

Janne Fagerli Isaksen
Karoline Idsø Linder
Olav Lønsjø

Opphengssystem for toalettruller på HC-toalett

Utvikling av fleksibelt og universelt utformet opphengssystem for toalettruller på HC-toalett

Bacheloroppgave i Teknologidesign og ledelse

Veileder: Kari Oline Øverseth

Mai 2022



Janne Fagerli Isaksen
Karoline Idsø Linder
Olav Lønsjø

Opphengssystem for toalettruller på HC-toalett

Utvikling av fleksibelt og universelt utformet
opphengssystem for toalettruller på HC-toalett

Bacheloroppgave i Teknologidesign og ledelse
Veileder: Kari Oline Øverseth
Mai 2022

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



Kunnskap for en bedre verden

Oppgavens tittel: Opphengssystem for toaletttruller på HC-toalett	Dato: 20.05.22		
	Antall sider: 152		
	Masteroppgave		Bacheloroppgave X
Navn: Janne Fagerli Isaksen, Karoline Idsø Linder, Olav Lønsjø			
Veileder: Kari Oline Øverseth, NTNU i Gjøvik			
Intern faglig kontakt: Jonny Nersveen, Forskningsansvarlig for norsk forskningslaboratorium for universell utforming, NTNU			

Sammendrag:

De fleste har en gang i livet opplevd å miste toaletttrullen på gulvet grunnet dårlig utforming av opphengssystemet. En slik situasjon resulterer i at toaletttrullen kan havne på uheldige steder, slik at man kanskje må ned på gulvet, og deretter krabbe for å hente rullen. For personer uten store fysiske utfordringer vil en slik situasjon ikke utgjøre et særlig stort problem, men for personer med enten nedsatt mobilitet eller syn kan dette forårsake svært uheldige situasjoner. Personer med nedsatt syn blir kanskje nødt til å krabbe på gulvet og samtidig føle seg frem med hendene til rullen, mens personer med nedsatt mobilitet kan i visse tilfeller ikke ha evnen til å hente opp rullen uten assistanse.

Formålet til bacheloroppgaven er utvikling av et nytt opphengssystem for toaletttruller på HC-toalett, som er mer fleksibel og universell. Dagens løsninger er lite brukervennlige og fleksible, samt stigmatiserende. Dagens løsninger tilfredsstillers altså ikke behov i tilstrekkelig grad, særlig ikke blant de valgte brukergruppene: nedsatt mobilitet og syn. Løsninger i publikumsbygg velges ofte med bakgrunn i økonomiske aspekter, og baseres ikke i like stor grad på funksjonaliteten, tilgjengelighet, brukervennlighet, og/eller fleksibiliteten løsningen tilbyr. Måten samfunnet er utformet på sørger dermed for ekskludering av noen brukergrupper. Denne bacheloroppgaven forsøker med bakgrunn i dette å belyse ulike problematiske situasjonene som oppstår ved bruk av HC-toalett, blant valgt målgruppe.

Denne oppgaven vil systematisk presentere utviklingsprosessen til et opphengssystem for toaletttruller på HC-toalett, gjennom fokus på *universell utforming* og *brukersentrert design*. Utviklingsprosessen har vært preget av et mangfold metoder, hvor bruk av metodikk har resultert i et konsept gruppen mener er mer fleksibelt, inkluderende og brukervennlig, enn nåværende løsninger. Beslutninger er tatt i henhold til kartlegging av brukerens behov og forventninger, og i henhold til markedssegmentet løsningen tilhører. Hovedsakelig forsøker konseptet å inkludere flere brukergrupper enn tidligere løsninger, samtidig er det forsøkt å minske sannsynligheten for at uheldige situasjoner oppstår. På denne måten vil toaletttruller på HC-toalett være mer tilgjengelig, inkluderende og generelt mer tilfredsstillende ved bruk, ettersom løsningen tilfredsstillers faktiske behov.

Stikkord:

Produktutvikling
Opphengssystem for toaletteruller
HC-toalett
Universell utforming
Brukertrent design
Additiv tilvirkning

Janne Fagerli Isaksen

(sign. Janne Fagerli Isaksen)

Karoline I. Linder

(sign. Karoline Idsø Linder)

Olav Lønsjø

(sign. Olav Lønsjø)

Forord

Bacheloroppgaven ble utarbeidet våren 2022 og markerer avslutningen på det treårige studiet Teknologidesign og ledelse ved NTNU i Gjøvik. Fokus for oppgaven er universell utforming, et sentralt tema gjennom hele studiet. I tillegg har oppgaven tillatt gruppen å ta i bruk andre sentrale emner fra studieløpet, som for eksempel produksjonsmetoder, materiallære, idéutvikling, merkevarebygging, ulike ledelsesfag og digital formutvikling (SolidWorks). Med bakgrunn i tidligere erfaring fra disse emnene, samt tilegning av ny kunnskap og tett samarbeid med ulike aktører, har oppgaven resultert i et konsept for et opphengssystem for toalettruller på HC-toalett.

Oppgaven er skrevet i samarbeid med norsk forskningslaboratorium for universell utforming, med Jonny Nersveen som kontaktperson og Kari Oline Øverseth som veileder. Nersveen har bidratt med mange gode tips underveis i prosessen, og delt erfaringer etter mange år med forskning på området, noe vi setter stor pris på. Jevnlige veiledningstimer med Øverseth har ellers hjulpet gruppen med å tilfredsstille oppgavens formelle krav, og bidratt til mer klarhet rundt gjennomføringen av prosjektet. Ved usikkerhet underveis, har tett samhandling med både Nersveen og Øverseth bidratt mye, i den forstand at endelig konsept svarer på problemstillingen i tilstrekkelig grad og løser et faktisk problem.

Det er mange aktører ellers som har bidratt til gjennomføring av prosjektet og stilt opp ved behov, som vi ønsker å rette en takk til. Tor Erik Nicolaisen har vært til stor hjelp når det kommer til gjennomføring av mekaniske aspekter, som til dags dato ikke har vært en del av studiet. Anne Britt Torkildsen har gitt god innsikt i forhold til universell utforming og gitt tips til hvordan en kontakter reelle brukere, samt gjennomfører brukertesting. I kartlegging av brukerens behov, har både blindeforbundet avd. Oppland og Norges handikapforbund region Innlandet bistått med ressurser og kontaktpersoner, noe vi setter stor pris på. I forhold til modellbygging vil vi særlig takke medstudenter Morten Fliflet-Jacobsen og Åsmund Løvås, som har hjulpet til ved bruk av elektriske verktøy.

Til slutt vil vi takke alle personer som har bidratt til verdifull innsikt i dybdeintervju og brukertesting. Dette inkluderer både reelle brukere og medstudenter ved NTNU i Gjøvik som har bidratt underveis, i ulike faser av prosjektet.

Abstract

Most people have at some point in their life experienced situations where toilet paper happens to fall to the floor and starts rolling due to a poor hanging system. This results in having to crawl on the floor to get a hold of the lost paper. For people with perfect movement and vision, this is not a huge problem since they have the ability to easily pick it up again. People with different variations of disabilities on the other hand, might not have the same luxury when such problems occur. People with impaired vision e.g., might have to search throughout the whole room and crawl around to physically search, and people with reduced mobility might not be able to pick up the toilet paper at all without assistance.

The purpose of this bachelor thesis is development of a new, flexible, and universal hanging system for toilet paper in public HC-toilets. Nowadays, people with different disabilities relating to e.g., mobility and visual impairment, suffer from badly designed and stigmatizing products and solutions, that do not satisfy their needs properly. Products that are installed are often chosen because of the economic benefits they bring, and not necessarily because of the functionality and flexibility they offer. This results in solutions that are often lacking in most aspects, and in many cases, users with reduced functionality are excluded from aspects of society because of how its built. Through this thesis we try to bring to light the problematic situations that might occur when using different HC-toilets, especially regarding situations that occur for people with either reduced mobility and/or impaired vision.

This thesis will systematically present how inclusive design directed the development process of a hanging system for toilet paper, with focus on e.g., *the Principles of Universal Design* and *User-centered design*. The development process itself has been largely influenced by different design methods throughout the course of the whole project. The process has not only resulted in a more flexible hanging system for toilet paper, but final concept is also more inclusive and generally more user-friendly. Mainly the concept attempts to include a wider range of people, compared to previously installed systems, while simultaneously attempting to reduce the probability of problematic situations to happen. In this way public HC-toilets will be more accessible, inclusive and generally more satisfactory to use for all.

Forord	iii
Abstract	iv
Figurliste	x
Tabelliste	xv
Begrepsliste	xvi
1 Introduksjon	1
1.1 Oppgavens oppbygging.....	1
1.2 Bakgrunn for oppgaven.....	2
1.3 Målgruppe	3
1.4 Problem, årsak og virkning	3
1.5 Bakgrunn for problemstillingen	6
1.6 Problemstilling	7
1.7 Mål	8
1.8 Rammer for oppgaven.....	8
1.8.1 Rammer utgitt i oppgaven	9
1.8.2 Prinsipiell produktspesifikasjon.....	9
1.8.3 Detaljert produktspesifikasjon	10
1.8.4 Kravspesifikasjon materialer	11
1.9 Validitet, reliabilitet og etterprøvnbarhet	12
2 Teori	13
2.1 Universell utforming	13
2.2 Stigma-free design.....	15
2.3 Bærekraft.....	15
2.4 Produktsemantikk.....	16
2.4.1 Persepsjon og kognisjon.....	16

2.4.2	<i>Tekstur og overflater</i>	17
2.4.3	<i>Betydningen av materialvalg</i>	17
2.5	Fargeteori	17
2.5.1	<i>Farge i design</i>	18
2.5.2	<i>Kontraster</i>	19
2.6	Ergonomi.....	20
2.7	Strukturelle former	21
2.8	Dreiemoment – dreiearm.....	22
2.9	Materialer	23
2.9.1	<i>Plast</i>	23
2.9.2	<i>Metall</i>	24
2.10	Produksjonsmetoder	26
2.10.1	<i>Additiv tilvirkning</i>	26
2.10.2	<i>Selektiv lasersintring</i>	27
2.10.3	<i>Sprøytetestøping</i>	28
2.11	Bearbeidingsmetoder.....	30
2.11.1	<i>Bøying av rustfritt stål</i>	30
2.11.2	<i>Kaldbearbeiding</i>	30
2.11	Overflatebehandling	30
2.12.1	<i>Børsting og polering av rustfritt stål</i>	30
2.12.2	<i>Pulverlakkering</i>	31
2.13	Sammenføyningsmetoder	32
2.13.1	<i>Skruetypeper</i>	32
2.13.2	<i>Sammenføring av plast og metall med skruer</i>	32
2.13.3	<i>Presspasninger og snap fits</i>	33
2.13.4	<i>Gummiforsegling i festepunkter</i>	34
3	Case/Materialer	35
3.1	Tidligere forskning	35
3.1.1	<i>Hygiene av fastmontert utstyr</i>	35
3.1.2	<i>Kontraster på baderom</i>	36
3.1.3	<i>Fall på baderom</i>	36

3.2 Regelverk og anbefalinger	37
3.3 Statistikk om funksjonsnedsettelse	38
3.3.1 Andel av befolkningen med funksjonsnedsettelse	38
3.3.2 Funksjonsnedsettelse og økonomi	40
4 Metode	41
4.1 Designmetodikk	41
4.1.1 Slagkraft og nyskapning	41
4.1.2 CPS - kreativ problemløsning	41
4.1.3 Den visjonsbaserte modellen	42
4.1.4 Inkluderende design	43
4.2 Kartlegging av marked	43
4.3 Kartlegging av brukerens behov	44
4.3.1 Kvantitative metoder	45
4.3.2 Kvalitative metoder	45
4.4 Idéutvikling	47
4.4.1 Tegnebasert idéutvikling	48
4.4.2 Sansebasert idéutvikling	50
4.5 Evaluering og utvelgelse av ideer	51
4.5.1 Finne sin favoritt	52
4.5.2 Negativ brainstorming	52
4.5.3 Markørmetoden	52
4.5.4 Barometerrangering	53
4.5.5 Diagrambasert evaluering	53
4.5.6 Brukertesting	54
4.6 Modellbasert idéutvikling	54
4.6.1 Skissemodell	55
4.6.2 Rapid prototyping	55
4.6.3 Funksjonsmodell eller mock-up	56
4.7 FMEA-analyse	56
5 Resultat	57
5.1 Kartlegging av marked	57

5.2 Kartlegging av eksisterende løsninger	61
5.2.1 Montering av eksisterende armlener.....	61
5.2.2 Form på eksisterende armlener.....	63
5.2.3 Plassering av opphengssystem.....	63
5.2.4 I henhold til gruppens prosjekt.....	69
5.3 Kartlegging av brukerens behov	70
5.3.1 Kvantitative metoder	70
5.3.2 Kvalitative metoder	70
5.4 Idéutvikling	76
5.4.1 Tegnebasert idéutvikling	77
5.4.2 Sansebasert idéutvikling.....	80
5.5 Utvelgelse av ideer	81
5.5.1 Finne sin favoritt.....	82
5.5.2 Negativ brainstorming.....	82
5.5.3 Markørmetoden	84
5.5.4 Barometerrangering.....	85
5.6 Evaluering av ideer.....	86
5.6.1 Diagrambasert evaluering	87
5.6.2 Valg av idé.....	91
5.7 Modellbasert idéutvikling	92
5.7.1 Skissemodeller.....	92
5.7.2 Rapid prototyping.....	94
5.7.3 Funksjonsmodell eller mock-ups.....	96
5.8 Bearbeiding av idéer.....	97
5.8.1 Testing av posisjon.....	97
5.8.2 Testing av ulike toalettruller	99
5.8.3 Sesjon med reelle brukere	100
5.8.4 Utvikling og testing av toalettrullholder	102
5.8.5 Utvikling og testing av roteringsmekanisme	105
5.8.6 Utvikling og brukertestning av tekstur/markering	109
5.8.7 Utvikling og testing av festemekanisme mellom armlene og toalettrullholder	110
5.9 Endelig konsept.....	111
5.9.1 Toalettrullholder	113

5.9.2 Roteringsmekanisme.....	113
5.9.3 Tekstur- og fargevalg.....	115
5.9.4 Festemekanisme til armlene.....	118
5.9.5 Montering.....	120
5.9.6 Endelig prototype.....	122
5.9.7 Scenario.....	122
5.9.8 Materiale.....	124
5.9.9 Produksjonsmetode og overflatebehandling.....	126
5.9.10 Dreiearm.....	128
5.9.11 FMEA-analyse.....	129
6 Diskusjon.....	131
6.1 Validitet, reliabilitet og etterprøvbart.....	131
6.2 Universell utforming.....	133
6.3 Endelig konsept opp mot kravspesifikasjon.....	134
6.3.1 Effektmål og resultatmål.....	134
6.3.2 Prinsipiell kravspesifikasjon.....	135
6.3.3 Detaljert produktspesifikasjon.....	137
6.4 Produksjon og materialer.....	137
6.4.1 Valg av produksjonsmetoder.....	137
6.4.2 Materialvalg.....	138
6.5 Magneter fremfor fjærstempel.....	139
6.6 Bærekraft.....	140
6.7 Økonomi og budsjett.....	140
6.8 Tidsbudsjett.....	141
6.9 Hvorvidt problemstillingen er besvart.....	142
6.10 Forslag til videre arbeid.....	143
6.10.1 Fail-safe ved bruddpunkt.....	143
6.10.2 Bruk av produkt i private hjem.....	143
7 Litteraturliste.....	145

Figurliste

Figur 1 - Fiskebeinsdiagram over problem, årsak og virkning (Linder, 2022).....	4
Figur 2 - Metning av gul fargetone (Isaksen, 2022)	18
Figur 3 - Ittens fargersirkel (Isaksen, 2022)	19
Figur 4 - Eksempel på strukturelle former (Isaksen, 2022)	22
Figur 5 - Selvillustrert skisse av additiv tilvirkning (Isaksen, 2022)	27
Figur 6 - Selvillustrert skisse av selektiv lasersintring (Isaksen, 2022).....	28
Figur 7 - Selvillustrert skisse av sprøytetøping (Isaksen, 2021)	29
Figur 8 - Andel av befolkningen med forskjellige funksjonsnedsettelse (Barne-, ungdoms- og familiedirektoratet, 2019a).....	39
Figur 9 - CPS-metoden (Isaksen, 2022).....	42
Figur 10 - De åtte aktivitetene innenfor inkluderende design (DOGA, u.å.).....	43
Figur 11 - Egenskapskobling (Selvillustrert tankekart, 2022)	49
Figur 12 - Samling av tilfeldige materialer (Selillustrert foto, 2022)	51
Figur 13 - Enkel servering ved brukertesting (Selvillustrert foto, 2022).....	54
Figur 14 - CPS-metoden, 2) Søk fakta (Isaksen, 2022)	57
Figur 15 - Konkurrentkartlegging (Selvillustrert tegning, 2022).....	58
Figur 16 - Dame-, herre-, HC-toalett på Sørbyen legegruppe (Selvillustrert foto, 2022).....	64
Figur 17 - HC-toalett på Kafferiet by Fahlstrøm (Selvillustrert foto, 2022)	65
Figur 18 - HC-toalett, 1. etasje i Gneis-bygget, NTNU i Gjøvik (Selvillustrert foto, 2022)	66

Figur 19 - HC-toalett på Gjøvik Rådhus (Selvillustrert foto, 2022)	67
Figur 20 - HC-toalett på Gjøvik Bibliotek (Selvillustrert foto, 2022)	68
Figur 21 - HC-toalett på Norsk forskningslaboratorium for universell utforming (Selvillustrert foto, 2022).....	68
Figur 22 - HC-toalett på Mustad Næringspark (Selvillustrert foto, 2022)	69
Figur 23 - Simulering av blindhet (selvillustrert bilde, 2022)	71
Figur 24 - Simulering av bevegelighet i kun en arm (selvillustrert bilde, 2022).....	72
Figur 25 - Simulering av stumpe ledd (selvillustrert bilde, 2022).....	73
Figur 26 - CPS-metoden, 4) Søk ideer (Isaksen, 2022)	76
Figur 27 - Skissering (selvillustrerte skisser, 2022).....	78
Figur 28 - Utdrag fra brainwriting pool i praksis (Selvillustrert skisse, 2022).....	79
Figur 29 - Kombinasjon av delementer (Linder, 2022)	79
Figur 30 - CPS-metoden, 5) Søk løsning (Isaksen, 2022)	81
Figur 31 – Utdrag av skisser fra markørmetoden (selvillustrerte skisser, 2022)	85
Figur 32 - Barometerrangering (Selvillustrert foto, 2022).....	86
Figur 33 - CPS-metoden, 5) Søk løsning (Isaksen, 2022)	87
Figur 34 - Komplet løsning, opphengssystem for toalettrull med kuleledd (Isaksen og Linder, 2022)	88
Figur 35 - Opphengssystem for toalettrull med rotasjon (Linder, 2022).....	89
Figur 36 - Separat opphengssystem for toalettrull (Isaksen, 2022)	90
Figur 37 - Skisser av planlagte skissemodeller (Isaksen, 2022)	92

Figur 38 - Skissemodeller i TecClay (Selvillustrert foto, 2022).....	93
Figur 39 - Skissemodell med plastrør 20mm (Selvillustrert foto, 2022)	93
Figur 40 - Ulike raske skissemodeller i tykke ark (Selvillustrert foto, 2022).....	94
Figur 41 - Skissemodeller i miljø (Selvillustrert foto, 2022).....	94
Figur 42 - Rapid prototyping for uttesting av form og vinkling (Selvillustrert foto, 2022)	95
Figur 43 - Rapid prototyping av roteringsmekanisme (Selvillustrert foto, 2022)	95
Figur 44 - Rapid prototyping av magnetmekanisme (Selvillustrert foto, 2022).....	96
Figur 45 - Funksjonsmodeller av opphengssystem for toalettruller (Selvillustrert foto, 2022)....	97
Figur 46 - CPR-metoden, 5) Søk aksept (Isaksen, 2022)	97
Figur 47 - Toalettrullholder midlertidig festet til armlene med nåværende plassering (Selvillustrert foto, 2022).....	98
Figur 48 - Toalettrullholder midlertidig festet til armlene med ny plassering (Selvillustrert foto, 2022)	99
Figur 49 - CPR-metoden, 6) Søk aksept (Isaksen, 2022)	101
Figur 50 - Foretrukket løsning for brukeren (Selvillustrert foto, 2022)	101
Figur 51 - Den foretrukne løsningen plassert på armlene (Selvillustrert foto, 2022)	102
Figur 52 - CAD-modell av testversjon 1 (Isaksen, 2022).....	103
Figur 53 - CAD-modell og rapid prototyping av testversjon 2 (Selvillustrert foto, 2022).....	104
Figur 54 - CAD-modell og rapid prototyping av testversjon 3 (Selvillustrert foto, 2022).....	104
Figur 55 - Møbelknotter plassert ved oppheng av toalettrull (Selvillustrert foto, 2022)	105
Figur 56 - Rapid prototyping av roteringsmekanisme (Selvillustrert foto, 2022)	106

Figur 57 - Utsnitt av testversjon 2 (Isaksen, 2022)	106
Figur 58 - 3D-printet roteringsmekanisme, steg 1-2-3 for montering av den (Selvillustrert foto, 2022)	107
Figur 59 - Utsnitt av testversjon 3 (Linder, 2022)	108
Figur 60 - 3D-printet roteringsmekanisme, steg 1-2-3 for montering av den (Selvillustrert foto, 2022)	108
Figur 61 - Utsnitt av testversjon 4 (Linder, 2022)	109
Figur 62 - 3D-printet roteringsmekanisme, steg 1-2-3 for montering av den (Selvillustrert foto, 2022)	109
Figur 63 - De foretrukne løsningene i brukertesting av tekstur/markeringer (Selvillustrert foto, 2022)	110
Figur 64 - Rendering av endelig konsept montert på armlene (Isaksen, 2022)	112
Figur 65 - Rendering av endelig utforming på toalettrullholder (Isaksen, 2022)	113
Figur 66 - Rendering av shell structure/hus (Isaksen, 2022)	114
Figur 67 - Rendering av «tappen» med mekanisk anslag (Isaksen, 2022)	115
Figur 68 - Rendering av leddet med mekanisk anslag (Isaksen, 2022)	115
Figur 69 - Brukerperspektiv av endelig konsept (Isaksen, 2022)	116
Figur 70 - NCS lightness-meter (Selvillustrert foto, 2022)	116
Figur 71 - Prototype av endelig løsning, med både grønne og lys grå piler (Selvillustrert foto, 2022)	117
Figur 72 - Fugleperspektiv av tekstur/markering i 90 grader posisjon (Isaksen, 2022)	117
Figur 73 - Fugleperspektiv av tekstur/markering i 0 grader posisjon (Isaksen, 2022)	118

Figur 74 - Fugleperspektiv av tekstur/markering i 180 grader posisjon (Isaksen, 2022)	118
Figur 75 - Kloss for rettvinklet armlene (Isaksen, 2022)	119
Figur 76 - Kloss for avrundet armlene (Isaksen, 2022)	119
Figur 77 - Produktet montert med de ulike klossene på armlene (Isaksen, 2022)	120
Figur 78 - Delelementer som sammenføres på fabrikk (Isaksen, 2022)	120
Figur 79 - Løsningen montert ferdig på fabrikk og utseende etter ferdig montering (Isaksen, 2022)	121
Figur 80 - Exploded View av løsningen som en helhet (Isaksen, 2022)	121
Figur 81 - Endelig prototype etter ferdig montering, med unntak av to skruer/nagler (Selvillustrert foto, 2022)	122
Figur 82 - Rendering av interaksjon mellom bruker og produkt (Isaksen, 2022)	123
Figur 83 - Rendering av armlene i oppslått posisjon med toalettrull (Isaksen, 2022)	124
Figur 84 – Illustrasjon dreiearm (Lønsjø, 2022)	129

Tabelliste

Tabell 1 - Hva?, Hvem?, Når?, Hvorfor?, Hvordan?, Hvor? (Selvillustrert tabell, 2022).....	7
Tabell 2 - Prinsipiell produktspesifikasjon (Selvillustrert tabell, 2022)	10
Tabell 3 - Bærekraftspyramide (Selvillustrert bilde, 2022)	16
Tabell 4 - Konkurrentkartlegging av Hjelpemiddeldatabasen (Selvillustrert tabell, 2022)	59
Tabell 5 - SWOT-analyse (Selvillustrert tabell, 2022)	60
Tabell 6 - Utforsking med materialer (selvillustrert tabell, 2022)	81
Tabell 7 – Negativ brainstorming skinne/spor (selvillustrert tabell, 2022)	83
Tabell 8 – Negativ brainstorming ledd/modulært (selvillustrert tabell, 2022)	84
Tabell 9 - – Negativ brainstorming minimalistisk (selvillustrert tabell, 2022).....	84
Tabell 10 - Diagrambasert evaluering idé 1 (selvillustrert tabell, 2022).....	88
Tabell 11 - Diagrambasert evaluering idé 2 (selvillustrert tabell, 2022).....	90
Tabell 12 - Diagrambasert evaluering idé 3 (selvillustrert tabell, 2022).....	91
Tabell 13 - Mål på ulike toalettruller uten papir (Selvillustrert tabell, 2022).....	100
Tabell 14 - Sammenligning av undersøkte materialer (selvillustrert tabell, 2022).....	125
Tabell 15 - FMEA-analyse (selvillustrert tabell, 2022)	130
Tabell 16 - Diagrambasert vurdering endelig konsept (selvillustrert tabell, 2022)	136

Begrepsliste

Krympepasning	Toleranse som tilsier at to emner ikke passer sammen. Ved oppvarming/nedkjøling kan emnene presses sammen. Dette gir en veldig stram sammenføyning uten risiko for at emnene glir fra hverandre.
Selvskjærende skrue	Skrue med evnen til å lede bort materialrester som fremkommer ved boring i emnet.
Pop-nagle	Pop-nagler består av et rundt hode og en splint som sitter fast i emner ved bruk. Brukes for sammenføyning av to emner ved hjelp av hull, der naglen setter seg fast i hullet og tetter for luftgjennomstrømning og smuss.
Infill	Mengde og form på materiale inni en del man fremkaller gjennom 3D-printing.
Primærinteressent	Person og/eller organisasjon med direkte påvirkning på prosjektet og dets resultat.
Sekundærinteressent	Person og/eller organisasjon som kan påvirke prosessen, men de har ikke myndighet til å være med å ta beslutninger.
Publikumsbygg	Et bygg som er tilgjengelig for publikum. Kan være alt fra servicebygg, overnatting, samfunnsbygg, institusjoner, kontorer, forretninger, restauranter, kiosker og offentlige etater.
Fjærstempel	Fjærbelastet enhet med en fjær og kule omsluttet av en gjenget kapsel.
Dimensjonal stabilitet	Mål på hvor godt strukturen bevares ved temperatur forandring.
Mekanisk anslag	Mekanisme/stopper som sørger for at toalettrullholder kun roterer ønsket andel.

Stivhet

Materialets egenskap til å returnere til opprinnelig struktur etter påføring av kraft, med andre ord motstandsdyktighet mot plastisk deformasjon.

Bruddstyrke

Mål på hvor høy maksimal belastning materialet kan motstå før det gir etter.

Duktilitet

Beskriver evnen og graden til plastisk deformasjon før materialet gir etter.

1 Introduksjon

1.1 Oppgavens oppbygging

Bacheloroppgaven er bygd opp etter IMRAD-struktur, og forsøker å presentere hele utviklingsprosessen på en god og oversiktlig måte. Oppgaven er delt inn i kapitler basert på modellen, som presenterer de ulike aspektene gruppen har undersøkt underveis i arbeidet.

Kapittel 1 er en introduksjon til bacheloroppgavens tema. Kapitlet tar for seg bakgrunn for den valgte oppgaven, problemstillingen, kravspesifikasjon og hvordan gruppen har kvalitetssikret ved hjelp av disse.

Kapittel 2 tar for seg teori som er relevant for problemløsningen underveis i oppgaven. Her beskrives teori relevant for å forstå aspekter ved løsningene som presenteres senere i rapporten.

Kapittel 3 presenterer tidligere forskning, regelverk for universell utforming og statistikk som er undersøkt i forkant av utviklingsprosessen. Dette bidrar til innsikt i nåværende situasjon, og beskriver aspekter som har vært viktige drivkrefter underveis i idéutviklingen.

Kapittel 4 tar for seg den teoretiske metodikken som er tatt i bruk i oppgaven.

Kapittel 5 tar for seg resultater som på ulike tidspunkter i prosessen har vært viktige i videre utviklingsprosess. Avslutningsvis tar kapitlet for seg utforming av gruppens endelige konseptløsning for opphengssystem for toalettruller på HC-toalett.

Kapittel 6 tar for seg diskusjon rundt validitet, reliabilitet og etterprøvbarehet, universell utforming, endelig løsning mot kravspesifikasjon, produksjon og materialer, bærekraft, økonomi og oppgaven besvarer problemstillingen.

Kapittel 7 er en sammenfattet konklusjon av arbeidet i sin helhet. Gruppen forklarer i hvor stor grad problemstillingen er besvart, og presenterer forslag til videre arbeid.

1.2 Bakgrunn for oppgaven

De fleste har én gang i livet opplevd å miste toalettrullen ned på gulvet på et toalett, men for personer med nedsatt mobilitet eller syn kan det bli vanskelig å bøye seg ned for å plukke opp toalettrullen, som kan ha havnet på uheldige steder. Kontaktperson Jonny Nersveen har selv beskrevet behovet for en løsning på dette i en forskningsrapport, etter å ha opplevd det som et tema på konferanser og i handikaporganisasjoner. Det er dermed et behov for en mer brukervennlig løsning, siden eksisterende produkter ikke er tilfredsstillende.

Bachelorgruppen har undersøkt problemområdene mer grundig gjennom blant annet en kvalitativ empatiøvelse, hvor det ble avdekket at behovet for et brukervennlig og fleksibelt opphengssystem for toalettruller på HC-toalett helt klart er til stede. Gruppen har blant annet simulert ulike typer nedsatt mobilitet og blindhet, der det ble oppdaget særlige problemer knyttet til posisjon og utforming av toalettrullholder. Gjennom empatiøvelser, hvor det ble simulert blindhet, ble det avdekket at det var svært utfordrende å finne en toalettrull som hadde falt på gulvet. Øvelsen ga også innsikt i at dette med at toalettrullen faller på gulvet kan være svært utfordrende i forhold til nedsatt mobilitet, særlig i ben. Både en person med nedsatt mobilitet i ben, og nedsatt syn vil møte på store problemer ved en dårlig utformet toalettrullholder, hvor toalettrull faller av. Dersom denne situasjonen oppstår, kan det være vanskelig, om ikke umulig, å hente toalettrullen opp fra gulvet igjen. Dersom en slik situasjon oppstår på toaletter i publikumsbygg vil dette være svært ubehagelig. Personen kan bli tvunget til å krabbe på uhygieniske guly, samt vil personen ikke ha tilgang til hjelpemidler som en gjerne har i eget hjem. I tillegg kan det være nødvendig å tilkalle hjelp fra personalet, noe som kan føles svært stigmatiserende ettersom alle mennesker har et behov om å være uavhengige. Dagens situasjon resulterer ikke bare i at toalettrullen faller på gulvet, men også at en må tenke kreativt og tilpasse seg løsningene som finnes, dette på grunn av manglende fleksibilitet, utforming og plassering av toalettrullholderen. Ideelt skal det ikke være nødvendig å tilpasse seg ulike løsninger i enhver situasjon. Det skal være mulig å ta i bruk en løsning til tross for ulike forutsetninger. Tankegangen bak universell utforming er derfor helt sentral i oppgaven, og vil påvirke prosessen kontinuerlig gjennom oppgavens helhet.

