelig fra: <https://www.biltema.no/en-no/boat/deck-equipment/shackles/key-pin-shackle-2000041117> (Hentet: 23.03.2021).
- 28- *Trigger hook*. Tilgjengelig fra: <https://www.biltema.dk/en-dk/boat/deck-equipment/pistol-hooks/trigger-hook-2000041027> (Hentet: 23.03.2021).
- 29- *Selepinne*. Tilgjengelig fra: <https://iwt.no/tilhengere/beslag-dor-og-rampedeler/selepinne-biltransporter/> (Hentet: 23.03.2021).
- 30- *Snap hook*. Tilgjengelig fra: <https://www.biltema.dk/en-dk/boat/deck-equipment/snap-hooks/snap-hook-2000037702> (Hentet: 23.03.2021).
- Non-stop Dogwear (u.å.-a) *Om oss*. Tilgjengelig fra: <https://www.nonstopdogwear.com/no/om-oss/#office> (Hentet: 15.12.2020).
- Non-stop Dogwear (u.å.-b) *Polar collar*. Tilgjengelig fra: <https://www.nonstopdogwear.com/no/produkt/polar-collar/> (Hentet: 25.01.2021).
- Non-stop Dogwear (u.å.-c) *Bungee leash*. Tilgjengelig fra: <https://www.nonstopdogwear.com/no/produkt/bungee-leash/> (Hentet: 25.01.2021).
- Non-stop Dogwear (u.å.-d) *Touring bungee adjustable*. Tilgjengelig fra: <https://www.nonstopdogwear.com/no/produkt/touring-bungee-adjustable/> (Hentet: 25.02.2021).

Non-stop Dogwear (u.å.-e) *Strong leash*. Tilgjengelig fra:

<https://www.nonstopdogwear.com/no/produkt/strong-leash/> (Hentet: 25.01.2021).

Non-stop Dogwear (u.å.-f) *Freemotion harness*. Tilgjengelig fra:

<https://www.nonstopdogwear.com/no/produkt/freemotion-harness/> (Hentet: 25.01.2021).

Non-stop Dogwear (u.å.-g) *Line harness*. Tilgjengelig fra:

<https://www.nonstopdogwear.com/no/produkt/line-harness/> (Hentet: 25.01.2021).

Non-stop Dogwear (u.å.-h) *Canix belt*. Tilgjengelig fra:

<https://www.nonstopdogwear.com/no/produkt/canix-belt/> (Hentet: 25.01.2021).

Non-stop Dogwear (u.å.-i) *Løype belt*. Tilgjengelig fra:

<https://www.nonstopdogwear.com/no/produkt/loype-belt/> (Hentet: 25.01.2021).

Non-stop Dogwear (u.å.-j) *Ferd belt*. Tilgjengelig fra:

<https://www.nonstopdogwear.com/no/produkt/ferd-belt/> (Hentet: 25.01.2021).

Non-stop Dogwear (u.å.-k) *Quick release snap hook*. Tilgjengelig fra:

<https://www.nonstopdogwear.com/no/produkt/quick-release-snap-hook/> (Hentet: 25.01.2021).

Omega Pacific (2017) *How to make a carabiner in 60 seconds*. Tilgjengelig fra:

<https://www.youtube.com/watch?v=ZVPzcMnrYhU> (Hentet: 10.05.2021).

Prusa (2020) *General info*. Tilgjengelig fra: https://help.prusa3d.com/en/article/general-info_1910 (Hentet: 16.05.2021).

Prusa (u.å.) *About us*. Tilgjengelig fra: <https://www.prusa3d.com/about-us/> (Hentet: 10.05.2021).

Regjeringen (2010) *Hva er innovasjon?* Tilgjengelig fra:

<https://www.regjeringen.no/no/tema/naringsliv/forskning-og-innovasjon/hva-er-innovasjon/id526485/> (Hentet: 10.05.2021).

Rognsaa, A. (2018) *Bacheloroppgaven*. 3. opplag. Oslo: Universitetsforlaget.

Rolstadås, A. og Liseter, I. M. (2018) *Kravspesifikasjon*. Store Norske Leksikon. Tilgjengelig fra: <https://snl.no/kravspesifikasjon> (Hentet: 19.01.2021).

Ruffwear (u.å.-a) *Quick Draw Leash*. Tilgjengelig fra: <https://ruffwear.com/collections/dog-leashes/products/quick-draw-on-demand-dog-leash> (Hentet: 25.01.2021).

Ruffwear (u.å.-b) *Knot-a-leash Rope Dog Leash With Carabiner*. Tilgjengelig fra: <https://ruffwear.com/collections/dog-leashes/products/knot-a-leash> (Hentet: 25.01.2021).

Ruffwear (u.å.-c) *Patroller Dog Leash*. Tilgjengelig fra: <https://ruffwear.com/collections/dog-leashes/products/patroller-dog-leash> (Hentet: 25.01.2021).

Steinfeld, E. og Maisel, J. L. (2012) *Universal Design: Creating Inclusive Environments*. Hoboken, New Jersey: John Wiley & Sons, Inc.

Store norske leksikon (2020) *Pitting*. Tilgjengelig fra: <https://snl.no/pitting> (Hentet: 19.05.2021).

UN (u.å.) *Report of the World Commission on Environment and Development - Our Common Future*. Tilgjengelig fra: <https://sustainabledevelopment.un.org/milestones/wced> (Hentet: 01.03.2021).

Zwick Roell (u.å.) *TestXpert II*. Tilgjengelig fra: <https://www.zwickroell.com/accessories/testing-software/testxpert-ii/> (Hentet: 15.02.2021).

Vedlegg

Innhold

Vedlegg A: Material- og produkttesting

Vedlegg B: Idéutviklingsprosessen

Vedlegg C: Evaluering av ideer

Vedlegg D: Konseptutviklingsprosessen

Vedlegg E: Brukerundersøkelse