Eksisterende løsninger for toalettrullholdere på HC-toalett er ikke bare lite brukervennlige, men har altså dårlig utforming og plassering. Det er nettopp dette gruppen har forsøkt å finne en løsning på. Det er blant annet tatt i bruk ulike prinsipper for universell utforming, «stigma-free design», bærekraft, ergonomi og produktsemantikk for å oppnå akkurat dette. Fokus er funksjonalitet som er intuitiv og fleksibel i bruk for de ulike brukergruppene. På denne måten vil en sikre at produktet gir en god brukeropplevelse uansett forutsetninger.

1.3 Målgruppe

Målgruppen for prosjektet er brukere av HC-toalett, der prosjektet søker å inkludere flest mulige mennesker som regelmessig benytter seg av HC-toalett i publikumsbygg. Gruppen ser mest potensiale i utvikling av løsninger for personer med nedsatte motoriske evner og synsevner, ettersom det er disse gruppene som ser ut til å ha størst utfordringer med designet slik det er i dag. Dette er derfor konseptets tenkte primærinteressenter. Sensoriske nedsettelse som omhandler andre sanser enn synet vil være lite relevant for problemløsningen, og vil i de fleste tilfeller ha liten påvirkning på designet. Av motoriske nedsettelse prioriteres nedsettelse der bruker har, eller gjennom hjelpemidler har, mulighet til å ta i bruk HC-toalett og toalettrullholder selvstendig. Dette kan omhandle alt fra personer i rullestol til gamle mennesker som bruker rullator eller stokk. Personer med behov for assistanse ekskluderes heller ikke, og vil bli inkludert i løsningen dersom det lar seg gjøre. Gruppen ser et stort potensial i at løsningen kan bidra til større selvstendighet ved dobesøk for de nevnte brukergruppene. Prosessen skal resultere i en løsning med bedre tilgang til toalettrullholder og økt selvstendighet ved bruk av HC-toaletter, ved hjelp av et mer brukervennlig og fleksibelt design av opphengssystem for toalettruller.

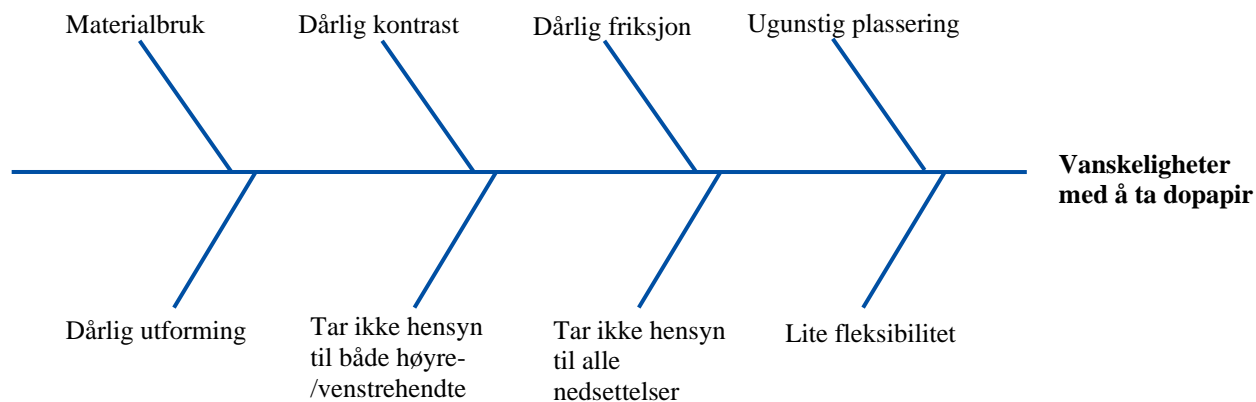
1.4 Problem, årsak og virkning

Når en skal forsøke å få klarhet i og forståelse for et problem, er det viktig å ha god forståelse for årsaken til at problemene oppstår. Det handler om å kunne skille mellom problem, årsak og virkning, slik at man kan komme til kjernen av oppgaven. Uten forståelse for nettopp dette, er det lett å forsøke å rette på problemene uten å analysere de bakenforliggende årsakene. Slik vil man aldri bli kvitt problemene fullstendig, og nye problemer kan oppstå. Derfor er det viktig å

grave dypt nok i årsakssammenhengen og de bakenforliggende årsakene, gjennom for eksempel et fiskebeinsdiagram (Lerdahl, 2018, s. 69-70).

Gruppen har satt sammen et fiskebeindiagram basert på metoden til Lerdahl for å tydeliggjøre problemet ved bruk av toalettrullholdere, samt årsaken og virkningen av det. En slik tilnærming tillater gruppen å komme frem til et endelig konsept som ikke bare løser det synlige problemet, men også de underliggende årsakene. I mange tilfeller kan løsninger på de underliggende årsakene gjøre at problemet forsvinner av seg selv. Noe som er det optimale resultatet til problemløsningen.

I oppgaven er det snakk om bruk av toalettrullholdere på HC-toaletter, og hvordan disse ikke tilbyr tilstrekkelig fleksibilitet og like muligheter for bruk. Som presisert i *1.2 Bakgrunn for oppgaven* er virkningen av dette at mange personer mister toalettrullen på gulvet og må ty til krabbing på gulvet for opphenting av den. Ifølge kontaktperson Jonny Nersveen og markedsundersøkelser er det til dags dato ingen tilfredsstillende løsninger som løser dette problemet. Gruppen stilte derfor spørsmål til hva problemet til eksisterende løsninger er, og forsøkte med bakgrunn i problemet å definere årsakene og se på hvilke virkninger de kan ha.



Figur 1 - Fiskebeinsdiagram over problem, årsak og virkning (Linder, 2022)

Ovenfor er gruppens fiskebeindiagram, med utgangspunkt i at problemet til eksisterende toalettrullholdere er det faktum at personer har vanskeligheter med å ta dopapir. Langs x-aksen finner man ulike «fiskeben», som er selve problemene til at «vanskeligheter med å ta dopapir» oppstår. I fiskebeindiagrammet får man en overordnet oversikt over de underliggende

problemene, men det finnes også årsaker bak problemene. Ofte kan disse forklaringene blant annet ligge til grunn i menneskelige avgjørelser (Lerdahl, 2018, s. 69-70).

Årsakene til de underliggende problemene har gruppen definert som følgende:

- Alle problemene ovenfor har opphav i et aspekt; ønsket om billig produksjon fra produsent/leverandør sin side. Dette påvirker brukervennligheten, ved at plassering ofte er dårlig og utformingen enkel. Typ «så lenge det fungerer, er det bra nok» tankegang. Desto mer kompleks et produkt er, jo flere ledd kreves i produksjonslinjen.
- Det velges ofte komplette løsninger i publikumsbygg, siden det er billigere, enklere å implementere og lett tilgjengelig.
- Siden flertallet av befolkningen er høyrehendte, er opphengssystemer gjerne plassert på kun én side av toalettet, noe som ekskluderer de venstrehendte.
- For lite forskning og produktutvikling innenfor markedssegmentet, gjør at det ikke finnes gode løsninger. Igjen, så lenge det fungerer i noen grad og tilfredsstillende regelverk er det en god løsning.
- Universell utforming er fremdeles et nytt tema, som ikke alle har erfaring innenfor.
- Produsenter/leverandører utvikler med bakgrunn i deres egne tanker om hva behovet er. Problemløsningen skjer ikke nødvendigvis med bakgrunn i brukerens faktiske behov. Rett og slett manglende kommunikasjon med reelle brukere av løsningene, og man utvikler løsninger med bakgrunn i minimumskrav i regelverk.

Virkinger av problemet «vanskeligheter med å ta dopapir» har gruppen definert som følgende:

- Mange tar toalettpapirrullen av holderen for en mer tilpasset løsning til deres behov.
- Toalettpapirrullen sitter dårlig fast på toalettrullholderen, slik at den mistes på gulvet og må krabbes etter.
- Folk plasserer toalettpapirrullen andre ugunstige steder som er vanskelig å nå eller finne frem til for andre.
- Mange begynner å ta på toalettpapirrullen, noe som er svært uhygienisk.
- Mange kan se på de ulike hindringene som tidskrevende og/eller irriterende.
- Ekskludering, da ulike brukere av HC-toalett føler de ikke har like muligheter for bruk.

- Særlig ved bruk av toaletter i publikumsbygg vil en situasjon der du er nødt til å ta av toalettpapirrullen være ugunstig og ubehagelig, særlig om du er uheldig og mister rullen på skittent gulv.
- Dersom rullen faller på gulvet, kan det for personer med nedsatt mobilitet være nødvendig å tilkalle hjelp, noe som er svært stigmatiserende og ubehagelig.
- Ingen løsninger er like, noe som gjør at brukergruppen må tilpasse seg i forhold til enhver ny løsning. Personer med nedsatt syn må spesielt lete seg frem for å avdekke funksjonen og plasseringen til de ulike opphengssystemene. Dårlig kontrast bidrar til dette.

1.5 Bakgrunn for problemstillingen

Det er tatt utgangspunkt i metoden «stille spørsmål» fra *Nyskapning* av Erik Lerdahl i utforming av problemstillingen, uten å utvikle tankekart over de grunnleggende spørsmålene *hva, hvem, når, hvorfor, hvor og hvordan*. I stedet for har gruppen samlet disse ordene/spørsmålene i en tabell, for visualisering av kjernen til oppgaven. Forståelse og innsikt i oppgaven er tilegnet ved hjelp av *problem, årsak og virkning*, samt diskusjon innad i gruppen. Tabellen nedenfor konkluderer funnene fra dette, i form av spørsmål i venstre kolonne, og med svar i kolonnen til høyre. Disse aspektene er de gruppen har konkludert som mest interessante og kritiske i oppgaven.

Hva?	Opphengssystem for toalettruller på HC-toalett
Hvem?	Brukere av HC-toalett. Hovedsakelig personer med nedsatt mobilitet og syn, personer med behov for assistanse ekskluderes ikke.
Når?	Våren 2022
Hvorfor?	Fokus vil være utvikling av et opphengssystem for toalettruller med bakgrunn i universell utforming, brukervennlighet og fleksibilitet. Ønsket er å utvikle et produkt med bakgrunn i brukerens behov, som kartlegges gjennom tett samhandling med bruker. Utformingen skal inkludere flest mulige brukergrupper, og ikke minst hindre at toalettrullen faller ned på gulvet så lett. Samtidig ønsker vi at produktet skal ha god markedsverdi og

	være nyskapende i feltet. Dette innebærer blant annet at løsningen er lett å integrere og/eller montere for sekundærinteressenter i allerede eksisterende produkter og/eller romløsninger.
Hvordan?	Innhenting av informasjon og innsikt gjennom ulike undersøkelser av marked og rundt brukerens behov vil være sentralt for å kunne løse de underliggende problemene. Videre vil mye designmetodikk tas i bruk, samt prinsipper for universell utforming, stigma-free design og brukertesting. Gruppen vil ikke minst vurdere ulike design opp mot spesifiserte krav, som en del av kvalitetssikringen underveis, noe som vil sikre at behovet til brukeren og markedssegmentet blir tilfredsstilt.
Hvor?	NTNU i Gjøvik

Tabell 1 - Hva?, Hvem?, Når?, Hvorfor?, Hvordan?, Hvor? (Selvillustrert tabell, 2022)

Ved utforming av selve problemstillingen tok gruppen tabellen ovenfor i betraktning, og formulerte en problemstilling vi mente passet formålet best. Gruppen har underveis utarbeidet to ulike versjoner av problemstillingen, for å finne den som best representerer det gruppen ønsker å oppnå. Versjon 1 og versjon 2 av problemformuleringen har i bunn og grunn samme innhold, men endelig formulering bygger i større grad på utvikling og er delt opp i flere ledd for bedre flyt. Versjon 1 av problemstillingen presenteres nedenfor, og versjon 2, den endelige problemstillingen, presenteres i kapittel 1.6 *Problemstilling*.

Versjon 1:

«Brukervennlig opphengssystem for toalettruller på HC-toalett, som tilfredsstiller behovene til flest mulige personer med nedsatt mobilitet og syn, gjennom fokus på prinsipper for universell utforming. Løsningen skal være mulig å integrere i allerede eksisterende romløsninger.»

1.6 Problemstilling

«Utvikling av brukervennlig opphengssystem for toalettruller på HC-toalett, gjennom fokus på prinsipper for universell utforming. Løsningen skal tilfredsstille behovene til flest mulige personer med nedsatt mobilitet og syn, samt være mulig å integrere i allerede eksisterende romløsninger.»

1.7 Mål

Effektmål

- Enkel og intuitiv håndtering av toaletterullholder.
- Minske risiko for fallskader og sannsynligheten for at uheldige situasjoner oppstår.
- Mer inkluderende løsning som inkluderer flere brukergrupper, sammenlignet med eksisterende løsninger.
- Utvikling av en fleksibel løsning, som kan justeres etter ulike behov.
- Løsning det er mulig å integrere i allerede eksisterende løsninger.
- Løsningen skal minimere uhygieniske forhold. Aspekter ved produktet skal både gjøre løsningen lett å rengjøre, motstandsdyktig mot kjemikalier og hindre oppsamling av smuss.
- Minimalisering av stigma generelt og hindring av stigma ved bruk av HC-toaletter.

Resultatmål

- Endelig løsning skal fremstilles innenfor prosjektets rammer for tid og kostnader.
- Digital modell av løsning (SolidWorks).
- Ulike mock-ups som viser hele prosessen frem til endelig funksjonalitet.
- Funksjonsmodell, i størrelsesforhold 1:1.
- Utseenderiktig modell så langt det lar seg gjøre med tilgjengelige ressurser, i størrelsesforhold 1:1.

1.8 Rammer for oppgaven

Erik Lerdahl påpeker i boken *Slagkraft*, s. 59-60, viktigheten av å ha klare og konkrete rammer i et prosjekt. Rammene skal fremme kreativitet, slik at idéprosessen kan resultere i gode idéer som dekker aktuelle behov. Oppgavens tema bygger på forbedring av allerede eksisterende løsninger, noe som gir grunnlag for formulering av nokså stramme krav. Den mest konkrete rammen i et prosjekt er en produktspesifikasjon. Ved slike rammer «handler det særlig om målbare og håndfaste krav til løsning» (Lerdahl, 2018, s.108).

I de tidlige fasene i prosjektet formulerte gruppen en prinsipiell produktspesifikasjon med åpne krav. Som del av senere fasene derimot, etter markedsundersøkelser, brukerintervju og observasjon, ble det utviklet en mer detaljert spesifikasjon med bakgrunn i kartlagte behov. Dette kapitlet tar for seg de ulike kravene spesifisert i selve oppgaveteksten, samt gruppens egne formuleringer til krav som er kartlagt i de ulike fasene i prosessen.

1.8.1 Rammer utgitt i oppgaven

I oppgaven utgitt av *Norsk forskningslaboratorium for universell utforming* er det presentert krav, til løsningen som skal utvikles, i form av behov. Først og fremst er det behov for fleksibilitet i løsningen, slik at brukeren selv kan velge hånd og håndposisjon. Videre legges det vekt på viktigheten av at produktet er sanitært, altså lett å holde rent. Særlig dersom produktet skal plasseres i publikumsbygg, for eksempel på et sykehus, vil dette være aktuelt siden produktet vil bli brukt av mange ulike personer og det vil være strenge krav til hygiene. Videre i oppgaveteksten påpekes viktigheten av at den utviklede løsningen skal hindre at toalettrullen faller ned på gulvet, samtidig som det skal være lett å bytte til ny toalettrull.

Gruppen har undersøkt behovet for en ny løsning for toalettruller, både når det kommer til privat bruk og bruk i publikumsbygg, og har konkludert med at behovet er størst i sistnevnte. I hjemmet har man gjerne egne løsninger som tilfredsstillende individuelle behov, men i publikumsbygg er løsningene svært varierende, noe som kan gi mange ulike utfordringer/resultat. I tillegg til at behovet er størst i publikumsbygg, tilsier tittelen «Opphengssystemer for toalettruller på HC-toalett» at løsningen skal være tiltenkt bygg tilgjengelig for publikum. Ofte omtales toaletter i slike bygg som HC-toalett, mens toaletter i private hjem ikke gjør det. Oppgaven vil derfor hovedsakelig handle om utvikling av en optimal løsning for toalettruller for publikumsbygg. Gruppen utelukker derimot ikke muligheten for bruk av løsningen i private hjem.

1.8.2 Prinsipiell produktspesifikasjon

Det er formulert prinsipielle krav i startfasen av oppgaven, som legger lite vekt på detaljer. Disse kravene er en del av løsningens suksesskriterier, og sorteres etter viktighetsgradene *skal*, *bør* og *kan*. Malen følger metoden «produktspesifikasjon» i *Slagkraft* av Erik Lerdahl, s. 108.

	Skal	Bør	Kan
Estetisk		X	
Ergonomisk	X		
Funksjonell	X		
Flerfunksjonell			X
Brukervennlig	X		
Intuitiv	X		
Fleksibel	X		
Bærekraftig		X	
Universelt utformet	X		
Ikke-stigmatiserende		X	
Innovativ			X
Sanitær	X		
For HC-toalett i publikumsbygg	X		
Integrerbart på allerede eksisterende produkter		X	
Integrerbart i allerede eksisterende romløsninger	X		

Tabell 2 - Prinsipiell produktspesifikasjon (Selvillustrert tabell, 2022)

1.8.3 Detaljert produktspesifikasjon

Basert på blant annet markedsundersøkelser, brukerintervju og observasjon i kartleggingsfasen er det formulert mer spesifikke krav til løsningen som skal utvikles. Måten disse behovene er kartlagt på kan leses om senere i rapporten i kapittel 4 *Metode* og kapittel 5 *Resultater*. Dette kapitlet derimot, er en oppsummering av de kartlagte behovene gruppen fant kritiske i utvikling av et produkt. Disse kravene er en sentral del av kvalitetssikringen til løsningene som utvikles, og det er disse kravene løsningen vil måles mot avslutningsvis i rapporten. Oppfyllelse av alle

«skal» krav vil være essensielt, kravene «bør» og «kan» er derimot mer fleksible, der det vil forsøkes å tilfredsstille flest mulig.

- Løsningen skal tillate at brukeren selv kan velge hånd og håndposisjon.
- Løsningen skal ikke bestå av skarpe kanter eller materialer som fort riper seg opp.
- Løsningen skal være sanitær, uten for eksempel sammenkobling av for mange delkomponenter, som skaper skjøter i områder med mye berøring.
- Løsningen skal være justerbar og fleksibel.
- Løsningen skal hindre toalett-papirrullen i å falle ned på gulvet.
- Løsningen skal gjøre det mulig å nå toalett-rullen uten bruk av mye kraft eller rekkevidde.
- Løsningen skal hovedsakelig være egnet for HC-toaletter i publikumsbygg.
- Løsningen skal ha gode luminanskontraster. Min. 0,4 – 0,6 på mindre farlige objekter, men gjerne 0,8 i luminanskontrast dersom det er mulig.
- Løsningen skal være realistisk å gjennomføre, med god markedsverdi.
- Løsningen bør ikke være plassert på veggen.
- Løsningen bør ha optimal friksjon mellom toalett-rull og holderen, slik at det er enkelt å forsyne seg med toalett-papir. Likevel skal ikke rullen hoppe lett av holderen.
- Løsningen bør være av materialer i høy kvalitet slik at det tåler mye bruk og varer lenge.
- Løsningen bør være mulig å integrere i allerede eksisterende romløsninger/produkter.
- Løsningen bør være i kontrast med både vegg, gulv, armlener og toalett-rull.
- Løsningen kan være flerfunksjonell, og ikke bare være for oppheng av toalett-papirrull.
- Løsningen kan være for bruk i private boliger.
- Løsningen kan ha et automatisk matesystem som forsyner med ny toalett-rull.

1.8.4 Kravspesifikasjon materialer

For opphengssystem for toalett-ruller er ønskede materialkvaliteter følgende:

- Lav vekt
- Høy bruddstyrke
- Høy stivhet

- Høy slitestyrke
- Lav duktilitet
- Lav vannabsorpsjon
- Ingen magnetisme

1.9 Validitet, reliabilitet og etterprøvbarehet

Et styringsverktøy underveis i prosessen er kvalitetssikring, der det handler om å gjennomføre planlagte og systematiske aktiviteter som sørger for at et produkt tilfredsstillende krav til kvalitet (Gårseth-Nesbakk, 2020).

Kvalitetssikring i oppgaven gjennomføres ved hjelp av rammer utgitt i oppgaven og de ulike produktspesifikasjonene formulert i kapittel 1.8 *Rammer for oppgaven*. Disse er målbare krav løsningsforslagene kan måles opp imot, for å finne frem til den løsningen som i størst grad tilfredsstillende behovene til både brukergruppen og andre funksjonelle/strukturelle krav.

Kvalitetssikring av utviklede løsninger gjennomføres underveis i prosessen, etter ulike idéutviklingsfaser, for å sørge for at ideer tilfredsstillende faktiske behov og krav som er satt. På denne måten styrkes validiteten til løsningen og etterprøvbarehet av den vil resultere i nokså like resultater. Kvalitetsstyring foregår også ved hjelp av problemstillingen, der prosessen/produktet kontinuerlig settes opp mot problemstillingen, slik at oppgaven faktisk svarer på den. Med full forståelse for og tett oppfølging av aspektene nevnt i dette avsnittet, er det større sjans for å komme frem til en god løsning som ikke bare løser et problem, men som svarer på problemstillingen i en tilstrekkelig grad.

2 Teori

2.1 Universell utforming

Det finnes mange forskjellige definisjoner på universell utforming i ulike regelverk, både i Norge og internasjonalt. I FNs *konvensjon om rettighetene til personer med nedsatt funksjonsevne* er blant annet definisjonen på universell utforming som følgende: «med «universell utforming» menes utforming av produkter, omgivelser, programmer og tjenester på en slik måte at de kan brukes av alle mennesker, i så stor utstrekning som mulig, uten behov for tilpassing og en spesiell utforming. «Universell utforming» skal ikke utelukke hjelpemidler for bestemte grupper av mennesker med nedsatt funksjonsevne når det er behov for det» (FN, 2022). Konvensjonen er FNs tiltak til å sikre menneskerettighetene til personer med nedsatt funksjonsevne, og motvirke diskriminering.

Ifølge *Centre of Excellence in Universal Design* derimot er universell utforming «... the design and composition of an environment so that it can be accessed, understood and used to the greatest extent possible by all people regardless of their age, size, ability or disability ...». Det påpekes videre at universell utforming ikke handler om spesialtilpassede løsninger til spesifikke brukergrupper, men at god design handler om å tilfredsstille behovene til alle mennesker som ønsker å ta i bruk løsningen. Universell utforming vil ikke bare være til nytte for personer med nedsatt funksjonsevne, men for alle (Centre for Excellence in Universal Design, u.å.). Et eksempel kan være universell utforming av nettsider, der tydelige kontraster og god visuell informasjon vil være essensielt for personer med nedsatt syn, men også gjøre løsningen mer brukervennlig og tilgjengelig for alle andre.

De to definisjonene ovenfor er kun to av mange. Selv med ulike opphav omhandler definisjonene de samme aspektene. Fellesnevneren er at universell utforming handler om å designe på en måte som gjør løsningen tilgjengelig for alle mennesker, uansett deres funksjonsevne, i så stor utstrekning som mulig. I mange tilfeller derimot vil det være umulig å tilfredsstille behovene til absolutt alle, en universell tankegang vil da gjøre at flest mulig mennesker kan få nytte av løsningen.

Prinsipper for universell utforming

Ifølge *Barne-, ungdoms- og familiedirektoratet* er de syv prinsippene for universell utforming utviklet for å evaluere eksisterende løsninger, samt veilede i designprosessen. Prinsippene er en viktig referanse gruppen vil bruke som veiledning gjennom hele designprosessen, for å sikre en endelig løsning som er universell.

Prinsipp 1 – Like muligheter for bruk

Utformingen skal være brukbar for personer med ulike ferdigheter.

Prinsipp 2 – Fleksibel i bruk

Utformingen skal være brukbar for et bredt spekter av individuelle preferanser.

Prinsipp 3 – Enkel og intuitiv i bruk

Utformingen skal være forståelig uansett hvilken erfaring, kunnskap, språkferdighet eller konsentrasjonsnivå brukeren har.

Prinsipp 4 – Forståelig informasjon

Utformingen skal kommunisere essensiell informasjon til brukeren. Dette skal skje på en effektiv måte, uavhengig av sensoriske egenskaper eller forhold tilknyttet omgivelsene.

Prinsipp 5 – Toleranse for feil

Utformingen skal minimere farer, skader med ugunstige konsekvenser og utilsiktede handlinger.

Prinsipp 6 – Lav fysisk anstrengelse

Utformingen skal sørge for effektiv og bekvem bruk.

Prinsipp 7 – Størrelse og plass for tilgang og bruk

Utformingen skal ha hensiktsmessig størrelse og plass. Dette skal muliggjøre tilgang, rekkevidde, betjening og bruk uavhengig av mobilitet, kroppsstørrelse eller kroppsstilling.

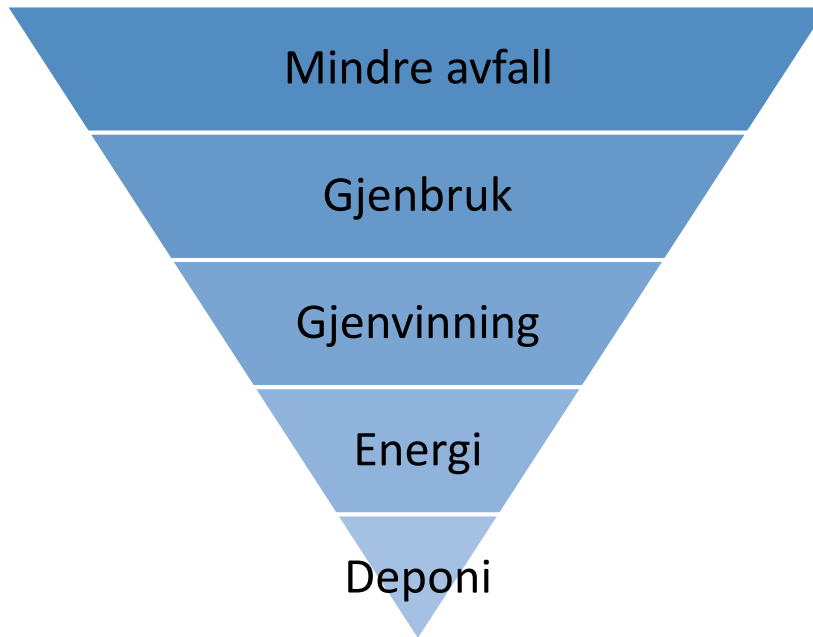
2.2 Stigma-free design

Utforming av toaletter i publikumsbygg kan være svært stigma-sensitivt, da det er stor sannsynlighet for å møte på fordommer et produkt/løsning er assosiert med. Slike fordommer, og stigmatiserende assosiasjoner kan ha stor påvirkning på brukere, særlig psykisk. Psykiske påkjenninger kan for eksempel være i form av følelsen av isolasjon, ekskludering eller flauhet, og resulterer i at man føler seg annerledes enn alle andre. Det er vanskelig å unngå fordommer fullstendig, men gjennom en ikke-stigmatiserende tankegang kan stigma-sensitive produkter- og tjenester potensielt bli mindre stigmatiserende (Torkildsby og Vaes, 2019).

Stigmatisering dannes med bakgrunn i mye forskjellig, det aktuelle derimot er å undersøke hvordan selve produktet kan være bakgrunn for fordommer, diskriminering og stereotyper som dannes. Ikke-stigmatiserende design handler derfor om mer enn bare funksjon og form. Produktsemantikk og produktets budskap er sentralt, og man må angripe designarbeidet med bakgrunn i grundig innsikt i brukergruppen og empati for deres situasjon (Torkildsby og Vaes, 2019).

2.3 Bærekraft

Det er svært viktig at dagens utvikling tilfredsstillere våre behov uten å ødelegge mulighetene til fremtidige generasjoners behov, noe som gjør bærekraftig utvikling et stadig mer sentralt tema. I dag forbrukes det mye mer enn hva som er bærekraftig for jordkloden. Ved å være bevisste i forhold til valg som blir tatt i henhold til produksjon, materialer og transport, kan gruppen bidra med å nå FNs bærekraftsmål 12 – *Ansvarlig forbruk og produksjon*. Gjennom bruk av materialer som har god kvalitet og lang levetid vil de øverste punktene, “mindre avfall” og “gjenbruk”, på bærekraftspyramiden nedenfor tilfredsstilles. Samtidig er det aktuelt at disse materialene, etter levetiden, er lett å gjenvinne eller at de kan utnyttes til energi, uten at produktene blir deponert på søppeldynger.



Tabell 3 - Bærekraftspyramide (Selvillustrert bilde, 2022)

2.4 Produktsemantikk

Produktsemantikk omhandler måten design kan påvirke brukerens oppførsel og respons, gjennom hva designet kommuniserer. Mulige mål, ved produktsemantikk, kan være å beskrive produktets formål, dets bruk, utrykke ønskede egenskaper eller oppmuntre til en spesiell brukeratferd (Sunde, 2017). Oppbygningen, materialet og overflaten til tredimensjonale former er nært knyttet til produktsemantikk, og vil blant annet kommunisere identiteten til et produkt. Produktsemantikk bør prioriteres for å øke brukervennlighet og etterspørsel, på denne måten øker også sjansen for at produktet blir en suksess.

2.4.1 Persepsjon og kognisjon

Persepsjon er prosessen hvor fysisk stimuli blir mottatt av den visuelle-, auditive-, og haptiske kanal. Etter påvirkning fra den ytre verden oppstår kognitive prosesser hvor innsamling, oppbevaring og gjenfinning av informasjon er sentralt. Deretter skjer en motorisk prosess som følge av den preseptoriske og kognitive prosessen (Øverseth, 2019c). I forhold til dette prosjektet, innenfor universell utforming, er det svært sentralt og helt essensielt å sørge for god

visuell og haptisk informasjon, samt auditiv informasjon dersom det lar seg gjøre. Det blir da sentralt å sørge for å utvikle et produkt hvor brukeren, blant annet, kan gjenkjenne elementer ved å hente fram lagret kognitiv informasjon.

2.4.2 Tekstur og overflater

Et opphengssystem for toalettrull må være taktilt til en viss grad, og kan oppleves gjennom berøringssansen. Denne sansen vil registrere diverse inntrykk, for eksempel; temperatur, tekstur, vibrasjon og bevegelse. Dersom en ikke er i stand til å motta informasjon via syn eller hørsel, er en avhengig av taktil kommunikasjon, for eksempel gjennom taktilt tegnspråk (Øverseth, 2019d). Haptisk kommunikasjon, brukes ofte som støttefunksjon, hvor dette er oppfattelsen av gjenstander gjennom fysisk kontakt.

2.4.3 Betydningen av materialvalg

Først og fremst velges materialer basert på de tekniske egenskapene det har eller med bakgrunn i ønsket estetikk. Det kan handle om egenskaper som styrke, kostnad og vekt, eller tekstur, farge, haptisk uttrykk og refleksjon. Hvilket materiale som brukes kan derimot ha langt større betydning enn dette. Materialet kan bidra til kommunikasjon av ønsket budskap, og har tilknyttede assosiasjoner på samme måte som ulike teksturer og overflater. Disse assosiasjonene påvirker den visuelle informasjonen brukeren får, og hvordan produktet oppfattes. Mange assosierer for eksempel metall som blant annet kaldt og slitesterkt, og tre som varmt og tilknyttet håndverk (Sunde, 2017, s. 7). I henhold til oppgaven er det mest relevant å se på hvordan valg av materiale og overflatebehandling kan kommunisere visuelt til brukeren i henhold til hygiene og styrke ved belastning.

2.5 Fargeteori

Mennesker oppfatter farger både subjektivt og objektivt i den form av at alle mennesker har samme fysiologiske grunnlag for å kunne se farger, men er samtidig påvirket av ulike kulturer og erfaringer. Dette gjør at fargeopplevelser blir svært individuelle og personlige (Øverseth, 2019a). Derfor bør en som designer verifisere betydningen av farger og fargekombinasjoner før de anvendes, og samtidig fokusere på å nå ut til en bestemt målgruppe (Lidwell, Holden, og Butler, 2010).

2.5.1 Farge i design

Farger kan brukes for å gjøre et design mer visuelt interessant og estetisk tilfredsstillende, i tillegg kan farger forsterke produktsemantikken til ulike elementer i designet. Dersom farger anvendes feil, kan det derimot skade både det visuelle og funksjonelle ved designet. For å unngå feil bruk av farger følges blant annet «Universal Principles of Design». Antall ulike farger blir en viktig faktor, hvor det anbefales å begrense fargepaletten til hva øyet klarer å prosessere ved første øyekast. I tillegg bør ikke farger brukes som eneste informasjonskilde, ettersom en betydelig del av befolkningen har nedsatt fargesyn (Lidwell, Holden og Butler, 2010). En annen faktor innen fargebruk i design er ulike fargekombinasjoner en kan ta i bruk for å oppnå forskjellige estetiske uttrykk. Dersom man ønsker et svært estetisk design kan man bruke komplementære-, analoge-, triadiske- eller kvadratiske fargekombinasjoner. Ettersom det er ønskelig å tiltrekke oppmerksomhet til elementer av designet, vil det egne seg å bruke mettede farger på disse områdene, og umettede farger på delene av designet der ytelse og effektivitet er prioriteten. Generelt vil umettede, sterke farger oppfattes som vennlige og profesjonelle; umettede, mørke farger oppfattes seriøse og profesjonelle; mens mettede farger oppfattes som mer dynamiske og spennende (Lidwell, Holden, og Butler, 2010). I denne oppgaven vil dermed de to førstnevnte alternativene, i forhold til metning, være mest relevant.



Figur 2 - Metning av gul fargetone (Isaksen, 2022)

Illustrasjonen viser samspillet mellom grunnkvalitet for gul fargetone. Fargens avstand fra gråtoneskalaen angir metning. Helt til høyre i skalaen finner vi en mett (ren) gultone.

2.5.2 Kontraster

Ittens fargekontraster

Ved hjelp av Johannes Ittens fargesirkel kan en enkelt fremstille både harmoniske uttrykk og uttrykk med store kontraster. Itten presenterte syv fargekontraster i hans fargelære; Lysmørk-, kaldvarm-, komplementær-, egen-, kvantitets-, kvalitets-, og simultan-kontrast. Hvor det er Ittens fargesirkel som er utgangspunktet for de syv kontrastene. Den tolv-delte fargesirkelen er bestående av primær-, sekundær- og tertiær-farger, hvor primærfargene legger grunnlag for både sekundær- og tertiærfargene. Ittens fargelære vil kunne veilede angående fargenes oppbygning og hvordan de bør anvendes i arbeidet med farger. Kontraster som vil egne seg for dette prosjektet, i forhold til universell utforming, vil være kvalitetskontrasten, kvantitetskontrasten og lysmørk kontrasten/luminanskontrast. *Kvalitetskontrasten* handler om intensitet og mengdeforhold, for å enten skape et harmonisk eller disharmonisk uttrykk. *Kvalitetskontrasten* handler om å sette sammen farger med ulik metning for å fremheve enkelte elementer i designet. Når en setter sammen lyse og mørke farger, oppstår en svært stor kontrast og øyet vil dermed trekkes mot disse områdene. Denne luminanskontrasten vil også egne seg svært bra for synshemmede, ettersom en betydelig del av befolkningen er synshemmet og dermed ikke vil være i stand til å se kontraster mellom farger med samme eller tilnærmet lik metning (Øverseth, 2019b).



Figur 3 - Ittens fargersirkel (Isaksen, 2022)

Luminanskontrast

Luminanskontrast er et mål på differansen i utstråling, luminans, mellom et objekt og bakgrunnen. Et objekts luminans kan beregnes gjennom refleksjonsfaktoren til fargene på objektet, og måles ved å bruke en luminansmåler. Luminanskontrast er en viktig egenskap i forhold til synligheten til produktet og har stor innvirkning på dybdesynet og evnen til å fokusere på emnet. Negative verdier for luminanskontrast tilsvarer et mørkt objekt mot en lysere bakgrunn, mens en positiv verdi tilsvarer et lyst objekt mot en mørkere bakgrunn.

Terskelkontrast er en betegnelse på den minste forskjellen i luminans mellom to objekter som må til for at en person skal kunne skille overgangen mellom objektene. Mange faktorer kan påvirke enkelt personers terskelkontrast, men blant de største er alderdom og ulike synsnedsettelse. Blant synsnedsettelse har svekket dybdesyn, problemer med fokusering og generell nærsynthet og langsynthet stor innvirkning på terskelkontrasten. Avhengig av fargevalg vil ulike fargeblindheter også ha stor innvirkning på evnen til å skille objekter fra hverandre (Rosvold, 2015).

2.6 Ergonomi

Ergonomi omhandler tilpasningen som skjer mellom mennesket og miljø, i tillegg er teknikk avgjørende for å unngå sykdom og belastningsskader. Tidligere tiders håndverkere drev i større grad med produksjon av skreddersydde produkter, men i dag masseproduseres de fleste produkter i store serier, der de tekniske kravene ofte prioriteres over ergonomiske aspekter. Ved masseproduksjon kan det være utfordrende å utvikle en løsning som passer alle, ettersom preferanser varierer fra individ til individ. Som et resultat av dette opplever mange mennesker kroniske plager og lidelser. I produktutvikling av et nytt opphengssystem for toaletttrull blir det derfor viktig å være klar over de helserelaterte konsekvensene av manuelt arbeid, dersom det for eksempel blir for tungt, foregår i uheldige posisjoner eller varer for lenge (Arbeidstilsynet, u.å.).

Hånd og grep

Menneskets hånd er bygd opp som et gripeverktøy, og skal kunne utøve både med kraft og presisjon. Den skal også kunne forme seg etter og håndtere gjenstander i forskjellige størrelser,

samt med ulike konsistenser og overflater. Samtidig som hånden er et mekanisk hjelpemiddel, er den også et sanseorgan som brukes til å undersøke omgivelser. Håndens grep kan grovt deles inn i to hovedgrupper, disse er kraftgrep og presisjonsgrep. *Kraftgrep* karakteriseres ved at det er de store muskelgruppene i underarmen som aktiveres. Et slikt grep gir stor kraft, men dårligere presisjon. *Presisjonsgrep*, derimot, kan karakteriseres ved at det i stor grad styres av fingermusklene. Grepet gir dermed dårligere kraft, men høy grad av presisjon. Det finnes mange varianter av både kraft - og presisjonsgrep. Noen grunnleggende typer grep er: diagonalgrep, pennegrep, plukkegrep, nøkkelgrep, kulegrep, ekstensjonsgrep og fem-fingergrep. Ved utvikling av opphengssystem for toalettrull vil det være sentralt å utforske hvilke typer grep en ønsker at brukeren skal benytte når det samhandles med produktet. Etter ønsket type grep er valgt, bør en som utvikler utforme deler av designet på en slik måte at dette kommuniseres tydelig til brukeren (Vavik, T. og Øritsland, T.A, 1997).

2.7 Strukturelle former

Uansett hva man designer vil det være essensielt med en grunnleggende forståelse for strukturelle former, for å sikre et suksessfullt produkt. Det finnes tre basis-måter å organisere materiale på som enten støtter en last, eller oppbevarer og beskytter noe. Disse strukturelle formene er «mass structures», «frame structures» og «shell structures». *Mass structures* er strukturer bestående av materialer som former en solid masse. Denne metoden gir strukturen styrke som en funksjon av dets tyngde og hardhet. *Frame structures* består av elementer som former et rammeverk, hvor strukturens styrke er en funksjon av organisasjonen til elementene. *Shell structures* derimot, består av et tynt materiale som omringer og oppbevarer et volum. Slik struktur opprettholder formen og støtter en last uten en ramme eller solid masse. Styrken til shell structures er en funksjon av deres evne til å fordele belastningen jevnt utover hele strukturen. Denne strukturen er effektiv i forhold til statisk belastning fra spesifikke retninger, men er svakere ved dynamisk belastning. På den andre siden er shell structures lett i vekt og økonomisk i forhold til materialbruk. En negativ side ved strukturen er at den kan være kompleks å designe, samtidig som konstruksjonen kan være svært sårbar dersom den har ufullkommenheter eller skader. Dersom en slik struktur skal brukes i stor skala, bør det derfor brukes en forsterket legering, eller annen støttestruktur i tillegg til shell structure (Lidwell, Holden og Butler, 2010).

Figur 4 viser eksempel på mass structure, frame structure og shell structure.



Figur 4 - Eksempel på strukturelle former (Isaksen, 2022)

2.8 Dreiemoment – dreiearm

Dreiemoment er et mål på mengden krefter det tar å rotere et emne, eller *dreiearmen*, rundt sin akse. Kraften regnes som en vektor på emnet og peker vinkelrett ut fra dreiearmens ytterpunkt. For en stang som er plassert klokken 9 og beveger seg med klokka, vil kraften peke rett opp og gi akselerasjon i bevegelsesretningen. Akselerasjonen fortsetter vinkelrett, på dreiearmen, gjennom bevegelsen og forsetter derfor å påvirke emnet i hele rotasjonen. Avhengig av lengden på dreiearmen vil rotasjonen til radiusens ytterpunkt øke, men kraften som behøves for å forflytte dreiearmen vil minske. Dreiemomentet kan beregnes ved formelen $T = F * r \sin(\theta)$, der F er kraft påført, r er radiusen på dreiearmen, og $\sin(\theta)$ er vinkelen kraften blir påført i forhold til dreiearmen. Formelen viser at man kan få tilsvarende dreiemoment med mindre kraft dersom man øker radiusen, eller minker radius og øker kraften. Dette er et vanlig konsept som brukes i hverdagslige løsninger, eksempelvis ved at et dørhåndtak er plassert ytterst på dørens dreiearm slik at mindre kraft vil kunne gi mer dreiemoment enn om man dyttet på døren nærmere roteringsaksen. Smart utnyttelse av dreiemoment brukes også til å sette emner, som krever stor kraft, i bevegelse. Eksempelvis kan harde bolter og skruer bli lettere å løsne med lengre skiftenøkler, en dobbelt så lang dreiearm vil da kreve halvparten av kraften for å gi lik akselerasjon på dreiearmen (Khanacademy, u.å.).

2.9 Materialer

Det er undersøkt en rekke materialer for å finne frem til den mest optimale sammensetningen for opphengssystemet. De mest sentrale materialene som har hatt en påvirkning på prototyping og i endelig konsept, presenteres i selve rapporten, mindre relevante materialer som er utforsket kan leses om i *Vedlegg 1 Materialer*.

2.9.1 Plast

Plast er et svært allsidig materiale som gjennom polymerisasjon kan danne forskjellige syntetiske materialer, med mange ulike egenskaper. Plast er et oljebasert materiale og formes oftest til sammenvevde fibre eller lengre filmer. Det skilles mellom to hovedtyper plast; herdeplast og termoplast. *Herdeplast* får en endelig form etter herding og er ofte vanskelig å resirkulere, mens *termoplast* kan oppvarmes og formes om til nye produkter.

PLA

Polymelkesyre er en termoplastisk polyester og bioplast som produseres gjennom kondensasjon av melkesyre. Materialet er svært populært til bruk i additiv tilvirkning ettersom det kan produseres av fornybare ressurser, og i stor grad kan gjenvinnes på spesialiserte fasiliteter. Både produksjonsprosessen og vanlige bearbeidingsmetoder for materialet gjør det veldig kosteffektivt i bruk.

PLA er et sprøtt materiale som ikke lett plastisk deformeres og har relativt høy bruddstyrke sammenlignet med andre typer plast. Materialet har lav glassomvandlingstemperatur og kan løses opp av en rekke organiske - og kjemiske løsemidler. Disse må tas hensyn til ved valg av bruksområde og rengjøring. PLA absorberer betydelig mengde vann, sveller opp og får betydelig svekket dimensjonal stabilitet når det utsettes for vann og fukt (Rogers, 2015a).

Standard metoder for additiv tilvirkning kan brukes for å enkelt og økonomisk produsere objekter med god styrke. Tetthet på endelig produkt kan være noe lav ved standard 3D-printing, samt noe grov overflate, men overflatebehandlinger er mulige å gjennomføre. Metoden passer utmerket for å teste prototyper med god styrke og stivhet, men resultatet vil i stor grad avhenge

av valgte parametere på printer. Ettersom materialet responderer dårlig på vann og fukt vil det i oppgavens sammenheng hovedsakelig bli benyttet for testing av ulike prototyper.

2.9.2 Metall

Metall er en gruppe materialer bestående av et eller flere metalliske grunnstoffer. Disse karakteriseres ved egenskaper som varme – og strømledende, samt er de relativt harde og sterke. Ved romtemperatur er metaller faste, krystallinske stoffer med høy smeltetemperatur. Metaller kan gjenkjennes ved en glansfull og kald overflate sammenlignet med materialer som plast og treverk. Metallenes styrke og hardhet krever unike bearbeidingsmetoder for å påføre krefter som kan forme materialene.

Rustfritt stål

Rustfritt stål er en jernlegering med omkring 11% krom, og kan inneholde andre elementer som karbon, aluminium og titan. Sammensetningen varierer i forhold til ønskede egenskaper. Tilstedeværelsen av krom skaper en passiv film som gir materialet den rustfrie egenskapen. I tillegg er overflaten til materialet resistent mot forming av bakterielle biofilmer, og anses derfor som et hygienisk materiale. Ved riktig valg av produksjonsmetode og sammenføyningsmetode vil materialet unngå sprekker eller sømmer på overflaten, og får dermed ingen betydelige samlingspunkter for bakterier. Rustfritt stål er i høy grad slitesterkt, samt har høy hardhet. Disse egenskapene vil forhindre sprekkdannelse og riper i materialet slik at det vil holde seg hygienisk ved langvarig bruk. Rustfritt stål kan ha høy kostnad i forhold til produksjon, men gjør opp for forhåndskostnadene ved lang varighet, samt lave kostnader for opprettholdelse. I tillegg er materialet resirkulerbart, British Stainless Steel Association hevder at 60% av rustfritt stål i 2007 var laget av resirkulerbart materiale, og at gjenbruksinnholdet vil øke fremover. Austenittisk rustfritt stål er en av de vanligste legeringene da det ikke er magnetisk, ikke kan herdes og er lett formbart med metoder som sveising (Dudleyindustries, u.å.).

Rustfritt stål kan få høy vekt der større deler av utformingen består av solid materiale. Derimot gir materialets styrke og stivhet mulighet for hule former, noe som vil senke vekten uten at selve konstruksjonen vil bli betydelig svekket. Materialet kan være dyrt ved innkjøp og ved

produksjon av store komponenter, men vil gi verdi i form av lang levetid og enkel opprettholdelse av overflate.

Rustfritt stål kan føles kaldt ved berøring, og kan skape en del ulyder dersom komponenten er hul. Slike lyder kan eksempelvis dempes ved å tre på polstring eller lignende, samt gi en behagelig overflate med mer friksjon. Materialet har en estetisk overflate, spesielt om det er børstet, og brukes ofte for å skape et moderne utseende. Gjenskinn i overflaten, samt begrenset fargevalg må tas i betraktning når man velger dette materialet. Rustfritt stål ville egnet seg ypperlig til mindre komponenter der hygiene og slitasje er sentrale egenskaper. Den best egnede legeringen vil være austenittisk rustfritt stål da det er enkelt å forme og kan sveises sammen.

Austenittisk stål

Austenitt er betegnelsen på en av fasestrukturene jernlegeringer kan ha. Strukturen består av flatesentrerte kubiske krystaller der legeringselementet løses opp i krystallstrukturen. Vanlig jern er stabilt som austenitt ved temperaturområdet 912° til 1394°, men legeringsmaterialene karbon, nikkel og mangan virker austenittstabiliserende og kan stabilisere austenittisk stål ved romtemperatur. En av de vanligste formene for austenitt er austenittisk rustfritt stål som består av omkring 18% krom og 8% nikkel. Austenitt har evnen til høy oppløsning av karbon som gjør at materialet kan arbeidherdes til høye styrker, men materialet er ikke mulig å herdes gjennom varmebehandling. Austenitt er kjent for å ha høy seighetsmodul og er derfor svært slitebestandig, denne seigheten gjør også materialet enkelt å forme. Austenitt blir ikke like sprøtt og skjørt ved lave temperaturer som andre typer stål, og vil ha god styrke og stabilitet mot volumforandringer i romtemperatur. Austenitt er den vanligste typen rustfritt stål ettersom det ikke er magnetisk samt er veldig lett formbart og sveisbart. Materialet er derfor svært ofte benyttet i rør for konstruksjon. Austenitt deles i legeringskategoriene 200-serien og 300-serien, der 200-serien benytter mangan og nitrogen for å minske andelen nikkel, mens 300-serien benytter hovedsakelig nikkel og noe krom. Tilførselen av nitrogen i 200-serien gjør at den har oppimot 50% økt bruddstyrke i forhold 300-serien (Solberg, 2021). Austenittisk rustfritt stål kan anskaffes billig i form av pulver, eller pulveriseres manuelt ved hjelp av metoder slik som atomisering (Horizon Technology, 2020).

Austenittisk stål, 201-legering

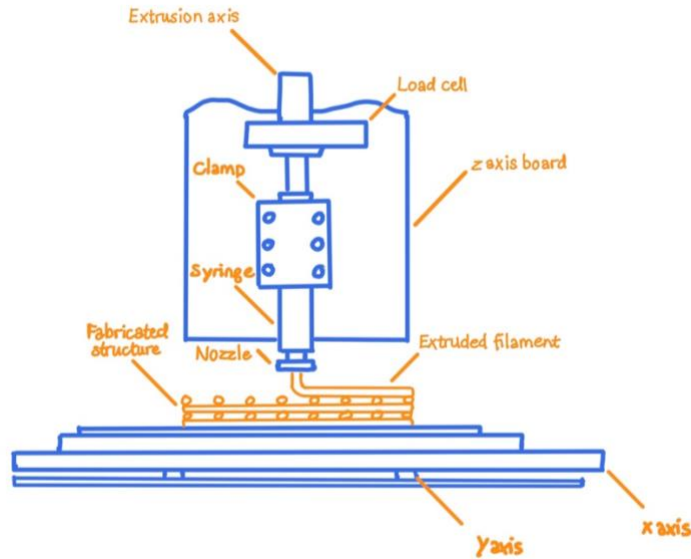
Avhengig av legering kan mekaniske egenskaper endres noe, men utvalget av egnede legeringer er ikke optimalt, ettersom austenittiske egenskaper kun kan opprettholdes innenfor en liten gruppe legeringer. 200-serien av austenittisk stål er kjent for å ha høyere bruddstyrke, der 201-legeringen spesifikt har høy bruddstyrke grunnet økt nitrogeninnhold. Legeringen passer ypperlig til herding gjennom kaldbearbeiding. 201-legeringen består av 17% krom, 4,5% nikkel, og 6,5% mangan og høyere mengder nitrogen enn andre legeringer. Legeringens gode kaldbearbeidingsevner, sammen med høyt nitrogeninnhold, gir legeringen en særdeles høy bruddstyrke. Legeringen opprettholder god korrosjonsbestandighet, er ikke magnetisk, og har lavere nikkelinhold, noe som bidrar til å senke legeringens pris. Nikkel benyttes vanligvis for å stabilisere austenittstrukturen, men i denne legeringer benyttes høyere nitrogeninnhold for å gi samme effekt (Combined Metals, u.å.).

2.10 Produksjonsmetoder

Materialene gruppen ønsker å benytte til prototyping og modellering, krever diverse bearbeidingsmetoder for å formes til endelig løsning. NTNU i Gjøvik har flere laboratorier med ulike bearbeidingsverktøy tilgjengelig for gruppen. Et realisert produkt vil derimot kreve mer spesifiserte produksjonsmetoder enn tilgjengelig, for å oppnå ønsket resultat.

2.10.1 Additiv tilvirkning

Additiv tilvirkning er en prosess der en 3D-printer leser en 3D-datafil, eksempelvis CAD-fil, og smelter filament lagvis etter instruksjoner fra filen. Dette danner til slutt en modell. Et slicer-program konverterer 3D-objekt-filen til printerens, som deretter bruker informasjonen for å legge ut filament i ulike tykkelse, matingshastighet og fyllingsgrad. Filamentet består som regel av PLA (Polymelkesyre), og varmes opp for å kunne presses ut av en dyse på printerens. Printing foregår i X og Y-planet, og bygger seg lagvis oppover Z-planet. I mange tilfeller kreves det støttestruktur omkring figuren, for å unngå at printen kollapser.



Figur 5 - Selvillustrert skisse av additiv tilvirkning (Isaksen, 2022)

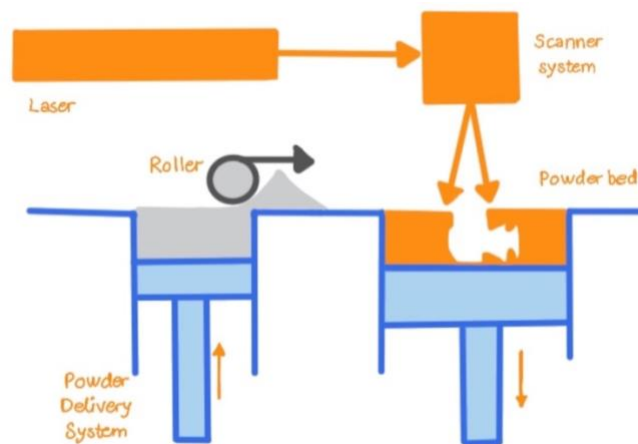
2.10.2 Selektiv lasersintring

Selektiv lasersintring er en additiv tilvirkningsmetode som benytter en høytytelse-laser til å skrive ut en form i et pulverbad. Pulverbadet består vanligvis av granulater av polyamider, eller metallpartikler med et beskyttende lag av polymerer. Energien fra laserens sintrer pulveret eller granulater sammen og lager en binding mellom partiklene som danner et objekt. Laseren pulser slik at den i intervaller treffer pulveret med maksimal styrke, dette fordi det er laserens maksimale styrke som avgjør smeltegraden og det ferdige produktets tetthet. Pulverbadet kan varmes opp med ovn til nær materialets smeltepunkt, dette sørger for at laserens varme opp materialet til smeltepunktet mer effektivt. Laseren sintrer pulverbadet i seksjoner på tverrsnitt som leses fra 3D-modellerte CAD-filer. For hvert tverrsnitt senkes den ferdig sintrede delen, og det legges over nytt lag pulver for å sintre neste del. I motsetning til andre additive produksjonsmetoder egner selektiv laser sintring seg godt til å produsere mange små deler samtidig, da laserens kan flyttes rundt i pulverbadet og sintre i ulike høyder ved hjelp av seksjonsinndelinger (Nicolaisen, 2019).

Metoden benyttes i dag hovedsakelig med materialer som polyamider og nylon, mens metaller blir brukt ved hjelp av en ny metode kalt selektiv laser smelting. Tetthet på endelig produkt

varierer i stor grad avhengig av materialbruk og laserstyrke, men det er vanlig å oppnå en tetthet på rundt 78% ved bruk av polymer. Mange materialer vil kreve etterbehandling i form av sintring i varmeovn for å oppnå ønsket tetthet. Endelig produkt kan ha noe grov overflate avhengig av materialvalg, men er mulig å overflatebehandle (Nicolaisen, 2019). Etterbehandlinger på overflate kan også gjøres i form av impregnering og filmlegging ved fysisk dampavsetning.

Selektiv lasersintring kan produsere svært kompliserte former og kan gi et produkt med høy styrke, stivhet og kjemisk motstandsdyktighet. Eksempelvis kan umulige former produseres i én del, for eksempel et skip i en flaske. Dette krever at det finnes en åpning slik overflødig pulver kan fjernes. Printere for selektiv lasersintring kan variere mye i pris, men en godt fungerende printer kan kjøpes for omkring 1 000 000kr. Metoden kan være dyr for høyvolumproduksjon av større deler, men er svært effektiv for mindre komponenter som kan organiseres volumbesparende og sintres i samme bad og laghøyde.



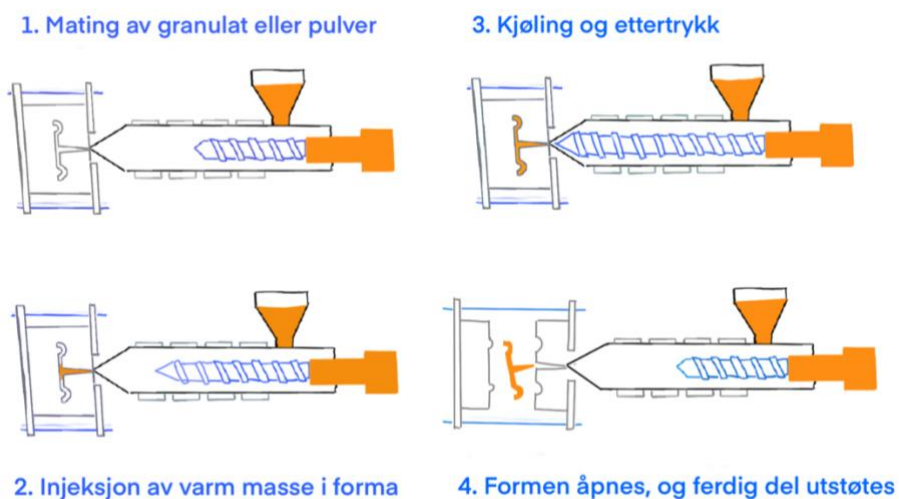
Figur 6 - Selvillustrert skisse av selektiv lasersintring (Isaksen, 2022)

2.10.3 Sprøytstøping

Sprøytstøping benytter oppmalt granulat av plast, eller pulverisert metall blandet med bindende plastgranulat. Dette fylles i en sprøyte som mater materialet inn i en støpeform. Sprøyten er utformet som en skrue med riller, der rillene gradvis får større rot diameter fremover i sprøyten, nærmere støpeformen. Dette skaper en pumpeeffekt av at materialet komprimeres, og luftbobler og gasser vil drives ut oppover skruen. Effekten fører til store skjærkrefter som sammen med en

oppvarmet sylinder vil smelte eller holde materialet smeltet, før og under innsprøyting. Sprøyten beveger seg fremover og mater inn materialet i støpeformen. Under størkning kan volumendringer forekomme og danne luftbobler i støpeformen, derfor er det viktig med ettertrykk slik at det etterfylles materiale og formen fylles fullstendig. Støpeformen benytter ofte kaldløp for å hjelpe avkjøling, samt utstøterpinner for å løsne støpt emne fra støpeformen. Ved metallstøping kan formen behandles med kjemikalier som gir smøring og gjør uttak av støpt emne enklere. Her må en ta hensyn til potensielle kjemiske reaksjoner som kan oppstå mellom kjemikalierne og det smeltede materiale. Det er vanlig å sintre støpeemnet i ovn i etterkant for å sikre homogen overfalte, samt gi mer presise tempereringsegenskaper. Ved metallstøping vil plasten fra bindematerialet brenne av i denne prosessen og gi et rent produkt (Nicolaisen, 2020b).

Sprøytestøping kan benyttes for alle termoplaster da de enkelt formes ved oppvarming og størkner ved nedkjøling. I tillegg kan metoden benyttes på de fleste metaller. Høye smeltemarkter og varierende flyteevne gjør at noen materialer egner seg bedre enn andre, aluminium kan eksempelvis ikke sprøytestøpes grunnet oksidlaget som oppstår. Støpeformene kan være dyre avhengig av kompleksitet, men godt utformede stålformer kan brukes oppimot millionvis av ganger. Metoden anses som kosteffektiv og kan tids effektiviseres ved hjelp av avkjølingssystemer, doble skruer og raskere oppvarming.



Figur 7 - Selvillustrert skisse av sprøytestøping (Isaksen, 2021)

2.11 Bearbeidingsmetoder

2.11.1 Bøying av rustfritt stål

Ved bearbeiding av rustfritt stål er det svært viktig å benytte spesialisert utstyr for å unngå å svekke materialets egenartede egenskaper. Utstyr som benyttes må være svært robust, skarpt og hardt for å bearbeide rustfritt stål, ettersom materialet har høy styrke og arbeidsharding. Renhold av utstyr er også nødvendig for å forhindre forurensninger i materialet. Forurensning med andre oksiderende metaller kan føre til misfarging av overflaten på det rustfrie stålet. Forming av rør i rustfritt stål kan gjøres gjennom varmekstrudering, men grunnet det høye smeltepunktet velges ofte metoder som kaldvalsing med hjul. Ved kaldvalsing av rør kjøres emnet gjennom valsemøller som former emnet lokalt. Valsemøllene er hjul som spinner i en bestemt retning, avhengig av hvordan emnet skal formes. Ved kaldbearbeiding kan det forekomme anisotropi av emnet, der kornstrukturen blir strukket og styrket i valseretningen, dette kan kontrolleres for å gi endelig produkt høyere styrke i en ønsket retning eller plan (Nicolaisen, 2020a).

2.11.2 Kaldbearbeiding

Bearbeiding og forming av materialet må, for gruppens formål, foregå i veldige presise temperaturområder. Ved kaldbearbeiding vil materialets styrke øke betydelig. Her kan austenittstrukturen endres fra kubisk flatesentrert til kubisk romsentrert, ettersom austenittfasen ikke er stabil under bearbeiding ved lavere temperaturer (Johansen, 2010). Materialet vil da gå over til en ferrittisk struktur der jernatomene er strukturert på en slik måte at stålet får magnetiske egenskaper. I et slikt tilfelle vil de magnetiske kreftene bli svake i forhold til andre magnetiske metaller, og magnetismen vil hovedsakelig tre frem på små områder der jernatomene i den romsentrerte strukturen blir mer definert.

2.11 Overflatebehandling

2.12.1 Børsting og polering av rustfritt stål

Rustfritt stål kan overflatebehandles med børsting for å gi et grovt og matt utseende, eller polering for et glatt og skinnende utseende. Begge prosessene forekommer etter kald - eller varmvalsing, og benytter slipebånd eller korn for å pusse overflaten. Børsting foregår med større

korn og gir en grov, ujevn overflate som er motstandsdyktig i miljøer med røffere forhold, for eksempel, maritime områder. Ved polering fortsetter prosessen med finere korn som gir en penere skinnende overflate med glatt tekstur (Nicolaisen, 2020a). Den glatte tekturen gjør stålet enkelt å rengjøre, og den blanke overflaten viser med en gang møkk som fingeravtrykk og flekker. Polering er gunstig for områder med hyppig kontakt, ettersom denne overflaten har lite tekstur og er derfor enklere å rengjøre.

2.12.2 Pulverlakkering

Pulverlakkering er en overflatebehandling der pulver sprøytes i en sky på emnet, og danner en lakkeringsfilm på overflaten. Emnet må forbehandles slik at pulveret kan påføres jevnt. Forbehandlingen er ofte en grundig renseprosess hvor rust, oljer og glødeskall fjernes, etterfulgt av varm galvanisering der stålet senkes ned i et bad av smeltet sink. Sinket får en metallurgisk binding til stålet og gir en overflate med god korrosjonsbestandighet og slitestyrke. I etterkant av forbehandlingen kan pulveret sprøytes på emnet. Pulverkornene får en elektrostatisk oppladning i sprøytepipstolen og vil festes til emnet med motsatt ladning. Det skapes en elektrostatisk tiltrekning på overflaten av emnet som gjør at pulveret sitter fast. For å skape et homogent belegg blir emnet deretter sintret i ovn. Der vil pulveret smelte sammen på overflaten og danne kjemiske bindinger som sikrer godt feste. Grenser mellom molekyler minsker under oppvarming og flyter sammen til en struktur som er mer sammensatt med færre brudd og sprekkepunkter (Norsk Pulverlakkteknisk Forening, u.å.).

Pulverlakkering benytter oftest plastmaterialer som polyester og epoxy til pulver. Polyester er særlig mye brukt grunnet egenskaper som høy slitasjemotstand på overflaten, varmere berøringsoverflate enn ståloverflater, god overflatefinish, og store muligheter innen farge, tekstur og glans. Plastgranulatet kan farges som vanlig plast, mens tempereringsegenskaper vil bestemme grovhet eller finhet i overflatetekstur. Metoden egner seg spesielt til håndtak og armlener som skal være behagelig å berøre, da overflaten blir varmere enn ubehandlet stål. En konsekvens av plastbelegget er at produktet ikke kan etterbehandles effektivt, i slike tilfeller må pulverlakkeringen fjernes i forkant og påføres på nytt. Overflaten vil riktig nok holde lenge og være motstandsdyktig mot avskalling og riper i overflaten (Windridge Coatings, u.å.).

Pulverlakkering anses som en noe dyr prosess, men gir et endelig produkt som krever lite til ingen opprettholdelse. God korrosjonsbestandighet og slitestyrke gjør at overflaten opprettholdes over lang tid. Sprøytepåføring benytter mer materiale enn overflaten behøver, men i lukkede rom kan overflødig pulver oppsamles og gjenbrukes. Grunnet at platen kommer i pulverform er den fri for løsemidler og kan anses som miljøvennlig, da det ikke slipper ut skadelig gasser under produksjon.

2.13 Sammenføyingsmetoder

2.13.1 Skruetyper

Valg av skruetype kan ha stor påvirkning på hvor god sammenføyning mellom to objekter blir, og hvor bra sammenføyningen holder seg over tid. Skruer og emne av likt materiale gir best passform, samt minst stress og spenninger. For eksempel vil metallskruer i et termoplastisk emne gi høyt stress i den termoplastiske delen, grunnet de harde skarpe kantene på skruen. Materialene har stor forskjell i stivhet og termisk ekspansjon, noe som kan føre til sprekkdannelse ved tett innstramning av skruen, mens løsere innstramning kan gi slakk sammenføyning. I sprøere plastprodukter der mye boring kan føre til sprekkdannelse og internt stress, vil det være gunstig med selvskjærende skruer som selv kan lede bort rester og spon, fremfor vanlige skruer som vil kreve forboring som kan gi større interne spenninger. Selvskjærende skruer kutter materialet fra hullets indre diameter, i motsetning til vanlige skruer som vil forflytte materialet rundt seg for å lage plass, noe som kan skape større spenning og stress i materialet (LANXNESS Corporation, 2005). Siden et opphengssystem for toalettrull ofte monteres på hule armlener, vil det muligens egne seg med pop-nagler i stedet for skruer. Dette er en svært effektiv og stødig måte å feste to elementer sammen, uten å sveise.

2.13.2 Sammenføyning av plast og metall med skruer

Ved sammenføyning av to ulike materialer må egenskapene stivhet og termisk ekspansjon tas høyde for. Dersom man skal skru fast en plastkomponent mot en metallkomponent må det tas forbehold om at platen kan forflyttes mer en metallet. Eksempelvis vil innstrammede skruer på hver side av sammenføyningen i mange tilfeller føre til at platen forflyttes, mens metallet ikke gir etter for forflytning, grunnet høyere styrke. Ved lavere temperaturer vil platen være sprø og

kunne sprekke, mens ved høyere temperaturer kan det oppstå utbulinger og bøyning av plasten i uønskede retninger. I en slik situasjon kan slissede hull benyttes ved innstramming, slik at det er rom for litt forflytting og bevegelse ved plastkomponentens skruehull. Skruen må derimot ikke strammes for hardt, ettersom skruen må ha rom for noe forflyttes i det slissede hullet. Ut ifra forskjellen i materialenes stivhet og termiske ekspansjon kan det beregnes hvor stor bevegelighet som må være tilgjengelig i festepunktet, for å unngå indre spenninger. I tilfellet med skruer kan det benyttes skrueskiver mellom skruen og materialet for å justere bevegeligheten etter ønske (LANXNESS Corporation, 2005).

2.13.3 Presspasninger og snap fits

Presspasning er en sammenføyningsmetode der to deler har lav nok toleranse og klarering til at den ene delen kan presses hardt inn i den andre og gi et skjøte som holder delene på plass. Hvor godt delene sitter sammen avhenger av materialenes overflatefriksjon, samt hvilken klarering en bruker. Et eksempel på en presspasning kan være to rør der et av rørens indre diameter er tilnærmet like stor som det andre rørets ytre diameter. Grunnet lav klarering kan det oppstå høyt stress. Sprøere plasttyper kan dermed få sprekke-dannelser grunnet interne spenninger, mens mykere resiner som ABS kan forflyttes noe. Forflyttelsen kan derimot føre til en løsere presspasning over tid.

Presspasninger kan være utfordrende å produsere, ettersom toleransene må være veldig presise og mange produkter må derfor forkastes ved for store avvik. Komponentene en velger å bruke presspasning til, bør være av samme materiale da ulikheter i stivhet og termisk ekspansjon vil få stor betydning på de indre spenningene i området med lite klarering. En veldig solid og presis form for presspasning er en krympepasning, eller interferenspasning, der en av komponentene varmes opp, mens den andre delen avkjøles. Delene vil originalt være like store og umulige å presse sammen, men volumforskjellen ved ulike temperaturer tillater dette. Når delene returnerer til normal temperatur, vil pasningen være ekstremt trang med nesten ingen klarering, noe som vil gi en sterk pasning som tåler store belastninger. Metoden vil gi indre spenninger i emnet, men hovedsakelig i den indre delen og vil derfor ha lite betydning for ytre funksjoner.

Snap fits er en billig og effektiv sammenføyningsmetode der geometrien utformes slik at en komponent kan bøyes eller strekkes til en viss grad, deretter plasseres komponenten i et hulrom

eller kammer som holder den på plass. Metoden krever at materialet er elastisk slik at det under trykk kan forflyttes nok til å oppnå en midlertidig geometri, men deretter "snapper" eller klikker seg på plass. Dette sørger for at komponenten ikke enkelt kan forflyttes tilbake. Metoden benyttes oftest for plastprodukter ettersom plast ofte kan deformeres elastisk i stor grad, og deretter gå tilbake til original form.

2.13.4 Gummiforsegling i festepunkter

Ved sammenkobling av flere komponenter vil det oppstå noen form for sprekke mellom festepunktene og skjøtene. Selv de minste sprekker kan slippe in fukt fra luften eller vannsprut og skape bakteriedannelser. For å motvirke dette kan det benyttes vanntette gummiforseglinger mellom skjøtene. Gummiforsegling mellom skjøtene sikrer god pasning grunnet gummiens elastisitet, samt skaper en lufttett forsegling i et materiale som er vanntett og motstandsdyktig mot svelling. Slike forseglinger kalles O-ring og produseres av nitrilgummi som er en kopolymer av acrylonitril og butadien. Likt andre typer gummi har nitrilgummi permanent nettverksstruktur som gjøre at materialet ikke kan resirkuleres. Materialet avgir i tillegg giftige stoffer når det brenner og er derfor vanskelig å avfallshåndtere, men kan eksempelvis males opp og tilsettes andre produkter som asfalt (Stori, 2021).

3 Case/Materialer

Produktet som utvikles i løpet av prosjektet skal kunne integreres i allerede eksisterende løsninger, som kan være veldig ulike fra hverandre. Samtidig er det viktig at utviklingsprosessen faktisk resulterer i en forbedret løsning som tar brukeren behov i større forbehold, for å ikke havne i samme felle som tidligere løsninger. Med bakgrunn i dette er det viktig å blant annet undersøke tidligere forskning som er foretatt rundt temaet, samt ulike regelverk og statistikk. Underkapitlene i dette kapitlet tar for seg viktige funn i henhold til disse aspektene, som kan være relevant i forhold til universell utforming av opphengssystem for toaletttrull.

3.1 Tidligere forskning

I kartlegging av behov er det ikke bare viktig å analysere eksisterende løsninger og ha tett samhandling med brukere, men dersom det eksisterer tidligere forskning rundt temaet kan dette bidra til nye vinklinger i oppgaven som en ikke har tenkt på før. Med bakgrunn i dette er ulike forskningsrapporter gjennomgått, slik at eventuelle funn kan bidra til mer optimal utforming av opphengssystem for toaletttruller. Forskningsrapportene tar ikke nødvendigvis for seg samme problemstilling som i bacheloroppgaven, men omhandler generell utforming av badedrom, noe som er relevant å trekke inn i utviklingsarbeidet.

3.1.1 Hygiene av fastmontert utstyr

Armlener på badedrom kan være svært uhygieniske og en stor kilde til at brukere får infeksjoner. Riktig materialvalg på armlenene er derfor helt essensielt for å hindre sprekkdannelse og avskalling av materiale, som kan medføre bakteriedannelse, ettersom rengjøring i slike sprekker er utfordrende. I tillegg er åpninger mellom sammensatte delkomponenter vanskelige å rengjøre (Stadheim og Nersveen, 2015). Dersom toaletttrullholderen skal ha innebygd armlene, eller kunne integreres i eksisterende armlene, må materialvalg og sammenføyningsmetoder tillate enkelt vedlikehold og rengjøring. Sammenføyningene må dermed være nær sømløse, og kunne anses som vanntette.

3.1.2 Kontraster på badrom

En stor grunn til dårlig utforming av badrom, ligger i fargevalg og dårlige kontraster. *Vision Rehabilitation Service*, har gjennom undersøkelser konkludert med en ideell fargekontrast på 70% mellom sanitærutstyr og bakgrunn (Aliber, 2012). De benytter derfor mørke vegger for å bedre synliggjøre hvitt sanitærutstyr. Særlig for svaksynte kan sanitærutstyr og omgivelser blende sammen ved for svake kontraster.

I gruppens prosjekt bør det derfor være fokus på tydelig kontrast mellom toalettrullholder og omgivelser. HC-toaletter i publikumsbygg bruker ofte hvite farger, toalettrullholderen bør dermed designes med mørkere kontrastfarger dersom tenkt i et slikt miljø. På en annen side kan det være store fargevariasjoner fra et badrom til et annet, største fokus bør derfor være kontraster på toalettrullholderen i seg selv, slik at omgivelsene ikke har for stor påvirkning på bruk av løsningen.

3.1.3 Fall på badrom

Norsk Helseinformatikk informerer om at 41% av fall skyldes for rask flytting av kroppens tyngdepunkt, ofte i sammenheng med at personer snur seg eller lener seg for fort til siden. På sykehjem forekommer mer enn halvparten av alle fall på badrom og soverom (Norsk Helseinformatikk, 2013). En rapport fra *Centers for Disease Control and Prevention* informerer om at 81,1% av ulykker på badrom i USA skyldes fall. Rapporten hevder også at armlene i nærheten av toalettet er en effektiv forebyggingsmetode mot fall på badrom. Fallulykker på badrommet forekommer særlig ofte blant eldre, personer med motoriske nedsettelse og synsnedsettelse (Stevens, Haas og Haileyesus, 2011).

Med bakgrunn i det faktum at armlener er et viktig verktøy som forebygger ulykker på badrom, ser gruppen stor nytte i å integrere toalettrullholder i armlenet, eventuelt feste toalettrullholder på eksisterende armlener. Toalettrullholderen bør i tillegg være mulig å plassere på en slik måte at brukeren ikke behøver å ta i bruk store bevegelser som kan forårsake tap av balanse.

3.2 Regelverk og anbefalinger

Byggeteknisk forskrift *TEK17* stiller krav til at minst et bad, i byggverk med krav om universell utforming, skal være utformet med 0,9 m fri gulvplass på begge sider av toalettet (Byggeteknisk forskrift, 2017). Flere HC-toalett gruppen har utforsket benytter toaletttrullholdere som er fastmontert til vegg. Dette er noe personer gruppen har intervjuet, også har erfaring med. I mange tilfeller kan en slik løsning blokkere for den frie gulvplassen ved siden av toalettet. Dette gjør det blant annet ugunstig å plassere rullestol ved siden av toalettet, da dette vil hindre tilgang til toaletttrullholder. I tillegg kan større opphengssystemer bestående av et deksel eller ramme rundt toaletttrullen/ene ta opp den frie gulvplassen, som for noen kan være nødvendig for tilgang til toalett.

Avstand fra toalett til toaletttrullholder er vesentlig å ta i betraktning, siden mange for eksempel kun har én fungerende arm, er venstrehendt/høyrehendt eller ikke har full bevegelighet i arm/er. Statistikk fra *NHI* hevder at store deler av fall skyldes at personer snur og lener seg raskt og mye. Dette er en situasjon som enkelt kan oppstå om bruker må snu seg 90° mot veggen, eller lene seg langt for å nå toaletttrullen. Lignende situasjoner kan også oppstå dersom toaletttrullen henger på veggen bak toalettet, her må bruker snu seg enda lengre og igjen risikere fall på baderommet. *Norges Handikapforbund* fraråder om overnevnte plasseringer, og anbefaler at toaletttrullen henger i rekkevidde foran eller ved siden av bruker. De anbefaler eksempelvis oppheng på, eller rundt, armlenene ved siden av toalettet (Norges Handikapforbund, 2012).

TEK17 regelverket stiller i dag krav om luminanskontrast på minimum 0,4 mellom gulv, vegg og fastmontert utstyr. Baderom, spesielt universelt utformede HC-toalett, har oftest hvit bakgrunn på både gulv og vegg, og vil dermed kreve en negativ luminanskontrast. Fastmontert utstyr som toaletttrullholdere må designes med mørkere farger for å ha luminanskontrast med lysere bakgrunn. Selve toaletttrullen vil som oftest også være hvit og må også ha synlig kontrast til holderen. Ved måling av luminanskontrast er det viktig å måle verdier fra flere vinkler for å fange opp kontrast mellom objekt og forskjellige bakgrunner.

I tillegg skal HC-toaletter, ifølge TEK17, ha armlener på begge sider, montert til vegg fremfor montering tilknyttet toalettet. Dette reflekterer aspekter gruppen har nevnt om tydelig kontrast og mulig implementering av toalettrullholder i armlener.

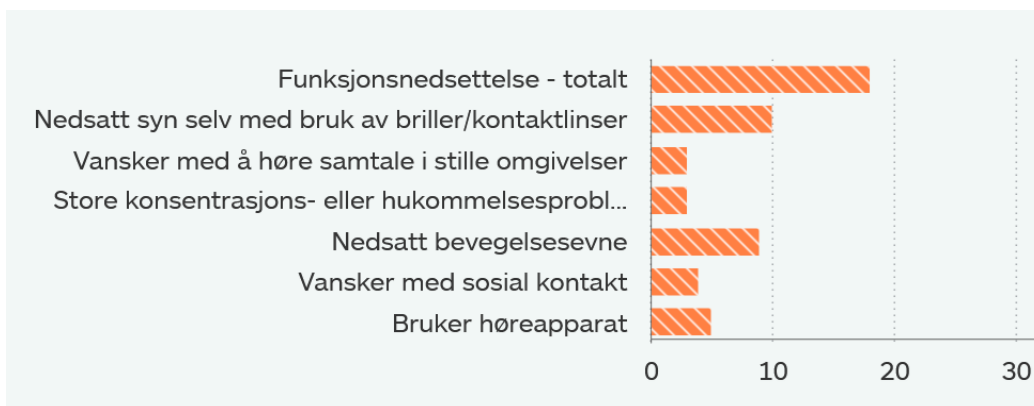
3.3 Statistikk om funksjonsnedsettelse

I en brukersentrert utviklingsprosess er det sentralt å utvikle løsninger med bakgrunn i brukerens behov, og statistikk kan bidra til nettopp dette. Statistikk bidrar til innsikt i hvor mange løsningen faktisk kan være nyttig for, og deres livssituasjon på en objektiv måte. Dette vil understreke nytteverdien til endelig løsning, og understreke viktigheten av utvikling av et nytt opphengssystem for toalettruller. Dette kapitlet omhandler derfor statistikk over funksjonsnedsettelse i Norge, og hvordan funksjonsnedsettelsene påvirker brukeres hverdag.

3.3.1 Andel av befolkningen med funksjonsnedsettelse

Før ble det brukt *funksjonshemming* som forklaring til en enkelt person med nedsatt funksjonsevne, i nyere tid derimot benyttes *funksjonshemming* om situasjoner der en person opplever nedsatt funksjonsevne som følge av omgivelser og situasjoner som ikke tillater like muligheter for alle (Barne-, ungdoms- og familiedirektoratet, 2019a). For å kunne føre statistikk må det riktig nok være en definisjon som ikke endres etter omgivelse og situasjon, direktoratet benytter derfor definisjonen: «Nedsatt funksjonsevne eller funksjonsnedsettelse viser til tap av, skade på eller avvik i en kroppsdel eller i en av kroppens psykologiske, fysiologiske eller biologiske funksjoner» (Barne-, ungdoms- og familiedirektoratet, 2019a, avsnitt 6).

Barne-, ungdoms- og familiedirektoratet utvikler årlig statistikk over andel befolkning i Norge med nedsatt funksjonsevne basert på definisjonen i forrige avsnitt. Tallene innhentes fra utvalgsundersøkelser, da det ikke finnes eksakt data på hver enkelt persons funksjonsevner. Hvilke personer som er innenfor definisjonen, er ikke alltid et enkelt spørsmål heller.



Figur 8 - Andel av befolkningen med forskjellige funksjonsnedsettelser (Barne-, ungdoms- og familiedirektoratet, 2019a)

Figur 8 viser andel av befolkningen over 16 år med ulike typer funksjonsnedsettelser i 2019. Dataen inkluderer personer med *varig sykdom*, som direktoratet anser som sykdom eller lidelse som har vart i minst 6 måneder, eller forventes å bli langvarig. Personer med flere funksjonsnedsettelser inngår i diverse underkategorier, men kun som en enkelt person i totalen. Det kan derfor ikke trekkes en slutning for andelen med gitte funksjonsnedsettelser ved å addere underkategoriene (Barne-, ungdoms- og familiedirektoratet, 2019a). De to største kategoriene av funksjonsnedsettelser i 2019 var nedsatt syn og nedsatt bevegelsesevne, med henholdsvis 10% og 9% av befolkningen. Disse kategoriene er å anse som de mest relevante for oppgavens definerte målgruppe. Dette gjør løsningen særlig relevant for mellom 10-19% av Norges befolkning, avhengig av hvor mange som inngår i begge kategorier.

Av andelen med nedsatt syn, regner *Blindeforbundet* med at 180 000 personer, en andel på 3,5%, i 2016, opplever synshemming i den grad at de opplever problemer i hverdagen (Uutilsynet, 2016). Tilsvarende ble det i 2015 rapportert av *Direktoratet for forvaltning og IKT* at 290 000 personer, en andel på 5,8%, har bevegelseshemming som begrenser deres daglige liv (Uutilsynet, 2016). I tidsperioden mellom 2015 og 2016 ser vi altså en andel av Norges befolkning på omkring 9,3% som opplever problemer i hverdagen grunnet en synshemming eller bevegelseshemming. I begge tilfeller opplever brukerne nedsatt funksjonsevne i hverdagen som følge av omgivelsene og situasjonene de befinner seg i. Gjennom universell utforming og tilgjengelig design i hverdagen kan færre funksjonsnedsettelser hemme brukerens hverdag, og dermed senke overnevnt statistikk.

3.3.2 Funksjonsnedsettelse og økonomi

Statistisk Sentralbyrå opplyser om 73,4% sysselsatte i 2020, samtidig at andelen sysselsatte personer med nedsatt funksjonsevne er 40,6%. Mange med funksjonsnedsettelse er uføre og har ikke mulighet til å jobbe som følge av de fysiske eller psykiske utfordringene de opplever. Opptil 30% av arbeidsledige personer, med en form for funksjonsnedsettelse, uttrykker derimot et ønske om å arbeide, men hindres av funksjonsnedsettelsen deres (Barne-, ungdoms- og familiedirektoratet, 2019b). Kombinasjonen av få jobbmuligheter med tilstrekkelig tilrettelegging og høye merkostnader knyttet til funksjonsnedsettelse, gjør at mange opplever høye utgifter med for lite kompensasjon.

Norges Handikapforbund utga i 2017 en rapport om merkostnader knyttet til funksjonsnedsettelse, der de beregnet kostnader for tre familier med funksjonsnedsettelse (Norges Handikapforbund, 2017). Familiene opplevde årlige merkostnader på omtrent 100 000 kr per person, med grunnstønning på kun rundt 20 000 kr hver. De nevnte kostnadene er betydelig store, særlig for unge uføre, ettersom de i 2017 fikk en årlig fast sats på 269 396kr (Norges Handikapforbund, 2017). Hjelpemidler knyttet til funksjonsnedsettelse utgjør store deler av merkostnadene, og er ikke alltid mulig å få bistand til.

4 Metode

Proessen har vært preget av en rekke ulike metoder og verktøy, som i denne delen av rapporten skal presenteres. Kontinuerlig gjennom prosessen har en stor drivkraft vært CPS-metoden, som har bidratt til avdekking av alle viktige aspekter ved løsningen. Der fokus har vært divergent og konvergent idéutvikling, for å komme frem til best mulig løsning som tilfredsstillende behovene til flest mulig mennesker. Alle løsninger/forslag til løsninger er også i svært stor grad påvirket av inkluderende- og universell design, og den kreative prosessen for dette. I de kommende kapitlene presenteres alle de ulike modellene og metodene som er tatt i bruk, i de ulike fasene i prosessen.

4.1 Designmetodikk

4.1.1 Slagkraft og nyskaping

Sentrale lærebøker gjennom studieløpet har vært bøkene *Slagkraft* og *Nyskaping* av Erik Lerdahl. Disse to bøkene presenterer metoder som er nyttige i en kreativ prosess, for å få en mer effektiv og målrettet prosess. Bøkene tar for seg ulike metoder som systematiserer det kreative arbeidet, slik at det får en struktur. Metodene fremmer de kreative tankeprosessene, og bidrar til å tenke utenfor boksen når det kommer til idéutvikling på ulike abstraksjonsnivåer. Metodene som presenteres i dette kapitlet er hovedsakelig hentet fra disse to bøkene, og har blitt tatt i bruk gjennom hele utviklingsprosessen som en helhet.

4.1.2 CPS - kreativ problemløsning

CPS er en metode for problemløsning, hvor man deler idéutviklingen inn i seks steg: 1) søke muligheter, 2) søke fakta, 3) søke problem, 4) søke idéer, 5) søke løsning og 6) søke aksept. Første steg handler om å identifisere selve problemet som skal løses. Videre handler andre steg om å søke etter relevant fakta som vil legge grunnlag for en problemformulering. Etter problemformuleringen handler det i steg fire og fem om utvikling av idéer og løsninger. Det siste steget går ut på å utvikle strategier som vil gi aksept av løsningen man har utviklet (Lerdahl, 2018, s. 57). Innenfor hvert av de seks stegene er det to faser: divergent fase og konvergent fase. Den divergerende fasen har større fokus på kvantitet, der man genererer en stor mengde forslag og alternativer, mens den konvergerende fasen har større fokus på kvalitet, der man innsnevrer og tar valg, for å gå videre til neste steg i modellen.

CPS er en svært relevant metode i forhold til denne oppgaven siden idéutvikling ikke bare handler om å være kreativ, men også om å avdekke faktiske behov og problemer, innhente informasjon, inspirasjon og utvikle ulike rammeverk. Gruppen vil dermed integrere metoden gjennom hele prosjektet. Gruppen vil derimot hoppe over steg 1 – søke muligheter, ettersom dette steget allerede er gjennomført av oppdragsgiver.



Figur 9 - CPS-metoden (Isaksen, 2022)

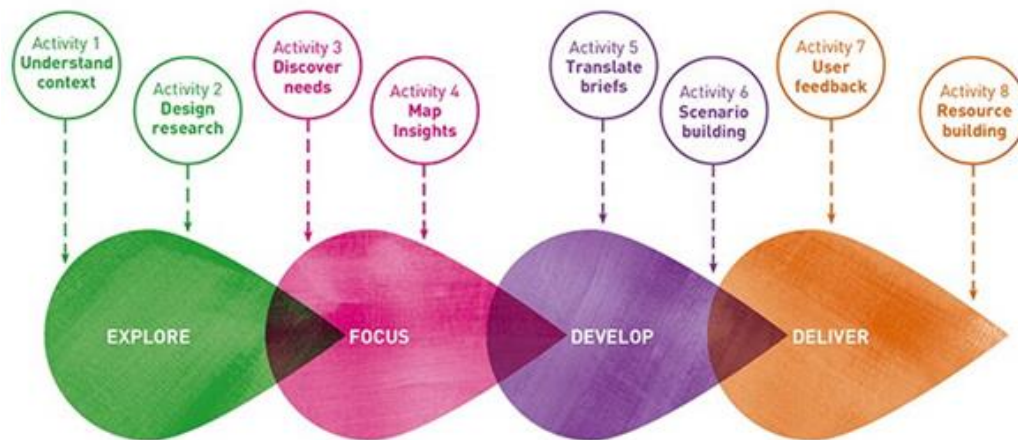
4.1.3 Den visjonsbaserte modellen

I hvert steg i idéutviklingsmodellen er det nyttig å se på produkter og tjenester på ulike abstraksjonsnivåer. Modellen det er snakk om er den visjonsbaserte modellen i boken *Slagkraft*. Bruk av modellen er til god hjelp i kreativt arbeid, der man ønsker å se ideer på ulike abstraksjonsnivåer. Dette bidrar til kreativt arbeid rundt ideer, uten fiksering og bidrar til nye assosiasjoner.

Den visjonsbaserte modellen deler et produkt inn i fire ulike abstraksjonsnivåer: *spirituelt*, *kontekstuell*, *prinsipiell* og *materiell*. Det øverste og mest abstrakte nivået i modellen er de *spirituelle* aspektene, som handler om å søke etter produktets underliggende hensikt, essensielle verdier, grunnfilosofi og identitet. Deretter kommer *kontekstuelle* aspekter som handler om interaksjonen mellom bruker og produkt. På dette abstraksjonsnivået er det blant annet aktuelt å søke etter å definere målgruppe, hendelsesforløpet til produktet, produktkvaliteter, stil og uttrykk. Det tredje nivået i modellen er *prinsipielle* aspekter ved produktet og er knyttet til selve produktideen før utarbeidelse av ferdig produktkonsept. Nivået handler om å utforske muligheter og få klarhet rundt funksjonelle-, strukturelle- og formmessige aspekter ved løsningen. Det siste og mest konkrete nivået i modellen er det *materielle* nivået, der visualisering av detaljer ved produktet er sentralt. Dette kan blant annet omfatte produktdetaljer, valgt materialbruk, produksjonsprosesser og konstruksjonstegninger (Lerdahl, 2018, s. 94-96).

4.1.4 Inkluderende design

Inkluderende design er et verktøy integrert i designprosessen gjennom bruk av åtte trinn. Disse trinnene introduseres av *DOGA*, og handler om hvordan man kan ha et brukersentrert syn gjennom hele utviklingsprosessen. Aktivitetene er kun løse rammer, som tilpasses etter egne behov og prosesser. Nedenfor visualiseres de ulike aktivitetene, helt fra utforskende innledende faser til realisering av løsning og videreføring av læringen til senere prosjekter.



Figur 10 - De åtte aktivitetene innenfor inkluderende design (DOGA, u.å.)

4.2 Kartlegging av marked

For en oversikt over eksisterende marked innenfor produktkategorien «toalettrullholder» har gruppen foretatt en grundig undersøkelse av både norsk og internasjonalt marked. Slik får en oversikt over funksjonene til eksisterende produkter, og eventuelle forbedringer det er mulig å utvikle eller tilby i en ny løsning. Innledende kartlegging av markedet var kvantitativ, der gruppen forsøkte å finne frem til flest mulig ulike løsninger som allerede eksisterer, ikke kun på HC-toaletter, men på toalett generelt. Deretter ble det funnet og benyttet relevante metoder for vurdering av produktene, for å finne ut hvor hen et nytt produkt vil kunne plasseres i markedssegmentet «opphengssystem for toalettruller på HC-toalett».

Konkurrentkartlegging

Konkurrentkartlegging er en kartleggende metode som søker å få oversikt over konkurrenter i markedet og deres styrker og svakheter. Formålet med kartleggingen er å analysere tjenester og

løsninger, slik at man kan relatere og implementere nye idéer i eget produkt. Idéutviklingsboken *Nyskapning* foreslår en inndeling i 3 konkurrentkategorier: 1) *Hovedkonkurrenter i samme markedssegment*, 2) *Sidekonkurrenter i enkelte markedssegmenter* og 3) *Ressurskonkurrenter utenfor markedssegmentet*. Konkurrenter i de ulike kategoriene føres opp fortløpende og snevres deretter inn ved å streke under noen fremtredende konkurrenter innenfor hver kategori. De understekte konkurrentenes styrker og svakheter analyseres med konkrete eksempler som er relevante, og som kan knyttes til eget prosjekt. Deltakere fører opp en liste over overførbare punkter som skal brukes i videre arbeid. Særlig i henhold til markeder deltakerne ikke er kjent med fra før, kan metoden hjelpe deltakerne forstå suksesskriterier og fallgruver innen markedet. Virkningsgraden av metoden avhenger av hvor overførbare analysepunktene er til eget prosjekt, og i hvor stor grad deltakerne klarer å implementere forslagene videre i arbeidet (Lerdahl, 2017, s. 54).

SWOT-analyse

SWOT-analyse er et verktøy som tar utgangspunkt i analyse av et produkt eller løsningsforslag. Analysen brukes ofte om eksisterende produkter man ønsker å forbedre, men er like relevant ved ønsker om å introdusere et nytt produkt inn i et marked. Verktøyet gjør at man enkelt får oversikt over markedet og produktet, og dets markedspotensial. SWOT står for *Strengths* (styrker), *Weaknesses* (svakheter), *Opportunities* (Muligheter) og *Threats* (trusler). Metoden gir ikke bare en indikasjon på hvor produktet ligger på markedet, men kan gi føringer i idéutviklingsprosessen (Lerdahl, 2018, s. 75-76).

4.3 Kartlegging av brukerens behov

Kartlegging av brukergruppens behov er essensielt før selve utviklingsprosessen starter. På denne måten sikres det at idéer utvikles med brukerens behov i fokus fra start. Det er viktig å leve seg inn i og forstå brukernes problem og situasjon, slik at utviklede løsninger dekker faktiske behov. Ofte er det lett å tro at man kjenner til og vet behovene til brukeren, men realiteten er ikke slik før tett samhandling med brukere. Med bakgrunn i dette er det tatt i bruk kvalitative og kvantitative metoder for innhenting av informasjon, slik at behovene blir opplyst i

tilstrekkelig grad. Slik vil brukernes verdier og behov være med på å styre idéutviklingsprosessen, og sørge for at endelig produkt har nytteverdi og markedspotensial. Det er innhentet relevant informasjon basert på metoden i boken *Slagkraft*, s. 74.

4.3.1 Kvantitative metoder

Kvantitative metoder brukes ved innsamling av kvantitative data, i form av tall og samles ofte inn i store mengder. Det tas i bruk et strukturert skjema av alle enhetene i studiet, etter ferdig utspørring henter man som regel ut statistiske resultater. På generell basis er kvaliteten til kvantitative data uttrykt i form av reliabilitet og validitet, og står ofte svakere enn kvalitativ data (Grønmo, 2021).

Spørreundersøkelse

Gruppen har utarbeidet en spørreundersøkelse som søker å samle inn opplevelser og utfordringer knyttet til problemstillingen. I henhold til retningslinjene til *Norsk Senter for Forskningsdata* er spørreundersøkelsen å anses som anonym, og vil bli utdelt til foreninger som selv tar ansvar for hvordan undersøkelsen deles og håndteres i henhold til personvern ved innhenting av svar. Spørreundersøkelser er en kvantitativ metode som søker svar fra mange brukere, og innhenter statistikk på enkle spørsmål til brukergruppen fremfor utdypende svar (Norsk Senter for Forskningsdata, u.å).

I etterlysning av respondenter til spørreundersøkelsen, er det søkt etter representative brukere, med ulike forutsetninger og nedsettelse knyttet til mobilitet og syn. Bidragene til mennesker med ulik bakgrunn og ulike språklige ferdigheter, vil også anses som viktig, da intuitivt bruk står sentralt, samt «like muligheter for bruk» og «fleksibel i bruk».

4.3.2 Kvalitative metoder

Kvalitative metoder omfatter som regel data som er samlet inn gjennom tekst, i motsetning til kvantitativ data som forekommer i form av tall. Samtidig er det snakk om at kvalitative studier gjerne omfatter få enheter, der mye data samles inn fra hver enhet. Det er flere kvalitative metoder som kan brukes for innsamling av kvalitative data i henhold til brukerens behov. I denne oppgaven er det flere som har vært aktuelle og vært med på å drive idéutviklingen frem til ferdig

produktkonsept. Etter bruk av de ulike metodene, har gruppen samlet inn data i form av notater, som i ettertid er analysert og tolket. Kvalitative metoder gruppen har tatt i bruk er blant annet empatiøvelser, dybdeintervju og brukertesting (Grønmo, 2020).

Empatiøvelser

Empatiøvelser er en innsiktsmetode som gir bedre forståelse for andre personers situasjon. Metoden gjennomføres ved å benytte ulike rekvisitter som kan hindre motoriske eller sensoriske funksjoner. Simulering av synsnedsettelse og motoriske nedsettelse kan eksempelvis gjøres gjennom bruk av bind for øynene, sammenkobling av fingre ved hjelp av teip eller knapper festet på fingerledd. Formålet med metoden er å få innsikt i tilpasningsteknikker og mestringsstrategier som brukes av personer med lignende funksjonsnedsettelse. Ved bruk av empatiøvelser erfares funksjonsnedsettelse på et dypere nivå enn ved teoretiske øvelser eller spekulative metoder. Likevel er det viktig å huske at man ikke kan erfare situasjonen identisk til hvordan en person med en funksjonsnedsettelse opplever den, over tid. Personer som har levd med en funksjonsnedsettelse over lengre perioder av livet kjenner gjerne til flere tilpasningsteknikker og har et helt annet grunnlag i slike situasjoner. Simuleringen vil aldri kunne reflektere hele brukeropplevelsen, og dialog med personer i brukergruppen vil dermed være svært nyttig for tips til utførelsen av øvelsen. Empatiøvelser gir et innblikk i brukers perspektiv, men kan ikke erstatte dypere undersøkelsesmetoder som dybdeintervju med brukeren selv (Nicolle og Maguire, 2019).

Dybdeintervju

I oppgavens startfase er det tatt i bruk «dybdeintervju» fra boken *Slagkraft*, s. 80-81.

Dybdeintervju er en kvalitativ metode som avdekker behov og gir innsikt rundt et tema/problemstilling. Et slikt intervju gjennomføres hovedsakelig med én og én person om gangen, der man søker å forstå problemstillingen gjennom å stille åpne spørsmål.

Intervjuobjektet trenger ikke nødvendigvis være brukere av selve produktet, men aktører med kunnskap eller erfaring om problemstillingen. Metoden bidrar til klarhet rundt muligheter og/eller begrensninger ved selve problemet man ønsker å løse, og danner rammene til den kreative prosessen. Dette i form av en produktspesifikasjon, formulert i kapittel 1.8 *Rammer for oppgaven*.

I metoden beskrevet av Lerdahl, tas det utgangspunkt i åpne spørsmål, slik at personen som blir intervjuet kan snakke fritt rundt temaet og foreslå løsninger som kanskje ikke er tenkt på før. På forhånd av et dybdeintervju er det viktig med utforming av en intervjumal, som inkluderer spørsmål som er relevante for problemstillingen og danner assosiasjoner hos personen som blir intervjuet. Slik vil intervjuet ha en klar retning og rammeverk for hvilke temaer som skal tas opp, og det er lettere å få svar på emner man ikke vet svaret på.

Når det kommer til selve intervjudelen, er det særdeles viktig å forklare i forkant hva formålet til intervjuet er, og hvordan informasjonen vil bli tatt i bruk. Dersom intervjuet ikke skal anonymiseres, må eventuelt meldeskjema sendes inn til NSD (Norsk senter for forskningsdata). Særlig i intervju som tar for seg personsensitive temaer, er det viktig at personen føler seg komfortabel med å dele informasjon om personlige temaer. Det er viktig å fremheve det faktum at man ikke kommer til å misbruke informasjonen man henter inn. I forkant av intervjuet kan det være hensiktsmessig å forklare temaer som vil bli tatt for seg, slik at de som blir intervjuet kan danne seg et bilde over hvor lenge intervjuet vil vare. Intervjumalen brukes som et utgangspunkt, men det er ikke en absolutt mal. Det er viktig å sørge for at man oppklarer usikkerheter underveis gjennom oppfølgende spørsmål rundt interessante og relevante temaer (Lerdahl, 2018, s. 81).

Dybdeintervju som metode sørger for inkludering av brukergruppen fra start, noe helt sentralt i metoden for menneskesentrert design av DOGA. For en optimal løsning i forhold til universell utforming, er det også viktig med samhandling med reelle brukere. Inkludering av brukergruppen fra begynnelsen vil ha positiv innvirkning på prosessen, og sørge for at ferdigutviklet løsning tilfredsstillende faktiske behov og forventninger hos brukergruppen.

4.4 Idéutvikling

Prosesen har vært preget av mange metoder for idégenerering, for å komme frem til nye, både realistiske og mindre realistiske ideer. I de innledende divergerende fasene var fokus å ha en åpen idéutviklingsprosess, der ingen løsninger ble utelukket fullstendig. Innledende skisser tar derfor for seg idéutvikling av de ulike separate delkomponentene til et opphengssystem for toalettrull, både armlene, oppheng med festemekanisme og selve sylindret en toalettrull henger

på. Med en åpen prosess fikk gruppen generert flest mulig ideer, uten krav om at løsningen måtte være fullstendig eller kun én spesifikk ting. Avgjørelser ble tatt underveis med bakgrunn i ulike idéutviklingsmetoder, som skal presenteres i dette kapitlet.

4.4.1 Tegnebasert idéutvikling

Tegnebasert idéutvikling er en fellesbetegnelse for idéutviklingsmetoder som tar utgangspunkt i tegning og tilfeldige streker og former. Slike metoder skiller seg fra brainstormings-, vrengnings- og koblingsmetoder ved at man jobber på et mer konkret abstraksjonsnivå, det prinsipielle nivået, i den visjonsbaserte modellen.

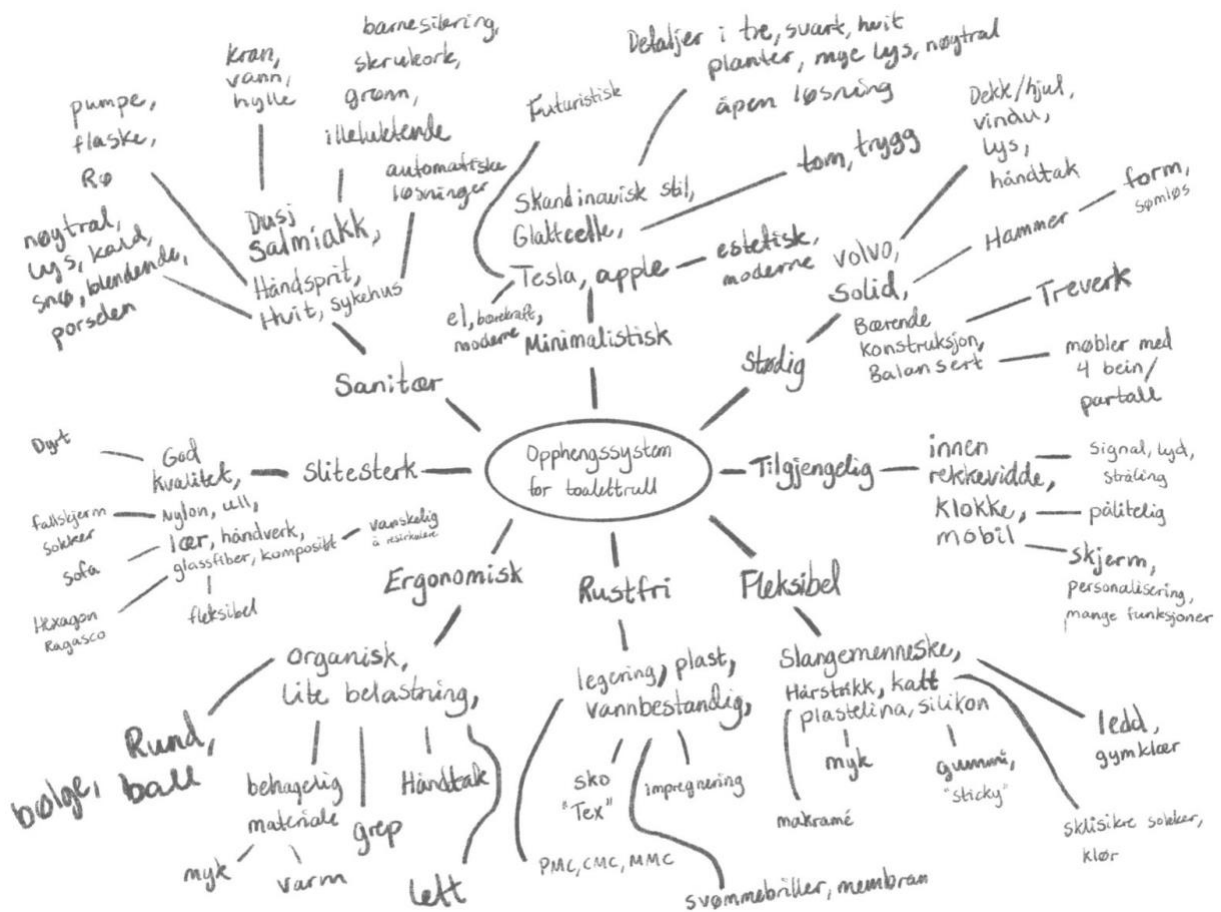
Skissering av ideer er til stor hjelp i seg selv, når det kommer til å få økt innsikt i oppgaven, eller til å få frem nye assosiasjoner og ideer. Nedtegning av ideer gir en forståelse for kompleksiteten til et tema, og tilfeldigheter i tegningene gjør gjerne at nye ideer får opphav. Underveis er det viktig å notere seg stikkord til ideene, slik at man øker refleksjon og setter i gang en ny tankeprosess. Skissering er en metode som brukes aktivt i alle de ulike divergente og konvergente fasene i prosessen mot sluttkonsept (Lerdahl, 2018, s. 176-177).

I tidlige faser med skissering betraktes tegninger kun som åpne forslag og de har en røffhet over seg. Grovhet i skissene gjør ideene lettere å diskutere, fremfor skisser som ser helt ferdige ut. Slik kan man la seg inspirere og tolke skissene på ulike måter som fremmer flere ideer. Senere i idéutviklingsprosessen derimot er det mer relevant å arbeide med detaljerte skisser. Siden man på dette stadiet har tatt noen avgjørelser til design og hvordan det skal plasseres i rommet. For bedre visualisering av ideene, kan det blant annet være nyttig å tegne romlige skisser, som tar betraktning til miljø, bruker og ulike brukssituasjoner (Lerdahl, 2018, s. 176-177).

Egenskapskobling

Egenskapskobling foretas på det kontekstuelle nivået i den visjonsbaserte modellen tidligere nevnt og forsøker å bidra til nye ideer gjennom å tenke abstrakt, uten en spesifikk løsning i tankene. Det handler om å se utelukkende på selve egenskapene til et produkt og ikke produktet i seg selv. Først lister man opp egenskaper ved det aktuelle produktet, deretter finner man andre produkter med tilsvarende egenskaper og assosiasjonsord som beskriver egenskapene. Alle egenskaper og assosiasjoner skrives inn i et tankekart. Bruk av metoden er benyttet i tidlige

utforskende faser i idéutviklingsprosessen, for å få inspirasjon til fjerne koblinger og nye ideer (Lerdahl, 2018, s. 155-156).



Figur 11 - Egenskapskobling (Selvillustrert tankekart, 2022)

Brainwriting pool

For idéutvikling i grupper er brainwriting pool-metoden veldig relevant å ta i bruk. *Brainwriting pool* handler om rask skissering eller nedskrivning av ideer, som deretter skal videreutvikles av de andre medlemmene på gruppen. Først og fremst skisseres ulike ideer på blanke ark, deretter skal deltagerne på gruppen forsøke å tegne inn nye elementer på disse tegningene. Idéene trenger ikke nødvendigvis å være visuelle, men kan skrives ned i form av tekst. Det handler om å skrive ned assosiasjoner og/eller tegne nye idéer ved de idéene man finner inspirerende. Metoden er

ypperlig å ta i bruk etter å ha arbeidet lenge i stillhet, da metoden både er praktisk og sosial (Lerdahl, 2018, s.130-132).

Kombinasjon av delelementer

Kombinasjon av delelementer er en metode som deler en eksisterende løsning, inn i mange delelementer for å finne nye alternativer til sammensetninger. Det handler altså om å koble sammen og kombinere de prinsipielle delelementene ved en løsning på helt nye måter. Metoden er særlig aktuell dersom man ikke har tenkt på en bestemt form, og ønsker å utforske mulighetene for hvordan delelementer kan settes sammen. Det kan også være nyttig å ta i bruk kombinasjon av delelementer når oppgaven er kompleks. Utvikling av et opphengssystem for toalettruller er ikke nødvendigvis et komplekst produkt, men siden det allerede finnes mange løsninger kan det være vanskelig å utvikle helt nye løsninger (Lerdahl, 2018, s. 163 og 169).

Idégenerering på delelementer

Det er brukt en versjon av metoden «idégenerering på delelementer» fra *Nyskapning* av Lerdahl, for dekomponering av produktet. Metoden brukes ved å dele en eksisterende løsning inn i delkomponenter, deretter søker man etter nye ideer for hver enkelt del. Slik får man mange variasjoner og kombinasjonsmuligheter (Lerdahl, 2017, s. 138).

4.4.2 Sansebasert idéutvikling

Utforskning med materialer

Utforskning med materialer er en konkret metode på det materielle nivået i den visjonsbaserte modellen. Metoden er hentet fra *Slagkraft*, s. 188-189, og handler om utforskning og sammensetning av ulike småting for å finne nye ideer. Metoden går ut på at man har mange tilfeldige materialer og ting som man setter sammen i ulike kombinasjoner. Slik får man interagert med løsningen på en helt ny måte, sammenlignet med de tidligere nevnte metodene der man arbeider to-dimensjonalt, og ikke med et fysisk produkt. Ved utprøving av ulike sammensetninger, får man nye taktile og sanselige opplevelser. Metoden kan brukes i ulike

stadier i et prosjekt, men det er en fordel å ha en viss formening om hvordan produkt man ønsker å utvikle.



Figur 12 - Samling av tilfeldige materialer (Selillustrert foto, 2022)

4.5 Evaluering og utvelgelse av ideer

I en prosess er det viktig å sette av tid til utvelgelse og evaluering av idéer, slik at man sørger for at prosessen resulterer i en idé som svarer på problemstillingen. Faren ved å ikke gjennomføre en omfattende evaluering kan være at endelig løsning ikke tilfredsstiller behov hos brukeren eller at løsningen kan feile ved implementering (Lerdahl, 2017, s. 168). Evaluering av ideer foregår gjennom hele prosessen, både internt i gruppen og eksternt. Tilbakemelding fra eksterne parter er særlig viktig, fordi man kan se seg blind på det man selv utvikler. Dette kapitlet tar for seg noen av utvelgelsesmetodene som er tatt i bruk underveis. I evaluering av ideer er det viktig å analysere negative og positive aspekter, sammenligne med suksesskriterier og sørge for at ideen tilfredsstiller problemet man ønsker å løse. Kun på denne måten vil endelig resultat tilfredsstille problemstillingen og faktiske behov.

4.5.1 Finne sin favoritt

Finne sin favoritt er en metode som tas i bruk i grupper for å finne de foretrukne løsningene blant et utvalg skisser. Metoden er best å ta i bruk når man ikke har altfor mange idéer å velge mellom, så det lønner seg å foreta analyser og å sile ut ideer på forhånd slik at man har begrenset utvalg skisser å velge mellom. I gruppen settes egne krav for utvelgelse, og det er viktig at alle ideer er synlig for alle gruppe-medlemmer. Selve utvelgelsen foregår hver for seg, der hvert gruppe-medlem velger sine personlige favoritter. I etterkant av utvelgelsen handler det om å presentere argumentene for de ulike løsningene, som deretter argumenteres innad i gruppen. Basert på favorittkartleggingen velger gruppen å gå videre med enten én eller flere idéer (Lerdahl, 2017, s. 176-177).

4.5.2 Negativ brainstorming

Negativ brainstorming er en metode som benyttes for å lokalisere og presisere svakhetene ved en idé. Deltakere skal bevisst se etter alle mulige negative scenarioer og fallgruver ved implementering av idéen. Metoden søker spesielt å bringe frem skjulte svakheter og utfordringer som vanligvis ville blitt feid under teppet. Punktvis skal deltakerne gå gjennom fallgruvene og komme med forslag og løsninger til fallgruvene (Lerdahl, 2017, s. 174).

4.5.3 Markørmetoden

Markørmetoden er en evalueringsmetode for idéer, som søker å sortere ut og organisere idéer ved å sette et symbol ved hver idé; et «+» tilsvarer en idé man liker og som har potensiale, et «?» er en idé som muligens kan bli interessant, et «!» betyr at idéen er interessant som inspirasjon videre og et «-» settes på idéer som skal forkastes. Valgt tegn bør samsvare noe med gruppens visjon og krav for løsningen. Tegnene settes individuelt for å få frem hvert medlems perspektiv på potensiale og utfordringer til idéen, og gruppen kan deretter diskutere sammen for å få frem ulike synspunkter. Ideene sorteres deretter inn i kategorier basert på symbolene. Ved sortering av idéene bør ikke mengden tegn være den avgjørende faktoren, men resultat av diskusjonen som følger. Urealistiske og kreative løsninger kan fremdeles være gode inspirasjoner og tas med videre i utviklingsprosessen. Sorteringen kan videre deles inn i bunker med idéer som virker

realistiske og/eller urealistiske. Bearbeiding i etterkant burde søke å identifisere det som utløser magesfølelsen og omgjøre det urealistiske til noe logisk (Lerdahl, 2018, s. 134-135).

4.5.4 Barometerrangering

Barometerrangering er en metode for utvelgelse av idéer der gruppen skal rangere idéene i et barometer basert på magesfølelse og verbal diskusjon (Lerdahl, 2018, s. 235). Barometeret rangeres fra den mest lovende idéen og nedover til den minst lovende idéen. Gruppen bestemmer selv hvilke kriterier som skal tas i bruk ved rangering, men vanlige kriterier kan være realiserbarhet, markedspotensial, relevans til gruppen og innovasjon. Hver deltaker plasserer en idé individuelt langs barometeret, med en forklaring på plasseringer, helt til det går tomt for idéer. Gruppen diskuterer deretter hver rangering på barometeret og kommer til enighet om et endelig barometer. Den endelige rangeringen skal kunne vise hvilke idéer som står sterkt i gruppen og vil ofte vise et mønster av hvilke elementer som rangeres sterkt og svakt.

Metoden skaper diskusjon blant gruppedeltakerne og tvinger individene til å vurdere styrker og svakheter på idéer opp mot hverandre. En av svakheten ved metoden er at vurderingskriterier kan være vanskelige å definere og få alle medlemmene til å vekte likt. Sterke meninger i gruppen vil få større innflytelse og påvirke gruppens felles rangering av idéen, men skaper også godt grunnlag for diskusjon. Underveis i diskusjonen er det viktig å notere ned nøkkelargumenter da disse lett kan glemmes senere.

4.5.5 Diagrambasert evaluering

I Nyskapning, s. 182-183, presenteres en metode for evaluering av ideer/konsepter, *diagrambasert evaluering*. Denne metoden evaluerer ideer opp mot kriterier som settes inn i et diagram, ved varierende viktighet blant kravene vekter man kriteriene som en del av diagrammet. Basert på sluttsammen til de ulike ideene kan man sammenligne og ta en beslutning. Hver idé man fortar en vurdering av gis poeng fra 1 til 5, der 1 står for svakt og 5 for sterkt. Deretter vektet kravene fra 1 til 3, der 1 står for mindre viktig krav og 3 er absolutte krav. Basert på tallene som fylles inn i diagrammet, sitter man igjen med en total poengsum og en total vektet poengsum. Metoden gir dermed en indikasjon på ideer med lavest og høyest poengsum.

4.5.6 Brukertestning

Før implementering av endelig løsning er det kritisk å gjennomføre brukertestning av løsningen med faktiske sluttbrukere. Ofte ser man seg blind i idéutviklingsprosessen, og det er lett å overse kritiske suksessfaktorer. Særlig når løsningen skal tilfredsstillere behovene til mennesker annerledes enn oss selv, er det vanskelig å utvikle en optimal løsning uten deres tilbakemeldinger. Gjennom brukertestning får man avdekket eventuelle problemområder, særlig knyttet til brukervennlighet, slik at man kan iverksette endringer før det er for seint og irreversibelt. Dersom en løsning ikke tilfredsstillere behovene til brukergruppen, vil den slå dårlig an på markedet og hos sluttbrukerne. Det er hentet tips fra boken *Nyskapning*, s. 186-188, til hvordan brukertestning kan gjennomføres på en god måte, som senere i prosessen er iverksatt med faktiske brukere. Gjennomføring av brukertestning kan være et sensitivt tema, særlig i henhold til denne oppgaven, og det er særdeles viktig at brukeren føler seg komfortabel slik at ærlige synspunkter kommer frem. I tillegg er det høflig å tilby noe mat og drikke, da testobjektene hjelper til og bidrar til nyttig innsikt. Resultat fra brukertestning presenteres senere i rapporten, i kapittel 5.8.3 Sesjon med reelle brukere.



Figur 13 - Enkel servering ved brukertestning (Selvillustrert foto, 2022)

4.6 Modellbasert idéutvikling

Sentralt i enhver idéutviklingsprosess er utforming av noe som fysisk representerer løsningen, i form av modeller og prototyper. Fysisk representasjon er svært viktig da det gir økt forståelse for

skisser som tidligere kun har vært to-dimensjonale. Ofte er det store ulikheter mellom den teoretiske ideen og faktisk utførelse av ideen i praksis. Praksis bearbeiding av ideer gir nye synspunkter, og bedre forståelse for styrker og begrensninger ved løsningen som en kanskje ikke er avdekket gjennom tidligere mer teoretiske faser. Det er også lettere å finne måter til hvordan ideer kan løses praktisk og implementeres (Lerdahl, 2018, s. 189). Det finnes ulike modeller for modellbasert idéutvikling, og de gjennomføres gjerne ved ulike stadier i prosjektet med ulik grad av detaljer. Noen former for modellbasert idéutvikling er «skissemodell», «funksjonsmodell» og «rapid prototyping».

4.6.1 Skissemodell

Skissemodeller er enkle modeller som konstrueres raskt under idésesjoner i gruppen. Hensikten med modelleringen er at de skal lages kjapt og udetaljert, som en skisse, for å vise form på ideen uten å falle ut av idégenereringsprosessen. Ved bruk av metoden bør man bruke materialer som er enkle å forme og endre, slik som papp eller leire, slik at utforming ikke tar for lang tid. På denne måten kan alle deltakere raskt bistå med endringer i skissen basert på nye ideer/innspill. Skissemodellering er en god metode ved konkretisering av ideer, da man gjennom fysisk representasjon av idéer enkelt kan reflektere rundt form og funksjon. Dessuten tar det kort tid å gjennomføre metoden, slik at man raskt får satt i gang diskusjon for å fremme idégenerering mot ferdig konsept (Lerdahl, 2018, s. 190).

4.6.2 Rapid prototyping

Rapid prototyping er en metodikk som tar i bruk datamodeller for hurtig generering av modeller. Det genereres datamodeller med detaljerte og nøyaktige spesifikasjoner, deretter produseres det tredimensjonale produktet gjennom rapid prototyping. Datamodellering gir store muligheter for detaljarbeid og raske modifikasjoner av modellen, deretter gjør rapid prototyping modellen fysisk, altså mulig å se og føle på. Det er sentralt å kunne føle og teste de taktile egenskapene og de ergonomiske aspektene ved produktet, men også å teste om funksjoner og utseende er slik det var uttenkt (Lerdahl, 2018, s. 190).

Additiv tilvirkning, i form av 3D-printing, er blitt svært utbredt og benyttes ofte til å printe datamodeller i ulike plastmaterialer. 3D-printing tilbyr et bredt fargevalg, valg av infill i

produktet, og generelt store friheter til hvordan den fysiske representasjonen av datamodellen skal se ut. 3D-printing gir derimot en irreversibel form, og det må lages en ny modell dersom man ønsker å justere designet. Dette kan gi høy kostnad ved behov for flere modeller og varianter. Dessuten kan 3D-printing ta lang tid om man har en høy prosent med infill i den strukturelle formen. Rapid prototyping i materialer som tre og metall, fremkalles gjerne gjennom produksjonsmetoder som CNC fresing og CNC dreining, også basert på en datamodell. Ved hjelp av 3D-scanning er det også mulig å overføre data om et produkt over til en datamodell som deretter kan justeres i dataprogrammet (Lerdahl, 2018, s. 190).

4.6.3 Funksjonsmodell eller mock-up

Funksjonsmodell eller *mock-up* er fullskala modeller med fungerende funksjonalitet. Intensjonen med en slik modell er å vise frem tekniske muligheter og funksjoner i den grad at modellen kan testes av brukere. Modellen bidrar til, avdekking av problematikk ved funksjonelle aspekter, samt testing av ergonomiske aspekter ved løsningen. Materialbruk og utseende behøver ikke være slik endelig konsept er uttenkt, men funksjonalitet og ergonomi må utformes detaljert nok til at testing er hensiktsmessig. Ved testing kan modellen plasseres i bruksscenarier for forståelse av sammenhengen mellom produkt, bruker og funksjon. I tillegg er det foretrukne at testpersonene er uten forkunnskaper om funksjonen til produktet, for å teste om løsningen er intuitiv (Lerdahl, 2018, s. 190).

4.7 FMEA-analyse

Feilmodus og effektanalyse er et verktøy som brukes for å analysere potensielle årsaker og effekter av feil i et system eller av en funksjon. Komponenter og delsystemer brytes ned til individuelle deler og analyseres hver for seg for mulige feil som kan oppstå. Feil analyseres for hovedårsaker og hvilken effekt disse vil føre til, og bedømmes ut ifra dette hva sannsynligheten er for at feilen oppstår, hvor alvorlig feilen er og hvor høy prioritering det skal være på å rydde opp i feilen. Analysen kan i retrospekt benyttes for å vurdere kvalitet og pålitelighet i komponenter/systemer, gjennom identifisering av mulige løsninger eller tiltak som må settes til verks (Forrest, u.å).

5 Resultat

Basert på informasjonshenting i kapitlene; 2 teori, 3 case/materialer og 4 Metode, vil kapittel 5 Resultat presentere funnene som har hatt størst påvirkning på utviklingsprosessen og endelig konsept. Mindre relevante funn ligger i vedlegg, slik er det er fullt mulig å få innblikk i hele utviklingsarbeidet om ønskelig. Resultatene bygger hovedsakelig på kapittel 4 Metode, hvordan gruppen har anvendt de ulike metodene med bakgrunn i teori, og hvilke resultater det har gitt underveis. Avslutningsvis i kapitlet vil endelig konsept for opphengssystem for toalettruller presenteres, med endelig formuttrykk og funksjonalitet som er tenkt i løsningen.

5.1 Kartlegging av marked

Kartlegging er sentralt i innledende faser i en utviklingsprosess, da det legger grunnlaget for problemformuleringen og visjon for selve prosjektet. Det er kun med grundig kartlegging av behov at man kan utvikle et suksessfullt produkt. I henhold til CPS-metoden er kartlegging av marked en del av steg 2) Søk fakta.



Figur 14 - CPS-metoden, 2) Søk fakta (Isaksen, 2022)

Konkurrentkartlegging

Ved bruk av konkurrentkartlegging fikk gruppen etablert en bedre oversikt over eksisterende marked, ikke bare innenfor én og samme markedssegment, men også over konkurrenter som er utenfor markedssegmentet. Metoden kategoriserer etter 1) Hovedkonkurrenter i samme markedssegment, 2) Sidekonkurrenter i enkelte markedssegmenter og 3) Ressurskonkurrenter utenfor markedssegmentet. Gruppen tolket disse definisjonene slik; hovedkonkurrenter er virksomheter som kun tilbyr samme type produkter, sidekonkurrenter er virksomheter som selger

toalettrullholdere som en del av deres sortiment, og ressurskonkurrenter er virksomheter som ikke nødvendigvis selger samme type produkt, men selger andre typer produkter som kan brukes til samme bruksområde.

Hovedkonkurrenter:	Sidekonkurrenter:	Ressurskonkurrenter:
<u>Hjelpemiddelsentralen</u> Tork Katrin Sono Porsgrund Gustavsberg Provang Pressalit ifö	Jula Obs bygg Clas Ohlson <u>Ikea</u> Biltema Jernia Jysk Skeidar Rusta Maxbo Byggekammer Flisekompaniet Right Price tiles Bade miljø Ting Nordic Nest Royal Design	Kitch'in /til bords Blomsterbutikk Bohus A-møbler Møbelringen Kremmerhuset Fagmøbler Feel Power Nille Elkjøp Lagerhaus <u>Jotex</u> Ellos <u>Kid</u> Kiil Princess

Figur 15 - Konkurrentkartlegging (Selvillustrert tegning, 2022)

Figur 15 illustrerer de ulike konkurrentene gruppen har satt opp i forhold til «opphegssystem for toalettruller på HC-toalett», de bedriftene gruppen ønsket å utforske nærmere er understreket. De understrekte er konkurrenter gruppen assosierer som gode innenfor sitt fagfelt eller generelt interessante. Gruppen analyserte deretter de understrekte konkurrentene ved å liste opp styrker og svakheter ved dem, deretter konkretiserte vi disse aspektene gjennom eksempler. Nedenfor er analyse av hovedkonkurrenten Hjelpemiddelsentralen (NAV), med styrker og svakheter, og med eksempler på hva de tilbyr og ikke. Hjelpemiddelsentralen er satt opp som en hovedkonkurrent, nettopp fordi de tilbyr hjelpemidler til personer med nedsatt funksjonsevne. Dersom gruppens endelige produkt skal realiseres er det en reell mulighet for at produktet blir en del av sortimentet til Hjelpemiddelsentralen. For metoden i sin helhet, se Vedlegg 4.1.

Hjelpemiddelsentralen (NAV)	
<p>Styrker:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Stort utvalg av ulike hjelpemidler. - Spesifiserte produkter. - Finansiering ved dokumenterte behov. - Funksjonelt. - Erfaring med funksjonsnedsettelse. 	<p>Svakheter:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Estetikk, institusjonsfølelse, lite personlig. - Stigmatiserende. - Lang ventetid på søknader. - Produkter kan være brukt og slitt. - Får ikke støtte til forebyggende hjelpemidler.
<p>Eksempler:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Har hjelpemidler innen de fleste målgrupper, f.eks. syn, hørsel, mobilitet, kognisjon osv. - Har spesifikke produkter innenfor hver målgruppe, f.eks. innen syn; utvalg briller, belysning, klokker, lesemaskiner, personvekter osv. - Dokumenterte behov, som f.eks. plattfot gjør at man kan få deler av beløp dekket ved kjøp av sko/såler. - Produkter som f.eks. briller, linsener og fotstørrelsesglass, tilfredsstillende behov og sørger for at bruker ser bedre. 	<p>Eksempler:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Klumpete design som ikke passer inn i en vanlig husholdning. - Utseende som minner om institusjon gjør at brukeren kan føle seg mer «syk» enn tilfellet. Kan derfor skape unødvendig stigma. - Kommunal virksomhet gjør at søknader må gjennom mange steg, og tar derfor lang tid. - Man låner ofte produktene i en periode, og produktene kan derfor være slitt/brukt når de mottas av bruker. - Vanskelig å få støtte til forebyggende produkter, ettersom det er vanskelig å dokumentere slike behov.

Tabell 4 - Konkurrentkartlegging av Hjelpemiddeldatabasen (Selvillustrert tabell, 2022)

SWOT-analyse

Det er utarbeidet en SWOT-analyse for kartlegging av allerede eksisterende løsninger for toalettppapirholdere. En slik analyse er svært nyttig ved av at den belyser svakheter og styrker ved eksisterende løsninger, samt får frem aspekter som muligens kan forbedres ved en ny løsning. Trusler er aspekter som kan ha negativ påvirkning på løsningen og implementering av den.

Styrker: <ul style="list-style-type: none">- Rimelig- Intuitiv- Enkel utforming/hygienisk- Enkel å montere- Slitesterk	Svakheter: <ul style="list-style-type: none">- Dårlig fleksibilitet- Toalettrullen har lett for å falle av- Dårlig friksjon ved rotering av toalettrull/vanskeligheter for å ta av dopapir- Uheldig plassering- Ikke optimal kontrast- Mangel på standardisert løsninger
Muligheter: <ul style="list-style-type: none">- Brukersentrert design- Mer fleksibilitet- Hygiene- Kontrast- Ergonomi- Formuttrykk- Materialvalg- Universell utforming som inkluderer flere- Bedre festemekanisme	Trusler: <ul style="list-style-type: none">- Pris- Lover og regler (offentlig sektor følger kun minimumskrav for UU, og er ikke villig til å investere penger i løsninger som er mer enn minimumskravene)- Høye krav til slitasje/belastning- Mange ulike romløsninger, vanskelig med 1 standardisert løsning.- Mange konkurrenter

Tabell 5 - SWOT-analyse (Selvillustrert tabell, 2022)

SWOT-analysen er utarbeidet i henhold til markedssegmentet «opphengssystem for toalettruller på HC-toalett». Bakgrunn for analysen er resultater fra konkurrentkartlegging, men også tidligere erfaringer og den kvantitative undersøkelsen foretatt i starten av prosjektet.

Funn fra analysen illustreres i tabell 5. Aspekter gruppen særlig ser forbedringspotensialer ved er hvordan man kan utvikle en mer universelt utformet løsning, med bakgrunn i brukersentrert design. Dette innebærer blant annet bedre fleksibilitet, ergonomi og kontrast sammenlignet med andre konkurrenter innenfor samme markedssegment. Samtidig er det ønskelig å finne frem til billige alternativer til materialer og produksjon, uten at det går ut over funksjon og styrke. Dette er en nødvendighet, for at produktet ikke skal bli utkonkurrert på grunn av billigere alternativer.

«Opphengssystemer for toaletttruller på HC-toalett» er et marked med mange konkurrenter, det er derfor viktig å utvikle en nytenkende løsning som skiller seg fra andre eksisterende løsninger. En kombinasjon av brukersentrert design og lav kostnad for eventuelle innkjøp til publikumsbygg er derfor sentralt. Basert på statistikken tidligere i rapporten er det også ofte slik at personer med nedsatt funksjonsevne har dårligere økonomi enn andre på grunn av store utgifter, det er derfor viktig å utvikle en løsning som er realistisk for brukere å kunne kjøpe. Likevel er det viktig at løsningen opprettholder kravene satt, og ikke minst er av høy kvalitet og har lang levetid.

5.2 Kartlegging av eksisterende løsninger

I henhold til CPS-metoden er kartlegging av eksisterende løsninger en del av steg 2) *Søk fakta*. Kapitlet er ikke nødvendigvis basert på fakta, men kartleggingen vil gi nødvendig forståelse av situasjonen som kreves for å kunne gi en beskrivelse av situasjonen.

5.2.1 Montering av eksisterende armlener

Gjennom markedsanalyse av eksisterende løsninger, har gruppen funnet at det er to hovedkategorier armlener; 1) Veggmonterte armlener, og 2) Toalettmonterte armlener. Kategoriene har ulike egenskaper som gir både ulemper og fordeler ved bruk.

Veggmonterte armlener har større fleksibilitet i plassering ettersom toalettskålen i seg selv ikke er en bestemmende faktor for montering. Montering til vegg gir et flatt underlag med godt feste, og kan plasseres i valgt høyde. Vanligvis monteres de på veggen med 80 – 90 centimeter høyde, og med en avstand på 90 centimeter mellom armlene og vegg. Ettersom montering skjer på veggen bak toalettet, er veggmonterte armlener lenger enn toalettmonterte armlener. Dreiearmen

blir derfor lenger og svakere på ytre punkter. De fleste veggmonterte armlener benytter derfor et ben, eller støttestruktur, som står vinkelrett ned fra et punkt nært armlenets ende. Den vinkelrette geometrien gir god kraftavvikling og skaper en stødig struktur. I henhold til TEK17 må armlener kunne slås sammen opp mot veggen, derfor har de fleste slike løsninger en hengsel som tillater at benet brettes inn mot armlenet. Hengsel kan skape noe mindre stødighet ved at brukeren kan forflytte benet med uhell, i noen løsninger er det derfor montert et festehull i bakken for å sikre benet når armlenet er slått ut. Det hender også at hengslene er fjærbelastet, noe som gir bedre stabilitet i løsningen. Erfaring med slike armlener tilsier derimot at de kan være noe tunge å forflytte opp til veggen. Veggmonterte løsninger kan være svært fleksible og gir mulighet for smarte plassbesparende løsninger for badrom. En ulempe ved slike løsninger er at offentlige bygg ofte kjøper løsninger basert på pris og kan ende opp med armlener som ikke egner seg til toalettet, dette kan være med tanke på utforming, design og funksjonelle deler som ikke passer sammen.

Toalettmonterte armlener er oftest innebygd i toalettet som en komplett løsning, eller fastmontert under toalettsetet. Sammenlignet med veggmonterte løsninger er toalettmonterte løsninger gjerne betydelig vanskeligere å bytte ut, da monteringen er mer kompleks på grunn av materialer og geometri på et toalett. I tillegg virker det som at armlenets høyde er lavere når det er montert til toalettskålen fremfor på veggen. Armlener montert til toalettet vil heller ikke gå helt opp til veggen ved sammenslåing, noe som gjør at en slik løsning tar opp mer plass ved siden av toalettet sammenlignet med vegghengte løsninger. I mange tilfeller kompenseres dette med smalere avstand mellom armlenene, noe som gjør slike løsninger betydelig trangere og smalere enn veggmonterte løsninger. Toalettmonterte armlener benytter heller ikke ben eller støttestrukturer og kan i enkelte tilfeller virke mer ustødige enn veggmonterte armlener. Fordelen med en slik løsning derimot er at løsningen kan komme komplett, hvor dimensjoner, plassering, design og funksjon mellom armlenet og toalettet er samkjørt. Et godt eksempel på dette er en løsning fra *Bano* som benytter et roterbart toalettsete, der armlenet er fastmontert til toalettsetet og vil følge med i rotasjonen for å ikke være i veien for brukeren (Bano, u.å.).

Kontaktperson Jonny Nersveen mente gjennom personlig kommunikasjon at roterbare toalett, eksempelvis Bano sitt toalett, er fremtiden. Slik de roterbare toalettene er utformet til nå er derimot ikke optimale, så det kan være nokså langt inn i fremtiden at dette er en realitet. På en

annen side mente han at veggmonterte løsninger er mest funksjonelle og dekker behovet hos brukere med nedsatt mobilitet best. Høyden til veggmonterte løsninger er ofte bedre, sammenlignet med toalettmonterte løsninger. Grunnen til dette er at mange er avhengig av støtte ved oppreisning fra toalettet, og toalettmonterte løsninger har i en slik sammenheng for lav høyde til å det kan hjelpe med fullstendig oppreisning. Mange publikumsbygg har derimot toalettmonterte løsninger, selv om dette kanskje er en den dårligere løsningen.

5.2.2 Form på eksisterende armlener

I tillegg til ulike typer montering for armlener, er det mange variasjoner armlener med ulik tykkelse, bredde og geometri i begge kategorier. Gruppen har funnet at veggmonterte løsninger ofte er uniforme i utformingen med lik tykkelse langs hele armen, mens toalettmonterte løsninger ofte har et tykkere og/eller flatere område der brukerens arm skal hvile. Observasjon av ulike løsninger tilsier at veggmonterte armlener ofte er rektangulære i formen, og at toalettmonterte armlener ofte er sylindriske med et plastdeksel der armen hviler.

5.2.3 Plassering av opphengssystem

Det er foretatt en analyse av eksisterende løsninger for opphengssystem i publikumsbygg i Gjøvik, for kartlegging av nåværende situasjon. Eksemplene bidrar til illustrasjon av viktigheten av en ny løsning som er mer tilgjengelig og fleksibel.

På figur 16 illustreres HC-toalett på Sørbyen legegruppe, legesenter i Gjøvik. Ved adkomst til toalettet var førsteinntrykket at det var trangt og dårlig med fri gulvplass. Særlig på hver side av toalettet var det mange gjenstander/fastmonterte møbler i veien for ferdsel, særlig i henhold til personer med nedsatt mobilitet. Det var veggmonterte armlener på hver side av toalettet, noe som gir gode muligheter for oppreisning, men disse var ikke utstyrt med opphengssystem for toalettruller. Toalettrullene var plassert i en dispenser på veggen, innenfor 90 cm rekkevidde fra toalettet vel å merke, på venstre side. Selve dispenseren skaper ikke tydelig kontrast med veggen, men den har et kontrollvindu som fremstår mørkere i fargen enn resten av produktet. Generelt en lite fleksibel løsning, man må strekke seg langt til ved bruk. På lik linje som mange andre løsninger var mesteparten av rommet hvitt, med unntak gulvet, noe som er med på å skape kontrast i rommet.



Figur 16 - Dame-, herre-, HC-toalett på Sørbyen legegruppe (Selvillustrert foto, 2022)

På figur 17 illustreres HC-toalett i den nyoppussede delen ved Kafferiet by Fahlstrøm i Gjøvik sentrum. Ved adkomst er førsteinntrykket tilstrekkelig gulvplass i henhold til TEK17, krav om snusirkel tilsvarende en middels stor rullestol. Dette betyr ikke nødvendigvis at det er en god løsning, da det fortsatt kan være utfordrende for personer med større elektriske rullestoler å få tilgang. På en annen side er det fri gulvplass på hver side av toalettet, samtidig er det plassert veggmonterte armlener på hver side av toalettet. På dette toalettet er det derimot ikke montert et opphengssystem for toalettruller i det hele tatt, rullen er tredd inn på et altfor stort armlene. Dette er generelt en veldig dårlig løsning, da rullen sitter fast og mister rotasjon. Det er derimot to gummi forseglinger på undersiden av armlenet noe som tyder på at det er mulig å montere oppheng for toalettrull. Om dette gjennomføres eller ikke, er derimot usikkert. Ofte vil aktører bruke minst mulig penger, slik monteres sjelden gode, universelle løsninger. På en annen side er det sterke tegn i selve utformingen av baderommet, at det er stort fokus på estetikk, og at det er investert penger i at toalettet skal ha gjennomgående estetikk i henhold til resten av bygningen. Når det kommer til kontrastnivå er det betydelig dårligere kontrast mellom armlene/toalettrull og vegg enn for eksempel figur 17, likevel bidrar den spottete veggen til bedre kontrast enn helt hvit bakgrunn.



Figur 17 - HC-toalett på Kafferiet by Fahlstrøm (Selvillustrert foto, 2022)

På figur 18 illustreres en av løsningene for HC-toalett i 1. etasje i Gneis-bygget, på NTNU i Gjøvik. Toalettet er hovedsakelig utformet med nokså mye fri gulvplass på hver side av toalettet, som er hensiktsmessig for mennesker med rullestol eller rullator. Når det kommer til selve armlenene er de fastmontert til toalettsetet, samtidig som det er plassert et selvstendig opphengssystem på et gulvstativ. Generelt kan en slik løsning stenge for mye av gulvplassen, og gjøre fritt areal utilgjengelig, slik figuren viser. Toalettmonterte armlener er i seg selv mindre stødig og har en lavere høyde enn veggmonterte løsninger, dette kan gjøre fastmontering av opphengssystem for toaletttruller trangt. På grunn av dette er det nok gjort tiltak for å få en mer tilgjengelig løsning for toaletttruller, gjennom plassering av en frittstående gulvløsning. Gulvløsninger er derimot upraktiske ved at de først og fremst tar opp plassen, men de kan også bli flyttet til mer ugunstige plasseringer, og gjøre toaletttrullen utilgjengelig for mange brukergrupper.



Figur 18 - HC-toalett, 1. etasje i Gneis-bygget, NTNU i Gjøvik (Selvillustrert foto, 2022)

På figur 19 illustreres HC-toalett på Gjøvik rådhus, som ble pusset opp i 2018. Først og fremst har toalettet tilstrekkelig fri gulvplass i henhold til TEK17. Ved første øyekast skiller særlig kontrastene i rommet seg fra andre romløsninger. På grunn av farger med lav metning på gulv og vegger, har alt fastmontert inventar god kontrast til omgivelsene, noe som er særlig bra med tanke på personer med nedsatt syn. Det er også montert stødige veggmonterte armlener på hver side av toalettet, som tilbyr stødighet ved oppreisning. På en annen side er det ikke montert et opphengssystem for toalettrullen, og rullen er kun tredd inn på armlenet. Sammenlignet med figur 17, sitter ikke toalettrullen like godt fast rundt armlenet, men dette er fortsatt ikke en god løsning. Dorull rundt armlenet behøver større håndbevegelser og er generelt lite stødig og kan gli bortover armlenet ved rotasjon.



Figur 19 - HC-toalett på Gjøvik Rådhus (Selvillustrert foto, 2022)

Figur 20 illustrerer utforming av HC-toalettet på Gjøvik Bibliotek. Først og fremst viser figuren dårlig fri gulvplass på siden av toalettet, og det er mye fastmontert inventar plassert innenfor sonen som gjør tilgang til toalettet mindre tilgjengelig. I henhold til armlenene er de først og fremst to ulike utforminger, noe som gir et lite uniformt estetisk uttrykk, de er derimot montert til veggen og tilbyr dermed god stødighet. Opphengssystemet for toaletttrull er hovedsakelig plassert til venstre på veggen, men det er også tredd en toaletttrull inn på armlenet. Dette gjør det for så vidt mer fleksibelt i bruk, da man kan velge hvilken løsning man ønsker å ta i bruk, men det er overhodet ikke en god løsning. Ikke bare ødelegger oppsettet det estetiske inntrykket, men det er mer informasjon for ulike brukere å ta inn, og det tar opp mye av plass som kunne vært fri for gjenstander. Når det gjelder kontrast mellom inventar og omgivelser, bidrar et gulv med lav metning til kontrast mot inventaret. Selve toaletttrullen har derimot dårlig kontrast, og kan være vanskelig å finne frem til for synsnedatte.



Figur 20 - HC-toalett på Gjøvik Bibliotek (Selvillustrert foto, 2022)

Figuren nedenfor illustrerer ikke nødvendigvis et HC-toalett i publikumsbygg, men er en av mange løsninger på forskningslaboratorium for universell utforming. Lignende løsninger forekommer ofte når en er ute i samfunnet. At toalettrullholderen er plassert under armlenet, enten på én eller to sider. Generelt gir en slik løsning bedre stødighet sammenlignet med løsningene ovenfor, men de har liten fleksibilitet, og for mange kan det være trangt å nå toalettrullen og toalettrullen kan også ha en tendens til å falle av holderen.



Figur 21 - HC-toalett på Norsk forskningslaboratorium for universell utforming (Selvillustrert foto, 2022)

Figuren nedenfor illustrerer et HC-toalett på Mustad Næringspark, ved NTNU i Gjøvik. Kabinett for dorullholder er lokalisert utilgjengelig for mange brukergrupper. Plassering på veggen bak toalettet gir lang distanse fra bruker og krav om stor rotasjon bakover, plasseringen er også noe høyt opp på veggen. Toalettrullholder har ikke tydelig kontrast med bakgrunn og toalett, og kan derfor være vanskelig å legge merke til, spesielt for personer med nedsatt synsevne. Plassering av inventar gir riktignok stor friplass på siden av toalettet for rullestol. Toalettmontert armlene gir mindre stødighet og er i dette tilfellet noe kort.



Figur 22 - HC-toalett på Mustad Næringspark (Selvillustrert foto, 2022)

5.2.4 I henhold til gruppens prosjekt

I forhold til fastmontering av gruppens løsning tas det forbehold til at det skal kunne fastmonteres på armlener både montert i vegg og til toalettskål. I henhold til toalettmonterte løsninger blir det viktig at toalettrullholderen ikke kommer i veien ved sammenslåing, samt at toalettrullen ikke tar for stor plass i høyden da dette kan resultere i at løsningen kolliderer med brukerens ben ved bruk. Når det gjelder veggmonterte løsninger er det også viktig at toalettrullholderen ikke er i veien ved sammenslåing, samtidig er det viktig at løsningen monteres i henhold til plassering på benet til armlenet ved utslått posisjon. På grunn av variasjoner i geometri på ulike eksisterende armlener er det essensielt å finne en løsning som

tillater produktet å bli plassert på ulike eksisterende løsninger. Siden veggmonterte løsninger tilbyr best funksjonalitet for brukeren er dette gruppens fokus i oppgaven. Produktet skal derimot kunne monteres på toalettmonterte løsninger på lik linje som på veggmonterte løsninger.

5.3 Kartlegging av brukerens behov

På lik linje som 5.1 *Kartlegging av marked* og 5.2 *Kartlegging av eksisterende løsninger* er kartlegging av brukerens behov en del av steg 2) *Søk fakta* i CPS-metoden. Kartleggingen rettes mer mot brukeren og gruppen forsøker å se problemet, i større grad, fra brukerens perspektiv.

5.3.1 Kvantitative metoder

Kvantitative metoder tatt i bruk underveis i prosjektet er hovedsakelig spørreundersøkelse og innhenting av relevant informasjon. Innhenting av relevant informasjon har skjedd kontinuerlig i prosjektet, men i henhold til kartlegging av brukers behov er det gjennomført en brainstorming for å forstå primærbehovene til hovedmålgruppene «mobilitet» og «syn». Dette er gjort gjennom innhenting av relevant informasjon, Vedlegg 4.2. Planen var opprinnelig å gjennomføre en kvantitativ spørreundersøkelse. På grunn av manglende respons fra aktuelle aktører derimot var det ingen respondenter til å svare på undersøkelsen.

5.3.2 Kvalitative metoder

Empatiøvelser

Gjennom empatiøvelser har gruppen forsøkt, i størst mulig grad, å få innsikt i hvordan personer med ulike nedsettelse knyttet til syn og mobilitet opplever toalettbesøk, med særlig fokus på problemer knyttet til bruk av toaletttrullholder. Alle empatiøvelser ble simulert på de ulike toalettene til utstilling på Norsk forskningslaboratorium for universell utforming.

Blindhet:

Blindhet ble simulert ved bruk av bind for øyne. Et gruppe medlem fikk i oppgave å utføre empatiøvelsen, mens resten av gruppen observerte situasjonen. Simuleringen foregikk i et miljø som er kjent fra før, noe som ikke er ideelt. Mennesker som faktisk er blinde, støter på mange nye løsninger og miljøer, der de må tilpasse seg og finne egne måter å løse situasjonen på. I tillegg vil en blind person gjerne ha mye erfaring med slike situasjoner fra før, derfor vil personen ha en annen fremgangsmåte enn det gruppen får simulert. Likevel ga øvelsen noe innblikk i hvordan blindhet kan oppleves ved bruk av toalettrullholder i publikumsbygg.



Figur 23 - Simulering av blindhet (selvillustrert bilde, 2022)

Simulering av blindhet sørget for at deltager fikk betydelig flere vanskeligheter med navigasjon i rommet. Etter å ha plassert seg på toalettet startet deltageren gjerne med å lete etter toalettrullen ved siden av seg. Tilfeller der toalettrullen var plassert under/ved armlenet var det enkelt å finne frem til toalettrullen innen kort tid. Denne oppførselen har sammenheng med at toalettrullen hang i lik høyde og posisjon som en er vant med.

I et av forsøkene var toalettrullen plassert på servanten, samtidig som toalettet hadde armlener. I dette tilfellet tok leteprosessen betydelig lengre tid. Dette skyldes at deltaker startet med å lete på armlenene, for deretter å lete på veggene bak - og ved siden av toalettet. Søking etter toalettrull førte raskt til at deltaker traff toalettrull fra uheldige posisjoner, slik at rullen falt på gulvet. Dette

førte til at en i blinde måtte senke seg ned på gulvet, og føle seg frem til toalettrull. Her opplevdes mye frustrasjon, særlig på grunn av dårlig renhold av gulv, samt at situasjonen var tidskrevende. Scenarioet fikk tydelig frem viktigheten av at toalettrullen sitter godt festet på holderen. Det er særlig krevende for brukere med nedsatt synsfunksjon å oppdage plassering av toalettrullholder, ettersom de fleste baderom er lyse. Dermed oppstår det lite kontrast mellom rullen og omgivelsene. I mange situasjoner har brukeren ikke mulighet til å krabbe på gulvet for å hente toalettrullen, og må tilkalle hjelp fra andre. Dette er en situasjon som ikke bare kan være ubehagelig, men veldig stigma-sensitiv. Det er dermed essensielt med en toalettrullholder som sørger for at toalettrull ikke faller av.

Bevegelighet i kun én arm:



Figur 24 - Simulering av bevegelighet i kun en arm (selvillustrert bilde, 2022)

For simulering av bevegelighet i kun én arm, ble det tatt i bruk fatle. Deltageren forsøkte deretter å rive papir fra toalettrullen. Øvelsen ble gjennomført på ulike baderom hos norsk forskningslaboratorium for universell utforming. Her opplevdes posisjonen og stødigheten til opphengssystemet som svært viktig for å kunne både nå og rive av toalett-papir med én arm.

Dersom toalettrullholderen var plassert på motsatt side av fungerende arm, kunne den andre armen og beina være hindre. Lang avstand, som følge av at deltaker måtte strekke seg over sin egen kropp, bidro også til komplikasjoner. I tilfellet der toalettrullholderen var plassert på siden

med den fungerende armen var opplevelsen noe enklere, men plasseringer for langt ned eller bak kunne fremdeles gi uheldige armposisjoner.

Ved avrivning av toalettpapir, opplevdes ustødige toalettrullholdere som mer problematisk, da man ikke kunne bruke den funksjonsfriske armen for å holde toalettrullen stødig. Avhengig av plassering kunne deltaker i noen tilfeller bruke beinet til å holde toalettrullen stødig, men dette var ikke alltid en mulighet. Her ble det forsøkt å rive av papir enten ved å holde toalettrullen stødig med noen fingre og rive med andre, eller å rive på tvers med et kjapt og kraftig rykk. Førstnevnte forsøk ga lite kraftutslag og gjorde avrivning vanskelig ettersom papiret var seigt eller hadde lite perforering. Denne situasjonen kunne blitt enda mer komplisert med mer alvorlige funksjonsnedsettelse i hender og fingre. Ved bruk av et kraftig rykk på tvers, opplevdes det at toalettrullen ofte kunne falle av holderen, eller føre til at toalettrullen spant flere runder og rullet ut mye papir. Dette skjedde i tilfeller der toalettrullen satt løst eller ustødig på holderen. Fra simuleringen fant gruppen viktigheten av plassering og stødighet i toalettrullholder.

Stumpe ledd:



Figur 25 - Simulering av stumpe ledd (selvillustrert bilde, 2022)

Ved simulering av to stumpe armer forsøkte deltaker å rive av toalettpapir fra ulike opphengssystem. Deltaker opplevde vanskeligheter med å rive av papir da begge stumper måtte brukes, dermed var det vanskelig å sørge for at toalettrullen ikke roterte ukontrollerte, og ga ut store mengder papir. Ved simulering av én stump arm kunne den funksjonsfriske armen ta papir

fra rullen, mens den stumpe armen holdt toalettrullen stødig. En vanskelig situasjon å simulere var tilfeller der stump arm fører til kortere rekkevidde, da kortere ledd ikke gir mulighet for å strekke seg over til motsatt armlene, dersom toalettrullholder er plassert der. Dette krever posisjonering av toalettrullen både nærmere og høyere opp mot bruker, samt større grad av stødighet.

Syndaktyli:

Ved simulering av syndaktyli, eller andre deformasjoner av fingre, forsøkte deltaker å rive av toalettpapir blant ulike opphengssystem. Avhengig av hvilke fingre som var tilgjengelig, opplevdes avrivning i likhet med tidligere simuleringer, hvor det oppstod problemer relatert til ustødige toalettrullholdere. Flere funksjonsfriske ledd sørget for bedre brukeropplevelse, hvor posisjon og stødighet av toalettrullholder ikke hadde like stor påvirkning som tidligere simuleringer.

Dybdeintervju

I denne delen finner man sammendrag med funn fra dybdeintervju. For selve prosedyren brukt under intervjuet, se *Vedlegg 4.3– Prosedyre i dybdeintervju*.

Oppsummering av dybdeintervju

Nedsatt mobilitet:

Gjennom dybdeintervju av person med motoriske nedsettelse avdekket gruppen problemer knyttet toalettrullholderens plassering. Med stive ledd, og lite bevegelighet i armer og bein, gjør det spesielt utfordrende å nå toalettrullholder plassert på vegg, ved siden av eller bak toalettet. Intervjuobjektet foretrekker dermed løsninger nært armlener, så lenge løsningen ikke hindrer fremkommelighet med rullestol. Nedsatt mobilitet i hender og fingre skaper utfordringer når det gjelder å holde toalettrullen i ro, samt rive av papir.

Intervjuet person mener de fleste HC-toalett er like, og for dårlige. Som regel henger toalettrull på vegg, noe som er vanskelig å nå. Dette fører igjen til at toalettrull ofte faller av holderen. Dette løser personen med å krabbe på gulvet, noe som absolutt ikke er en behagelig opplevelse. Det er dermed bedre med oppheng på armlener, men denne løsningen er heller ikke perfekt. Det

er blant annet store forskjeller på armlener, hvor noen er for trange. Intervjuobjekt synes derimot veggmonterte armlener er noe høyere og fungerer bedre til oppheng av toalettrull. Personen mener også dorullholdere ofte er ustødige, som gjør det vanskelig å rive papir. En ny løsning burde blant annet være mer fleksibel enn eksisterende, ettersom en skal kunne bruke produkter uten å overbelaste de skadene man allerede har. Intervjuet person opplever at dårlig plassering av toalettrull og overbelastning fører til forverrede skader. I tillegg opplevdes det flere problemer på offentlige toalett, enn i eget hjem.

Nedsatt syn, nesten blind:

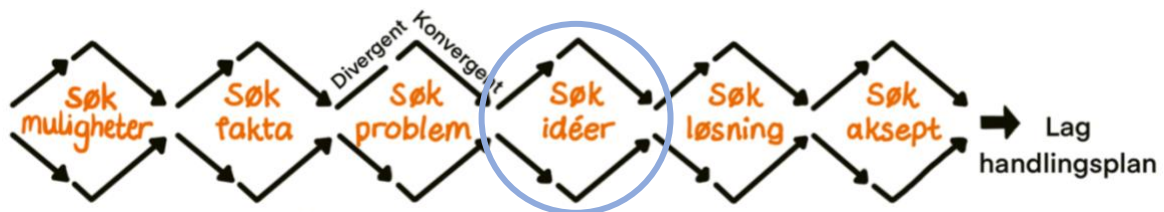
Fra dybdeintervju med svaksynt person kom særlig viktigheten av god nok kontrast tydelig frem. Personen mener, basert på egen erfaring, at minimumskravet om 0,4 luminanskontrast er for lavt, og ønsket helst en kontrast på 0,6 i forhold til mindre risikable situasjoner. Farlige situasjoner krever derimot en kontrast på 0,8. Intervjuet personen spesifiserte viktigheten med kontrast i forhold til omgivelsene, og kontrast på toalettrullholder må dermed ha tydelig kontrast til vegg, gulv og selve toalettrullen. I tillegg har plassering stor betydning. Ved plassering på vegg 0,9m unna toalettet vil radius på rekkevidden være så stor at svaksynte eller blinde må lete over et betydelig område for å finne holdere. Intervjuet person starter som regel søket etter toalettrull nært toalett først og deretter vegger. Det ble spesifisert at det vil være enklere å oppnå kontrast på toalettrullholder plassert på vegg, enn armlene. Samtidig som store avstander er et problem, ettersom søket etter toalettrull blir tidskrevende. Ifølge intervjuet person burde heller ikke toalettrull være på gulvstativ ettersom det kan føre til sammenstøt. Et viktig aspekt, intervjuet person savnet, var optimal friksjon mellom toalettrull og holder. Dette grunnet mange opplevelser med toalettruller som enten roterer alt for fort, eller som roterer i minimal grad. Intervjuet person mente toalettrullholdere av tynne metallstenger har svært dårlig kontrast mot omgivelsene, i tillegg til dårlig friksjon slik at toalettrull enkelt kan falle av eller rotere så fort at store mengder papir går til spille. I tillegg ble det spurt om ledelinjer eller ledende rekkverk ville vært hjelpelig, men intervjuobjektet mente dette ville vært i overkant og ikke nødvendig. Personen mente at svaksynte som regel fant enkelt frem til toalettet, og derfra følte seg frem til toalettrullholderen. Det optimale hadde vært en standardisert løsning, ettersom det hadde redusert letetid betraktelig.

Ledsager for blinde:

Gjennom dybdeintervju med ledsager gjentok flere av temaene ovenfor seg. Likt som intervju med svaksynt person, fortalte ledsager at toalettrullholder ikke burde forårsake stor friksjon, og heller enkelt å rotere toalettrull. Ledsager forklarte også at mange blinde velger å ta toalettrullen av holderen, ettersom det gir mer kontroll. Dette resulterer ofte i at toalettrullen ikke blir plassert tilbake på riktig plass, og kan deretter forårsake uheldige situasjoner for neste bruker av toalettet. Ettersom mange blinde foretrekker å ta toalettrullen av holderen, foreslo ledsager derfor en løsninger der brukere kan kontrollere toalettrull fritt. Dette stod i kontrast med gruppens tidligere idéer om fastlåst opphengssystem som forhindrer at toalettrullen faller av.

5.4 Idéutvikling

Steg 4) *Søk ideer* i CPS-metoden handler om å generere et mangfold ideer, altså idéutvikling. Gruppen har hatt en omfattende idéutviklingsprosess for å finne frem til den mest optimale løsningen som tilfredsstillende flest krav og behov presentert i oppgaven.

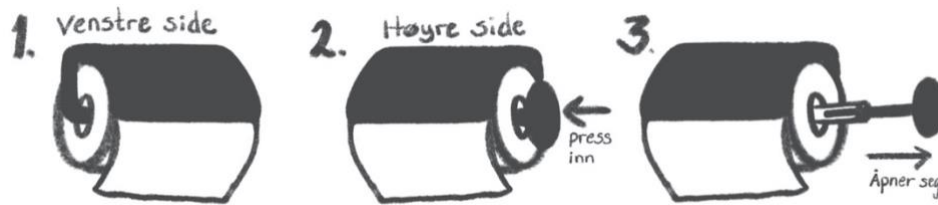
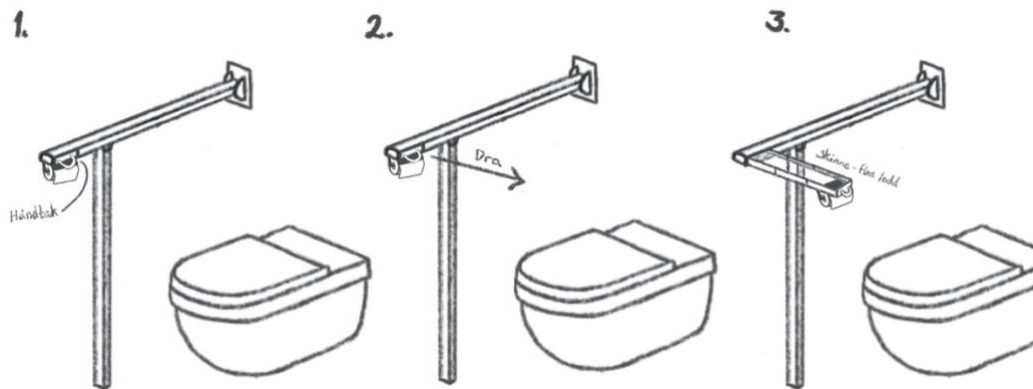


Figur 26 - CPS-metoden, 4) *Søk ideer* (Isaksen, 2022)

5.4.1 Tegnebasert idéutvikling

Skissering

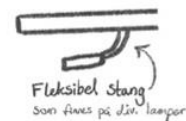
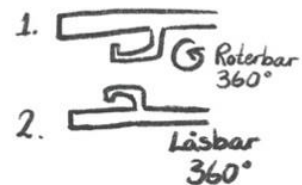
Det er utviklet et mangfold av ulike skisser underveis i prosessen, for å utforske alle mulig formuttrykk og funksjoner. Oversikt over alle de innledende skissene presenteres i Vedlegg 4.5. Nedenfor er et utvalg skisser, som blant annet ble store inspirasjonskilder i videre idéutviklingsprosess.

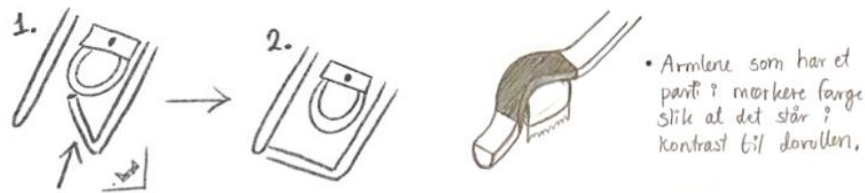


• Armlene som er bøyd, der man kan dra ut enden slik at rullen kan være foran iskedelen i steden.



• Armlene som går noe utover der dørrullen plasseres. Slik at det blir mindre trangt.





Figur 27 - Skissering (selvillustrerte skisser, 2022)

Egenskapskobling

Metoden egenskapskobling ble gjennomført basert på tankekartet presentert i kapittel 4.4.1 Tegnebasert idéutvikling. Ut ifra tankekartet kombinerte gruppen aspekter og assosiasjoner for å komme frem til helt nye ideer. Resultatene i form av skisser, er å finne i Vedlegg 4.6. Basert på ting og assosiasjoner i tankekartet ble det utarbeidet skisser, som forsøkte å sammenkoble aspekter i tankekartet.

Brainwriting pool

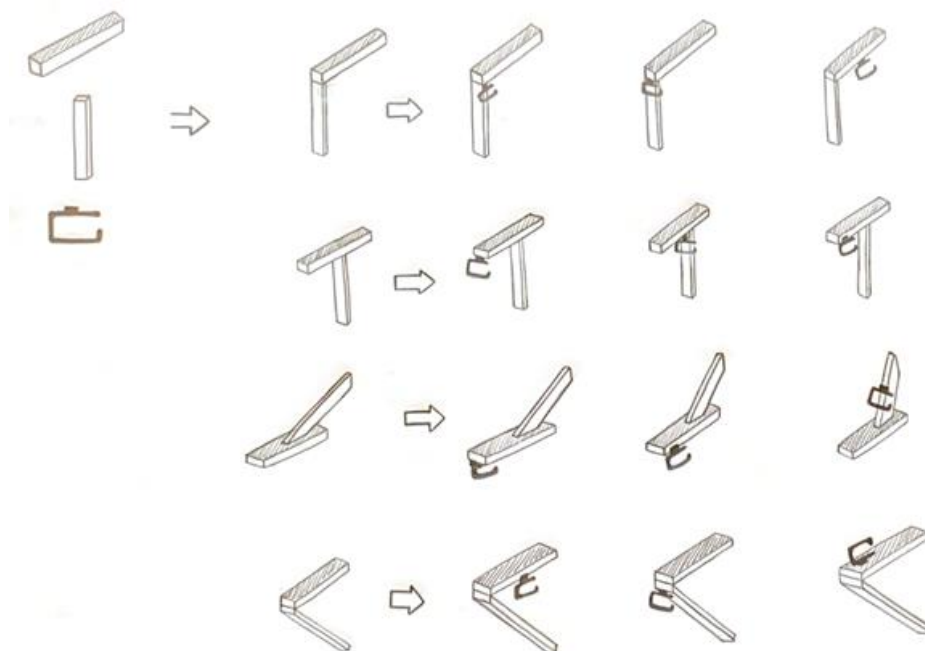
Brainwriting pool-metoden ble tatt i bruk tidlig i idéutviklingsprosessen, i den divergente idéutviklingen, der det hovedsakelig handlet om å komme med så mange ideer som mulig. Fokus for gruppen var overhodet ikke utvikling av realistiske ideer, men tvert imot. Gruppen har anvendt metoden ved å først ha en innledende individuell skisseperiode, deretter har vi sendt de ulike skissene rundt mellom medlemmene for nye innspill. Dette ble gjort i sirkel, slik at alle var førstemann til å tegne på nye elementer og assosiasjoner på andres ideer. Etter brainwriting pool-sesjonen gikk gruppen gjennom de ulike ideene i plenum, for å skape diskusjon og opphav til enda flere ideer. Nedenfor er noen utdrag fra resultatene, for fullstendig oversikt se Vedlegg 4.7–Brainwriting pool.



Figur 28 - Utdrag fra brainwriting pool i praksis (Selvillustrert skisse, 2022)

Kombinasjon av delementer

Som allerede Det er valgt en kjent løsning, opphengssystem for toalettruller, som er del av oppgaven. Dette produktet ble delt inn i tre ulike delementer: armlene, gulvstøtte og toalettrullholder. Basert på disse tre elementene ble det utforsket nye sammensetningsmuligheter, for å få inspirasjon til nye former til løsningen.



Figur 29 - Kombinasjon av delementer (Linder, 2022)


Idégenerering på delelementer

Metoden er tatt i bruk ved å dele produktet «opphengssystem for toalettruller» inn i delelementene; armstøtte, ben, toalettrullholder, skjerm og sylindroppheng. Basert på disse delelementene genererte gruppen separate formideer som kunne kombineres fritt. Det ble ikke nødvendigvis utarbeidet nye skisser basert på mulige kombinasjoner, men formideene ble med som inspirasjon videre i prosessen. Metoden fikk gruppen til å tenke mer abstrakt, og tillot gruppen å tenke på hvert delelement for seg fremfor å låse seg fast i en komplett løsning. Skisser innenfor de ulike delelementer visualiseres i Vedlegg 4.8 - Idégenerering på delelementer.

5.4.2 Sansebasert idéutvikling

Basert på tilfeldige materialer og «ting» gruppen samlet fra S-laben på NTNU i Gjøvik, satt gruppen sammen ulike kombinasjoner, som resulterte i nye ideer. Ved å forme ting fysisk fikk gruppen opplevd de ulike aspektene ved en toalettrullholder ved hjelp av en helt ny sans, nemlig det å føle og ta på fysiske objekter. Dette ga blant annet en ny forståelse for funksjonaliteten i tidligere skisser. På denne måten gikk teoretiske ideer over til å være materielle. Nedenfor er noen av kombinasjonene gruppen formet ved hjelp av tingene. For fullstendig oversikt over resultatene fra metoden se Vedlegg 4.9.

Utforsking med materialer

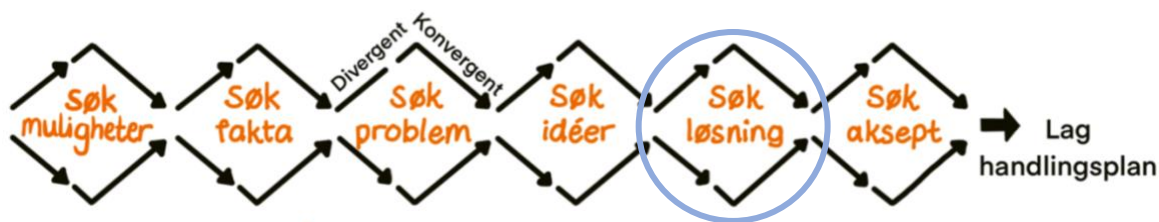
Idé:	Forklaring:
	Skinne som står ut fra gulv/armlene, hjul som triller på skinnen. Skinne som står utover, samler mindre støv.

	<p>«kuleledd» som gjør det fleksibelt og mulig å rotere i de vinkler man ønsker. I løsningen på bildet er det er kuleledd i magnet.</p>
	<p>Røret er armlenet, og toalettrullen sitter fast på hver sin side av den runde formen. Trenger ikke skinne, bare at «tegnestiftene» går forbi det bredeste området på røret mot oversiden. Slik kan toalettrullen flyttes på etter ønske.</p>

Tabell 6 - Utforsking med materialer (selvillustrert tabell, 2022)

5.5 Utvelgelse av ideer

I en idéutviklingsprosess er det helt sentralt å kunne evaluere og velge ut mer relevante ideer som tilfredsstillende behovet til brukergruppen i størst grad. Det er kun etter realisering at en idé har en reell verdi, men realisering av «feil» idé kan derimot bli svært kostbart. Derfor er det viktig at man foretar en grundig evaluering, og forsøker å snevre inn idébanken. Det handler om å velge ut en idé på en overbevisende måte, slik at løsningen man eventuelt realiserer får reell verdi. Utvelgelse av ideer tilhører steg 5) *Søk løsning* i CPS-metoden. Den konvergente utvelgelsen av ideer er foretatt i *Kapittel 5.6 Evaluering av ideer*. I dette kapitlet derimot forsøker gruppen å komme frem til en prinsipiell løsning til endelig konsept, slik at materielle aspekter kan testes. Det er tatt i bruk mange ulike metoder for utvelgelse, slik at utvalgt løsning er kvalitetssikret i tilstrekkelig grad og faktisk tilfredsstillende behovene presentert.



Figur 30 - CPS-metoden, 5) Søk løsning (Isaksen, 2022)

5.5.1 Finne sin favoritt

Før utvikling av endelig konsept, fant hvert medlem sine favoritter blant skissene fra tidligere skissefaser gjennom bruk av metoden «Finne sin favoritt». Basert på diskusjonen rundt favorittene, valgte gruppen tre konseptideer, tre ulike produkter, til videre utvikling. Disse igjen ga grunnlag for nye skisser under de ulike kategoriene. Kategoriene/produktideene til gruppen var «ledd», «skinne/spor» og «minimalistisk». For visualisering av skissene se vedlegg 4.10.

5.5.2 Negativ brainstorming

Etter generering av et mangfold ideer innenfor de tre ulike kategoriene valgt ut gjennom metoden «finne sin favoritt», forsøkte gruppen å forbedre ideene gjennom negativ brainstorming. Denne metoden forsøker å bringe frem alle mulige negative scenarioer, slik at man kan iverksette forbedringer. Gruppen tok for seg fallgruver ved alle de ulike kategoriene separat, deretter ble det forsøkt å komme med løsninger. Alle aspekter synliggjort er viktige i utvikling av ferdig løsning, slik at de nevnte problemområdene kan gjøres noe med. Tabellene nedenfor tar for seg de ulike kategoriene, «skinne/spor», «ledd/modulært» og «minimalistisk, små endringer fra eksisterende løsninger».

Skinne / spor:

Problem:	Forbedring av løsning:
Uhygienisk	Spor fremfor skinne
Oppsamling av smuss kan gjøre skinnen seig	Glatt materiale der smuss ikke festes like lett
Kan skli/løsne av skinnen	En slags lås som hindrer dette
Skinnen kan kile seg fast	Smøring med olje/fett
Kan ruste ved vannsprut	Rustfritt materiale
Klemfare	
Vanskelig å forstå mekanismen, ny på marked	Symbolbruk, ledende farger og markeringer
Kan være vanskelig å få stødig	Stabilitetsfunksjon, tripod / kylling
Opprettholdelse av løsning, renhold samt oljesmøring/smøring	

Kan lage ubehagelige lyder	God smøring, lyddempende materiale
Må kunne låses fast, så den ikke beveger seg rundt i uønskede retninger	Låsefunksjon, stoppepunkter, hjulbrems
Slitasje over tid, mye friksjon	Materiale som tåler mye slitasje, eventuelt gjøre visse elementer utskiftbare
Forrige bruker av løsning kan ha satt toalettrullen på uheldige steder for neste bruker	Automatisk «skli tilbake til startposisjon» ved lang tid inaktiv.
At mekanismen låser seg/slutter å funke og trenger reparasjon	Tilbakestilling-funksjon

Tabell 7 – Negativ brainstorming skinne/spor (selvillustrert tabell, 2022)

Ledd / modulært:

Problem:	Forbedring av løsning:
Uhygienisk	Et deksel/trekk over riller eller skjøter
Forrige bruker av løsning kan ha satt toalettrullen på uheldige steder for neste bruker	Automatisk til startposisjon ved lang tid inaktiv
Vanskelig å forstå, komplisert funksjon	Få ledd, implementering av intuitive symboler/markeringer/tekstur
Ledd kan kiles fast	Oljes/smøres godt, eventuelt mer ved behov
Ledd som kan tas bort/mistes, dersom det skal være mulig for alle å bytte/flytte ledd	Henger fast til armlenet med et tau/kjetting, eventuelt ikke bestå av helt løse deler
Vanskelig eller komplisert låsefunksjon	
Vanskelig å håndtere generelt, spesielt for funksjonsnedsatte	«Seig rotasjon» som gjør den lettere å manøvrere, roterbare kun visse grader
Bevegelige ledd slites fort, må smøres osv.	Mulighet for å kjøpe delelementer, slik at man ikke trenger bytte hele løsningen ved slitasje
Papiret vil rulle ut ved store bevegelser rundt	
Klemfare	

Fare for sammenstøt eller miste kontroll av ledd i bevegelse	Fall detektor? Stopper ved stor hastighet, eventuelt bare «seig» rotasjon
Koblinger/låsefunksjon kan svikte	
Vanskelig å håndtere om det er for tungt	Lett materiale, aluminium, karbon og plast. Eventuelt bruk av «shell structure»

Tabell 8 – Negativ brainstorming ledd/modulært (selvillustrert tabell, 2022)

Minimalistisk, små endringer fra eksisterende løsninger:

Problem:	Forbedring av løsning:
Ikke nytenkende	Mer spennende/kunstnerisk form, utvikling av ny holder for toalettrull
Vanskelig å komme med forbedring	Små forbedringer på funksjon og plassering
Mindre fleksibelt	Magnetisk, sugekopp eller borrelås
Ugunstig håndposisjon	Alternativ plassering
Ugunstig høyde/lengde	Utprøving av andre posisjoner
Toalettrull detter ofte av holderen	Bedre/optimal friksjon eller stopper
Dårlig ergonomi	
Tilfredsstillende færre brukere	

Tabell 9 – Negativ brainstorming minimalistisk (selvillustrert tabell, 2022)

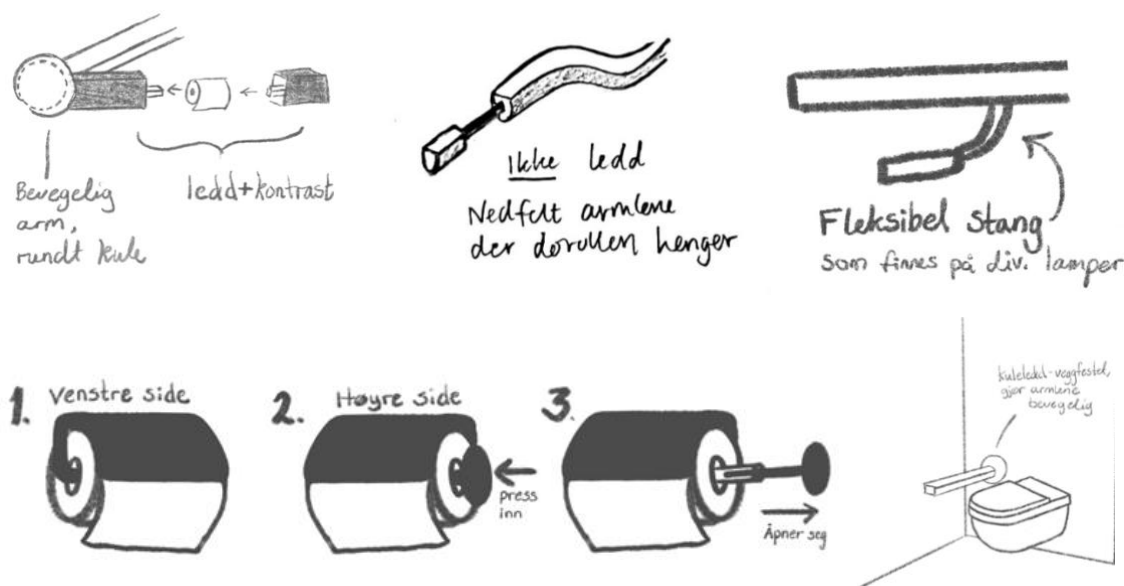
5.5.3 Markørmetoden

Markørmetoden tillot gruppen å granske gjennom alle skisser, sette et symbol ved de og dermed få et mindre antall skisser å videreføre i utviklingsprosessen. Hovedkriteriene gruppen fulgte var:

- Realiserbarhet, både gjennomførbar og at kommune ville kjøpt.
- Hygiene, ikke fanger bakterier og enkel å rengjøre.
- Treffer problemstilling, hjelper syns- og funksjonsnedsatte.
- Nyttig og intuitiv for bruker, gjør bruk enklere og er enkel å forstå.

Gruppen grupperte deretter skissene etter hvilket symbol de hadde fått at gruppemedlemmene. Gruppen valgte i tillegg å ikke ta i bruk markering «?», for ideer som muligens kan bli interessant. Grunnen til dette var at antall skisser gruppen hadde i forkant av utvelgelsen ville gjort prosessen for kompleks og tidskrevende. Ideer markert med «-», ideer som skal forkastes, nevnes ikke i dette punkt da de ikke tilfredsstillt krav og ikke lenger er så relevante. Metoden i sin helhet visualiseres i Vedlegg 4.11.

«+»: ideer gruppen liker og som har potensiale:



Figur 31 – Utdrag av skisser fra markørmetoden (selvillustrerte skisser, 2022)

5.5.4 Barometerrangering

Skissene som stod igjen etter markørmetoden ble grunnlaget for gjennomføring av barometerrangeringen som illustreres i figur 32. Gruppen klippet opp ark med de ulike ideene, deretter ga vi en tilfeldig bunke ideer til hver deltaker. Hver deltaker på gruppen rangerte deretter skissene etter hvor stor grad de mente løsningen kan tilfredsstillt kravene satt i oppgaven. Ideer rangert på toppen er ideer rangert best, mens ideer lengre ned er mindre interessante ideer uten like mye potensiale. Etter alle ideene var plassert, diskuterte vi innad i gruppen om vi var enige/uenige med plasseringene. Dette åpnet opp for reevaluering, der ideene ble flyttet om helt

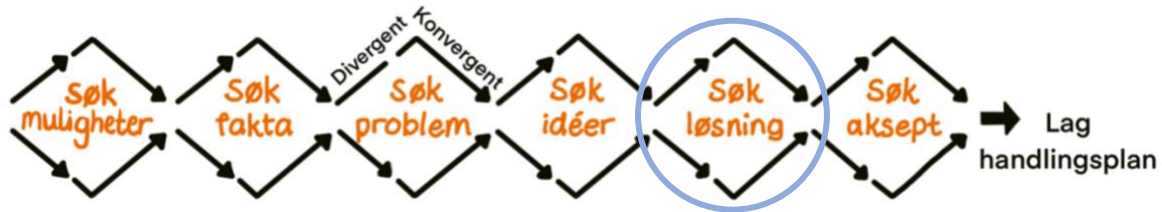
til barometeret representerte det gruppen var i enighet om. Basert på den øverste rekken i barometeret skissert gruppen ulike variasjoner, for å komme frem til den mest optimale formen.



Figur 32 - Barometerrangering (Selvillustrert foto, 2022)

5.6 Evaluering av ideer

Som en del av steg 5) *Søk løsning* i CPS-metoden foretar gruppen en evaluering av de sterkeste ideene. Dette er en del av den konvergente fasen og hensikten er å snevre inn mot et endelig konsept. Evaluering vil resultere i at én løsning tilfredsstillere flere krav enn de andre. Med bakgrunn i vurderingen, videreføres og realiseres den sterkeste ideen. Dette er en del av oppgavens kvalitetsstyring, og er dermed et sentralt verktøy for realisering av et universelt konsept med reell verdi.



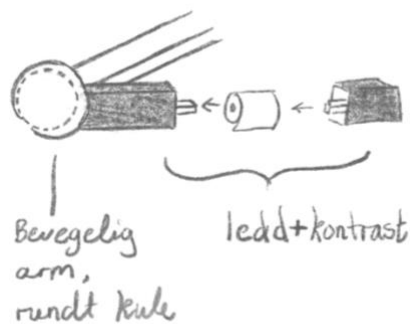
Figur 33 - CPS-metoden, 5) Søk løsning (Isaksen, 2022)

5.6.1 Diagrambasert evaluering

I denne delen av oppgaven er det valgt ut tre sterke ideer basert på metoder i kapittel 5.5 *Utvelgelse av ideer*. De tre ideene/konseptene vurderes i dette kapitlet med bakgrunn i metoden for diagrambasert evaluering. Bruk av metoden skal bidra til sammenligning av ideene, med grunnlag i kravspesifikasjonen, slik danner gruppen et bedre grunnlag for å ta beslutninger i henhold til endelig konsept. Kriteriene og vektning av dem, er basert på den prinsipielle produktspesifikasjonen presentert i kapittel 1.8.2 *Prinsipiell produktspesifikasjon*. Først evaluerer gruppen ideene gjennom poeng, og hver idé får en samlet total poengsum. Deretter adderes de separate poengene med vektning og man sitter igjen med en total vektet poengsum. Krav som skal tilfredsstilles vektet 3, krav som bør tilfredsstilles vektet 2 og krav som kan tilfredsstilles vektet 1. Poengene er kun veiledende, og representerer kun potensialet løsningen har i henhold til de ulike kravene.

Idé 1:

Konseptet bak idé 1 er at armlenet består av et kuleledd på ytre kant av armlenet. Dette leddet kan roteres langs ulike akser, slik at det kan roteres etter brukerens behov. Selve toalettrullen henger fast i et nedfelt område, slik at den ikke skal falle av ved rotering av løsningen. Ideen er tenkt som en komplett løsning med armlene. Ideen er en kombinasjon av skissene på Figur 34.



Figur 34 - Komplet løsning, opphengssystem for toaletttrull med kuleledd (Isaksen og Linder, 2022)

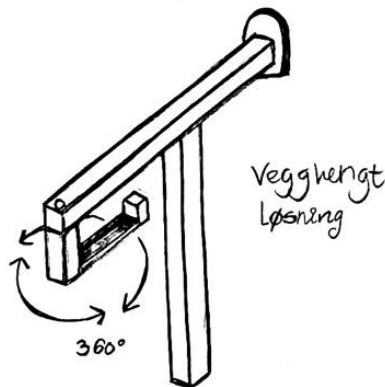
Diagrambasert evaluering:

Kriterier	Poeng	Vekting	Vektet
Estetisk	2	2	4
Ergonomisk	4	3	12
Funksjonell	3	3	9
Flerfunksjonell	2	1	2
Brukervennlig	4	3	12
Intuitiv	3	3	9
Fleksibel	5	3	15
Bærekraftig	3	2	6
Universell utformet	3	3	12
Ikke-stigmatiserende	3	2	6
Innovativ	5	1	5
Sanitær	3	3	9
Integrerbart i allerede eksisterende produkter	1	2	2
Integrerbart i allerede eksisterende romløsninger	5	3	15
Total	47		118

Tabell 10 - Diagrambasert evaluering idé 1 (selvillustrert tabell, 2022)

Idé 2:

Konseptet bak idé 2 er at armlenet har en «pivot joint», eller sylindrisk joint, på ytre kant av armlenet. Inspirasjon er hentet fra ulike typer ledd som finnes i menneskekroppen. Rotasjonen til toaletterullholderen er hovedsakelig tenkt 360°, men gruppen har også vurdert mindre rotasjon slik at løsningen er mer intuitiv i bruk. Dette sylindriske leddet roterer langs y-aksen, og roteres ved ulike behov. Løsningen er tenkt komplett med armlene, eller som en separat montasje.



Figur 35 - Opphengssystem for toaletterull med rotasjon (Linder, 2022)

Diagrambasert evaluering:

Kriterier	Poeng	Vekting	Vektet
Estetisk	4	2	8
Ergonomisk	4	3	12
Funksjonell	4	3	12
Flerfunksjonell	2	1	2
Brukervennlig	4	3	12
Intuitiv	3	3	9
Fleksibel	4	3	12
Bærekraftig	3	2	6
Universell utformet	4	3	12
Ikke-stigmatiserende	4	2	8

Innovativ	5	1	5
Sanitær	4	3	12
Integrerbar i allerede eksisterende produkter	5	2	10
Integrerbar i allerede eksisterende romløsninger	5	3	15
Total	55		135

Tabell 11 - Diagrambasert evaluering idé 2 (selvillustrert tabell, 2022)

Idé 3:

Konseptet bak idé 3 er mindre avansert enn de forrige nevnte, og ekskluderer leddet. Konseptet dreier seg om forbedring av selve toalettrullen, gjennom bedre friksjon og stabilitet ved rotering av toalettrull. Toalettrullen sitter godt på holderen, og vil holdes på plass og kunne byttes ut ved hjelp av en fjærbelastet mekanisme som illustrert på figur 36. Løsningen er tenkt separat, og fastmonteres på allerede eksisterende armlener. Gjennom tidligere gjennomført dybdeintervju ble det kartlagt i kommunikasjon med en som selv var praktisk blind, at den foretrukne løsningen for blinde mest sannsynlig er en løsning med friksjon ved rotering av toalettrull. Likevel kan ikke roteringen være for seig. Idé 3 skal være en løsning på akkurat dette. I tillegg skal «skjermen» skape kontrast rundt toalettrullen, slik at den er lettere å finne.



Figur 36 - Separat opphengssystem for toalettrull (Isaksen, 2022)

Diagrambasert evaluering:

Kriterier	Poeng	Vekting	Vektet
Estetisk	4	2	8
Ergonomisk	1	3	3

Funksjonell	2	3	6
Flerfunksjonell	1	1	1
Brukervennlig	2	3	6
Intuitiv	4	3	12
Fleksibel	1	3	3
Bærekraftig	4	2	8
Universell utformet	2	3	6
Ikke-stigmatiserende	4	2	8
Innovativ	2	1	2
Sanitær	2	3	6
Integrerbart i allerede eksisterende produkter	5	2	10
Integrerbart i allerede eksisterende romløsninger	5	3	15
Total	39		94

Tabell 12 - Diagrambasert evaluering idé 3 (selvillustrert tabell, 2022)

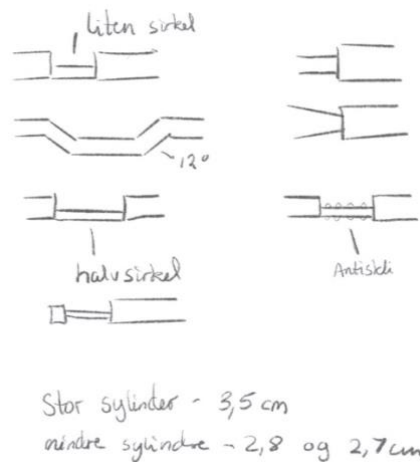
5.6.2 Valg av idé

Basert på den diagrambaserte evalueringen har gruppen besluttet å videreutvikle idé 2. Først og fremst kom denne ideen best ut blant alle ideene, med høyest poengsum. Særlig når det gjelder kriterier som er vektet høyt scoret denne løsningen høyest. I tillegg, gjennom diskusjon, fant gruppen denne ideen mest interessant å arbeide videre med. Ideen har stort potensiale, og det er mange ulike vinklinger man kan ta i utvikling av løsningen mot steg 6) *aksept*. Det ble konkludert med at det kan være litt for vanskelig å opprettholde hygieniske aspekter ved idé 1, og idé 3 ligner for mye på eksisterende løsninger og vil dermed ikke skille seg ut på markedet.

5.7 Modellbasert idéutvikling

5.7.1 Skissemodeller

Det er laget raske skissemodeller i lett formbare materialer, for å teste formen til konseptet. Hensikten var å finne optimal vinkling mellom stykkene, slik at en toalettrull kan tres på med nok friksjon til at rullen ikke faller av holderen. Skissemodeller er en del av det materielle nivået i den visjonsbaserte modellen, og er svært nyttig når en ønsker å konkretisere idéer. Basert på en skisse av planlagte skissemodeller, brukte gruppen TecClay, plastrør, papp, lim, teip og varmpistol til å forme enkle og raske modeller. Fokus var vinkling, og eventuell plassering og geometri på nedfelt område for toalettrull. Gruppen eksperimenterte også med ulike formuttrykk, både avrundet og rettvinklet hjørne.



Figur 37 - Skisser av planlagte skissemodeller (Isaksen, 2022)

Teoretiske to-dimensjonale skisser kan ofte gi dårlig illustrasjon av hvordan en idé vil fungere ved implementasjon. Særlig når det kommer til mekanismer man ikke har tidligere kjennskap til, kan teoretiske ideer gi lite mening og være vanskelig å forestille seg. Figur 38 illustrerer hvordan TecClay kan brukes til nettopp dette. TecClay er et materiale som er lett å bearbeide, dersom det er forhåndsvarmet i varmeovn og bearbeides ved hjelp av en varmpistol. Ved nedkjøling vil leiren være middels hard slik at man kan teste enkle funksjonelle aspekter uten at modellen blir veldig deformert. Leiren kan derimot være sensitiv i forhold til støt, og kan lett gå i stykker ved uforsiktig håndtering. TecClay er et materiale som kan varmes opp gjentatte ganger for å oppnå

ønsket form. Ved hjelp av leiren ble funksjon på en «pivot joint» testet, som er en del av den utvalgte ideen, idé 2. I tillegg ble vinkling og diameter på 25mm testet.



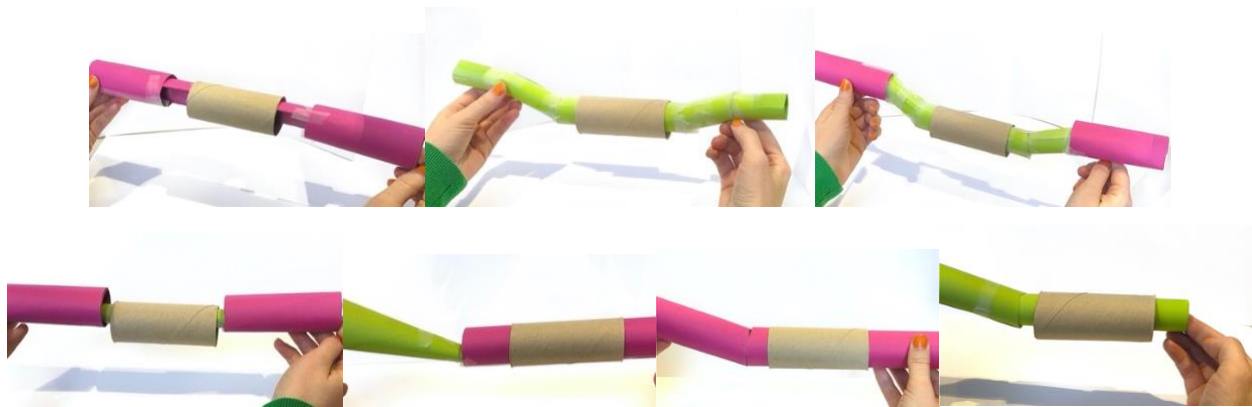
Figur 38 - Skissemodeller i TecClay (Selvillustrert foto, 2022)

Det ble også testet tynnere dimensjoner, 20mm, ved hjelp av et plastrør som ble bøyd ved hjelp av en varmepistol og bøyeverktøy. Det var store forskjeller i hvordan toalettrullen roterte på de ulike modellene, både på grunn av ulike dimensjoner, men også på grunn av ulike egenskaper ved materialene tatt i bruk. Siden leiren er oljebasert, har den en seig overflate, på den andre siden har plastrør en glatt overflate som sørger for raskere rotering.



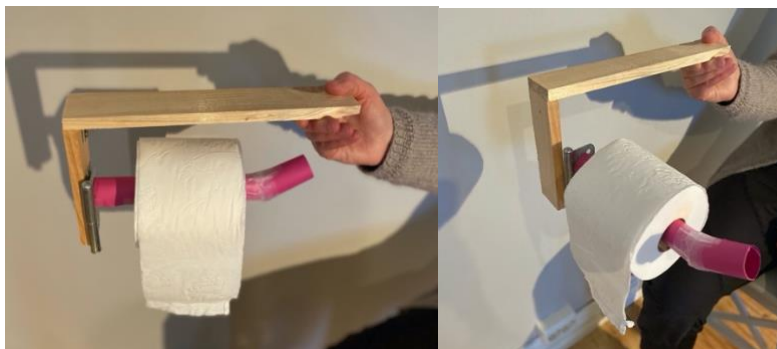
Figur 39 - Skissemodell med plastrør 20mm (Selvillustrert foto, 2022)

Det ble også generert enkle skissemodeller ved bruk av tykke ark, illustrert på figur 40. Hensikten med skissemodellene var å teste ulike vinkler, samt få en indikasjon på hvilken utforming som gir best utnyttelse av plass samt tilbyr best funksjonalitet ved implementering. Det ble testet ulike variasjoner, både versjoner med nedfelt sylindere på midten av to symmetriske sylindere, men også versjoner der det kun fantes én vinkel.



Figur 40 - Ulike raske skissemodeller i tykke ark (Selvillustrert foto, 2022)

For en mer virkelig situasjon med skissemodellene ble det bygd en rask forenkling av et armlene, der skissemodellen ble festet til en hengsel, for å illustrere rotasjonen tenkt ved løsningen. På figur 41 kan man se hvordan toalettrullen henger på formen under et armlene.



Figur 41 - Skissemodeller i miljø (Selvillustrert foto, 2022)

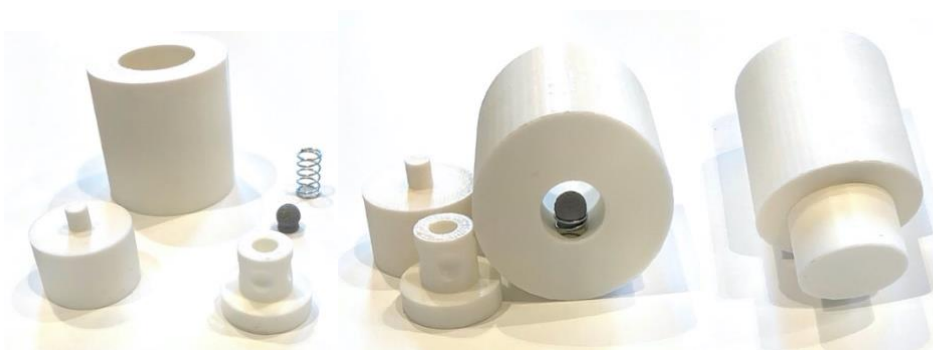
5.7.2 Rapid prototyping

Basert på skissemodellene, laget gruppen raske CAD-modeller av løsningen, som ble produsert gjennom additiv tilvirkning. Ved hjelp av tidligere skissemodeller fant gruppen frem til omtrentlige mål på dimensjoner, men det er kun med mer solide materialer at man kan teste funksjonen ordentlig. Det ble derfor utarbeidet CAD-modeller over første utkast av det formmessige uttrykket, gjennom rapid prototyping. Disse var kun testmodeller, og ikke funksjonsmodeller. Basert på modellene ble geometri og form testet med en faktisk toalettpapirrull. Figur 42 viser de ulike modellene som ble produsert til dette formålet.



Figur 42 - Rapid prototyping for uttesting av form og vinkling (Selvillustrert foto, 2022)

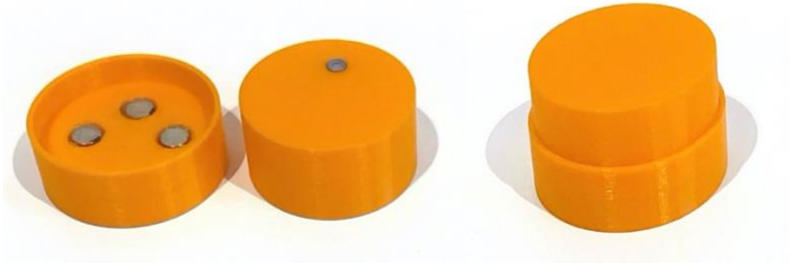
Ideen som er tatt med videre i idéutviklingen består av en «pivot joint» som en del av roteringsmekanismen. Den ble først utarbeidet uten spesielle funksjoner, som illustrert i figur 42, men for konkretisering av funksjonelle aspekter, ble det tatt i bruk rapid prototyping. Det ble tegnet inn «hakk» og hull til plassering av fjærstempel, som illustrert i figur 43. Fjærstempelet satt gruppen sammen ved hjelp av fjær tilgjengelig på S-laben, med en «kule» 3D-printet i PLA. På figur 43, illustreres de ulike komponentene og sammensetningen av dem. Modelleringen var svært nyttig ved at materielle aspekter ble opplevd på nye måter, fjærstempelet var derimot svært svakt, og rotasjonen var rask og ukontrollert. Det ble testet ulike fjær med varierende motstand i lignende modeller som er grunnlaget for sesjon med reelle brukere. CAD-modellene besto også av varierende «hakk» dybde, noe som er en bestemmende faktor på hvor godt man kjenner hakkene. Særlig i løsninger med selvlaget fjærstempel kunne man oppleve fjæren som ustabil, bråkete og til tider vinglete. Det er derimot sjanser for at olje kunne hjulpet med dette.



Figur 43 - Rapid prototyping av roteringsmekanisme (Selvillustrert foto, 2022)

Til slutt utforsket gruppen implementering av magneter fremfor fjærstempel, grunnet fjærstempelets potensielt uhygieniske aspekter. Tanken var å plassere magneter inni roteringsmekanismen, som sørger for rotering i ulike «hakk» i det to magneter berører

hverandre. Ideen ble testet med en enkel shell structure tegnet i CAD-program, illustrert på figur 44. Magnetene hadde absolutt ikke riktig styrke, men illustrerte funksjonen tilstrekkelig. Hakkene var merkbare, og ga en indikasjon på hvordan bruk av magneter kan gi ønsket funksjonalitet i opphengssystem for toalettruller.



Figur 44 - Rapid prototyping av magnetmekanisme (Selvillustrert foto, 2022)

5.7.3 Funksjonsmodell eller mock-ups

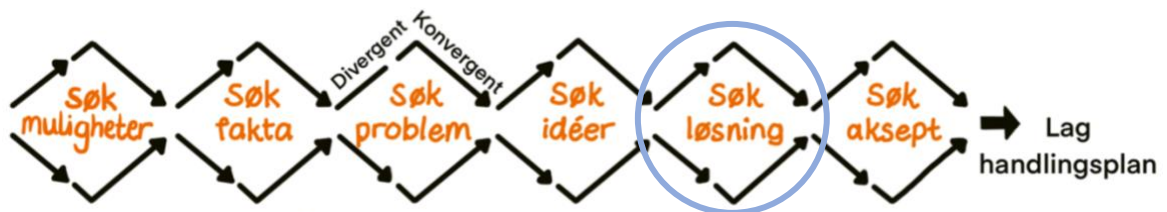
Basert på tidligere fysiske modeller ble det fremstilt fullskala løsninger gjennom 3D-printing og sponskjærende bearbeiding. Modellene varierte i form, samtidig som at fjærstemplene hadde varierende motstand og dybde på «hakk». Formålet med modellene var å være en del av brukertesting med reelle brukere, derfor var det viktig med varierende funksjonalitet. Kun slik vil brukertesting gi nyttige resultater som kan bidra til forbedring. Figur 45 illustrerer de ulike modellene. Som en kan se i bildeserien er det både varierende form og sammensetninger av materialer. Det er også montert brus korker for midlertidig montering på armlene under brukertesting. Formålet med de ulike modellene er blant annet å teste friksjon av toalettrull, vinkel for bytting av rull, rekkevidde nødvendig/størrelsesforhold, i hvilken grad løsningene er intuitive og løsningenes ergonomi. Hensikten med alle løsningene er lett bytting av toalettpapir ved å kun tre av én tom rull for bytting til en ny, ved at det er nok friksjon og motstand på opphenget til at rullen ikke glir av igjen av seg selv.



Figur 45 - Funksjonsmodeller av opphengssystem for toalettruller (Selvillustrert foto, 2022)

5.8 Bearbeiding av idéer

Som en del av steg 5) *Søk løsning* i CPS-metoden foretar gruppen en videreutvikling av konseptet, slik at det er klart til å få aksept av reelle brukere.



Figur 46 - CPR-metoden, 5) Søk aksept (Isaksen, 2022)

5.8.1 Testing av posisjon

Hittil i prosessen har gruppen fokusert i stor grad på selve utformingen til løsningen, og hvordan funksjonalitet den skal ha gjennom implementering av roterende elementer. Gjennom personlig kommunikasjon med kontaktperson Jonny Nersveen derimot, ble gruppen påminnet det faktum at

armlenets posisjon opp mot veggen også må tas i betraktning i plassering og ikke minst i utformingen. Ved midlertidig plassering av en av funksjonsmodellene mot armlene viste det seg at nåværende posisjon egnet seg dårlig med akkurat den utformingen. Toalettrullen falt nesten av holderen ved posisjon opp mot veggen, noe som er svært ugunstig. Ikke bare med tanke på at rullen kan falle av, men selve geometrien er større enn eksisterende løsninger og kan være i veien ved bruk av toalettet. Personer blant annet i rullestol er avhengig av å ha tilgjengelig plass på siden av armlenet for å sette seg på toalettet, løsningen hindret derimot tilgang slik figur 47 illustrerer.



Figur 47 - Toalettrullholder midlertidig festet til armlene med nåværende plassering (Selvillustrert foto, 2022)

Det ble forsøkt å løse problemet gjennom annen plassering. Med bakgrunn i problemområdene som dukket opp ble toalettrullen forsøkt plassert motsatt retning, slik figur 48 illustrerer, slik at adgang til toalettet er mer romslig. Plassering motsatt vei hindrer også at toalettrull faller av holderen ved bruk. Uansett hvilken retning holderen er rotert eller armlenet er plassert, vil toalettrullen være stødig på plass. Den nye plasseringen gjorde også selve roteringen av løsningen mer brukervennlig, med mer naturlige håndbevegelser og bedre plass ved rotering. Ved førstnevnte plassering ville brukeren vært nødt til å rotere opphengssystemet over låret for en 90° vinkel, noe som fort kan kollidere med lår og gjøre rotering vanskelig, om ikke umulig.



Figur 48 - Toalettrullholder midlertidig festet til armlene med ny plassering (Selvillustrert foto, 2022)

5.8.2 Testing av ulike toalettruller

Fokus for oppgaven er implementering av løsningen på HC-toalett i publikumsbygg, men dersom løsningen også kan implementeres i private hjem er det et pluss. Det finnes derimot mange ulike merker for toalettruller, og mål kan variere. Rullene har nok en naturlig variasjon grunnet store toleranser som gjør produksjonen billigere, fremfor bruk av små toleranser. Likevel er det vesentlig at man har kunnskap om disse variasjonene i forkant av ferdigstilling av et produkt. Det er viktig at ulike merker toalettruller kan brukes i løsningen, og at løsningen ikke er begrenset til et spesifikt merke. Det er tatt mål av ulike toalettruller fra ulike merker for å se hvor store variasjoner toalettruller faktisk kan ha.

Merke	Omkrets (mm)	Diameter (mm)	Lengde(mm)
Coop	≈125 mm	≈39,8 mm	97 mm
Rema 1000	≈150 mm	≈ 57,75 mm	95 mm

Katrin	≈140 mm	≈ 44,55 mm	99 mm
Englamärk	≈126 mm	≈ 40,1 mm	97 mm
Lambi	≈125 mm	≈ 39,8 mm	94 mm
Serla	≈125 mm	≈ 39,8 mm	93 mm

Tabell 13 - Mål på ulike toalettruller uten papir (Selvillustrert tabell, 2022)

Tabell 13 illustrerer de ulike målene på selve kjernen til ulike merker toalettpapir. Analysen viser blant annet at merkene som er vanlig i husholdning; *Coop*, *Rema 1000*, *Änglamark*, *Lambi* og *Serla*, har noenlunde lik diameter, men varierer ofte i lengden. Med unntak *Rema 1000* som har betydelig større omkrets på kjernen til toalettpapiret sammenlignet med de andre merkene. *Katrin*, et populært merke blant publikumsbygg derimot, varierer fra husholdningsmerkene både når det gjelder omkrets og lengde, og har generelt større mål. I tillegg til ulikheter blant selve kjernen, er det også forskjellig løpemeter på de ulike rullene. I husholdning er det som regel flere ark på toalettpapiret med det er færre løpemeter, sammenlignet med for eksempel *Katrin* som ofte har få ark og betydelig lengre løpemeter. Grunnen til dette er at toalettpapir i publikumsbygg gjennomgår høy trafikk, og det er mange mennesker som tar det i bruk, i motsetning til private hjem der løsningen brukes av få. Mange løpemeter er nødvendig for at renholdspersonale skal ha nok tid og ressurser til å forsyne toalettet med ny rull når den er tom. Selve dimensjonene på kjernen er en bestemmende faktor i produktet som utvikles, ved at ideen krever at toalettrullen har plass til å tres inn på opphengssystemet med nok friksjon, uten at den glir av ukontrollert.

5.8.3 Sesjon med reelle brukere

I steg 6) *Aksept* i CPS-metoden er det viktig å få aksept fra brukere av løsningen, gjerne i form av at produktet blir kjøpt på markedet, men det kan i stor grad også handle om å få aksept av brukere gjennom brukertesting.



Figur 49 - CPR-metoden, 6) Søk aksept (Isaksen, 2022)

Brukertesting ble gjennomført på Norsk forskningslaboratorium for universell utforming. På grunn av manglende respons, fikk vi kun testet løsningene på én person med nedsatt mobilitet. Bakgrunn for testingen var de ulike funksjonsmodellene. Hensikten med testen var å finne frem til det formuttrykket som ga best funksjonalitet og brukervennlighet. Selv om idéen på dette stadiet ikke var ferdig utviklet, ble det viktig å finne ut om gruppens idé tilfredsstiller faktiske behov. Det er viktig å gjennomføre brukertesting tidlig i prosessen, slik at man kan finne feil tidlig, og ikke risikere å måtte starte på nytt senere i prosjektløpet.



Figur 50 - Foretrukket løsning for brukeren (Selvillustrert foto, 2022)

I brukerens perspektiv var modellen på figur 50 mer ergonomisk og lettere å rotere, ved at modellen hadde større håndtak, sammenlignet med de andre modellene. Et større håndtak ga godt grep, og mulighet for å selv velge håndposisjon. I forhold til selve roteringsmekanismen mente testobjektet at 180° rotasjon var svært nyttig, både for brukeren selv, men også for folk som har assistent. Først og fremst vil en rotasjon 90° mot venstre gi bedre tilgang til toaletttrullen for brukeren selv. På en annen side, ved rotering av løsningen ut til høyre 90°, mente

testpersonen at det potensielt kan være lettere for assistent å få tilgang til toalettpapir. Testperson likte også mengde friksjon denne løsningen ga ved rotering av toalettrullen. Ved armlene oppreist mot veggen, var det heller ingen objekter i veien for oppreisning.



Figur 51 - Den foretrukne løsningen plassert på armlene (Selvillustrert foto, 2022)

På grunn av anonymisering av sensitiv informasjon om testpersoner, er situasjonen gjenskapt i ettertid med gruppens medlemmer. Figur 51, visualiserer den foretrukne løsningen plassert på et eksisterende armlene, og de ulike «hakkene» løsningen tilbyr ved rotering. For visualisering av plassering av de andre funksjonsmodellene se Vedlegg 4.14.

Med bakgrunn i både gruppens og testpersonens preferanse til løsning, videreføres ideen ovenfor og den forsøkes å perfektioneres gjennom videre utvikling. Manglet respons gjorde det vanskelig å teste på representative brukere, og beslutninger tatt er derfor basert på gruppens tilegnet kunnskap om situasjonen.

5.8.4 Utvikling og testing av toalettrullholder

Endelig form på toalettrullholderen ble bestemt etter sesjon med reell bruker. Basert på denne formen ble det gjort justeringer i henhold til testing av dimensjoner på ulike toalettruller. Det ble i henhold til dette utarbeidet skisser over variasjoner, se Vedlegg 4.15. Hovedsakelig tok gruppen

toalettrull fra Katrin som utgangspunkt i utformingen siden dette merket oftest blir brukt i publikumsbygg, blant toalettrullene i analysen.

Testversjon 1:

Testversjon 1 er den foretrukne funksjonsmodellen hos brukeren fra kapittel 5.8.3 *Sesjon med reelle brukere*. Denne modellen har et rettvisklet område for toalettrull på 110mm, altså 10 mm lengre enn selve lengden på den målte Katrin toalettrullen, før den avrundete formen som er selve håndtaket. På venstre side mot roteringsmekanismen er det et skrått område med relativt slak helning som skal bidra til plassering av toalettrullen lenger unna armlene og nærmere bruker. Samtidig skal det bidra til å holde toalettrullen på plass, slik at den ikke beveges bortover toalettrullholderen ved bruk. Diameter på selve sylindret er 20 mm. Testing av modellen viste at diameter først og fremst var noe stor, for enkel forsyning med toalettrull. I tillegg ble 110 mm på det rettvisklede området noe langt, og gjorde at toalettrullen fikk noe sleng ved bruk.



Figur 52 - CAD-modell av testversjon 1 (Isaksen, 2022)

Testversjon 2:

Basert på testing av funksjonsmodellen, ble det utarbeidet en ny versjon av formen, der det rettvisklede området først og fremst er kuttet ned for mer stabilt oppheng av toalettrullen, slik at toalettrullen roteres i samme bane ved bruk. Avstanden ble kuttet med 20mm, men testing viste fremdeles tegn på uønsket sleng ved rotering. Videre ble diameteren til sylindret nedjustert til 18 mm, etter anbefalinger fra Tor Erik Nicolaisen, om at metallrør ikke bør være mye mindre enn dette. Særlig i henhold til produktet som utvikles i oppgaven, som gjerne skal kunne tåle middels belastning. I forhold til funksjonsmodellen, testversjon 1, ble høyden på selve leddet justert for mer optimal montering på armlener. På figur 53 kan man se hvordan testversjonen kom til liv ved bruk av rapid prototyping, basert på en CAD-modell.



Figur 53 - CAD-modell og rapid prototyping av testversjon 2 (Selvillustrert foto, 2022)

Testversjon 3:

Basert på tidligere testing, ble det utarbeidet en ny versjon, testversjon 3, gjennom 3D-printing. Sammenlignet med tidligere versjoner ble det modellert et kortere rettvinklet område for oppheng av toalettrullen. Samtidig ble det implementert en brattere vinkel opp mot roteringsmekanismen. Slik holdt toalettrullen seg bedre på plass ved bruk. Modellen visualiseres i figur 54.



Figur 54 - CAD-modell og rapid prototyping av testversjon 3 (Selvillustrert foto, 2022)

Testversjon 4:

Forbedring av friksjon ble forsøkt gjort gjennom plassering av møbelknotter, laget av gummi, på overkanten av sylindret på modellen i testversjon 3. Testing av knottene gjorde at toalettrullen fikk mer friksjon, nesten litt for seig slik at det var vanskelig å i det hele tatt rotere toalettrullen.

Det ble testet bruk av både en og to møbelknotter, men forsøkene hadde ingen synlig forskjell fra hverandre.



Figur 55 - Møbelknotter plassert ved oppheng av toalettrull (Selvillustrert foto, 2022)

5.8.5 Utvikling og testing av roteringsmekanisme

For optimalisering av konsept er det utarbeidet detaljerte skisser for hver delkomponent. Dette kapitlet presenterer de ulike variantene for roteringsmekanismen, samt testing av de ved hjelp av 3D-printing. Ideen bak mekanismen er en «shell structure» som beskytter den roterende mekanismen. Dette gir først og fremst færre skjøter og mer hygienisk sammensetning, med færre sprekker der det kan samles smuss og bakterier. I tillegg bidrar dette «huset» til et mer kontinuerlig og estetisk utseende, der man ikke ser alle komponentene til mekanismen. Hovedsakelig er det testet ulike mekaniske anslag og fjærstempler, samt dimensjoner, for å finne frem til det optimale. Roteringsmekanisme med magneter ble også 3D-printet, men på grunn av trøbbel med frakt av magnetene, var det ikke mulig å teste de. Foto av de ulike mekanismene med hull til magneter er derimot illustrert gjennom foto i Vedlegg 4.16.

Testversjon 1:

Basert på ønske om en mer kontrollert, stabil og merkbar fjær, som har en mer begrenset rotasjon, ble det tegnet inn mekanisk anslag, samt «hakk» og hull til et M3 fjærstempel til rotasjon begrenset til 180°. Testing viste først og fremst at fjærstempelet påførte for liten kraft, i tillegg ble sylindret inni «huset» skeivt på grunn av feil utforming på mekanisk anslag og feil toleranser mellom komponentene. Det var særlig tydelig at M3 fjærstempel var litt vel lite, noe som ikke bare førte til de negative aspektene allerede nevnt, men gjenging av hullet til stempelet

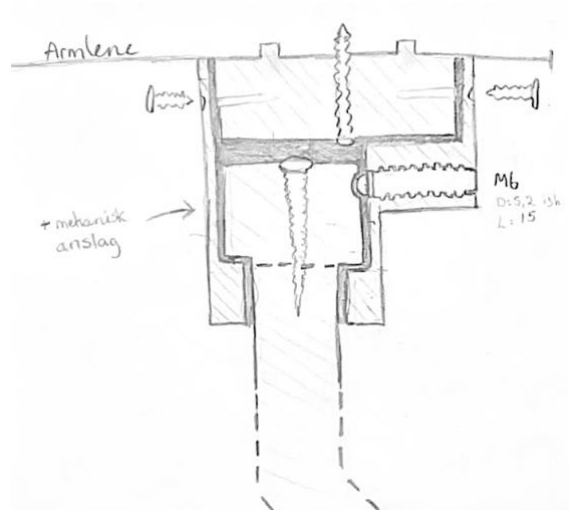
var også vanskelig å få definert og bra. Hensikten med et lite fjærstempel var å bruke så lite plass som mulig for et mer estetisk utseende av «huset» til mekanismen, men det funket ikke helt optimalt.



Figur 56 - Rapid prototyping av roteringsmekanisme (Selvillustrert foto, 2022)

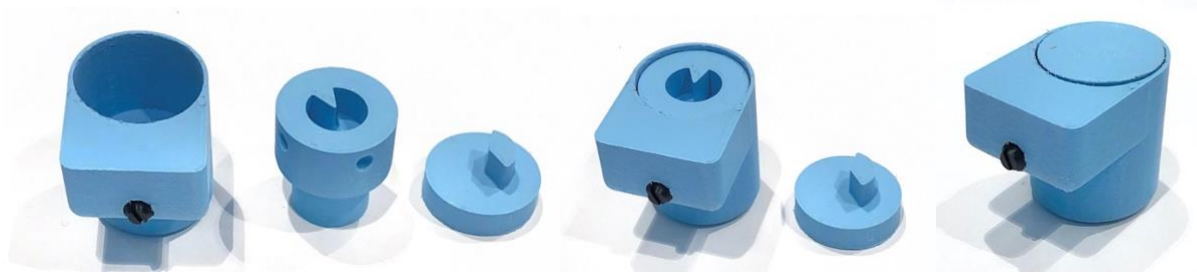
Testversjon 2:

På grunn av for liten påføring av kraft i «hakkene» i testversjon 1, ble rotasjonen heretter testet med M6 fjærstempel. Et slikt fjærstempel er rundt dobbelt så stort som M3, består av en sterkere fjær, og har en større kule som vil gjøre hakkene mer merkbare. Testversjonen følger skissen på figur 57, deretter ble det 3D-printet en modell basert på en CAD-modell av løsningen.



Figur 57 - Utsnitt av testversjon 2 (Isaksen, 2022)

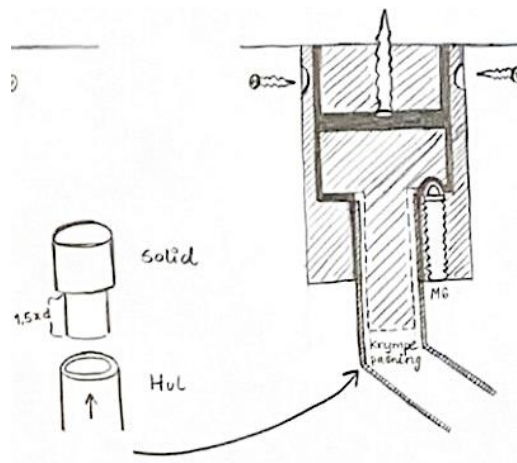
Sammenlignet med tidligere testversjon med mekanisk anslag på selve rotasjonsleddet, ble det i denne versjonen integrert mekanisk anslag som en del av tappen, altså den delen som skrues opp til armlenet. Mekanisk anslag er i figur 58 den delen av løsningen som ligner på et kakediagram. Et større fjærstempel gjorde de ulike hakkene tydeligere, slik at det lagde en «klikk»-lyd ved rotering. Dette var ikke den opprinnelige hensikten, men kan bidra til mer intuitiv bruk for personer med nedsatt syn, ved at de kan få kommunisert funksjonen auditivt. Sammensetningen av rotasjonsleddet visualiseres i figuren ovenfor, der fjærstemplet er plassert høyere opp, og gjør «huset» til løsningen betydelig større og mer asymmetrisk. I henhold til produksjon av produktet er det tenkt at produktet er komponentbasert hvor alt skrues sammen ved montering.



Figur 58 - 3D-printet roteringsmekanisme, steg 1-2-3 for montering av den (Selvillustrert foto, 2022)

Testversjon 3:

Testversjon 3 ligner testversjon 2 i stor grad ved at det er tegnet inn samme mekaniske anslag og det tas i bruk M6 fjærstempel for påføring av kraft i «hakkene». Plassering av stemplet har derimot ny posisjon, og presser inn i «hakk» på undersiden av leddet. I henhold til produksjon er det forsøkt å minske antall komponenter montør/sekundærinteressent vil trenge å sette sammen, ved at leddets øvre del settes sammen med toalettrullholder ved hjelp av en krympepasning før levering til kunde. Dette er ikke illustrert i selve 3D-printingen, da metoden er egnet for metall og ikke PLA, men er illustrert i figur 59. Dette vil i endelig produkt gi en svært sterk sammenkobling som er nærmest umulig å ta fra hverandre, og vil fjerne mer risikofylte skjøter sammenkoblet med skruer.



Figur 59 - Utsnitt av testversjon 3 (Linder, 2022)

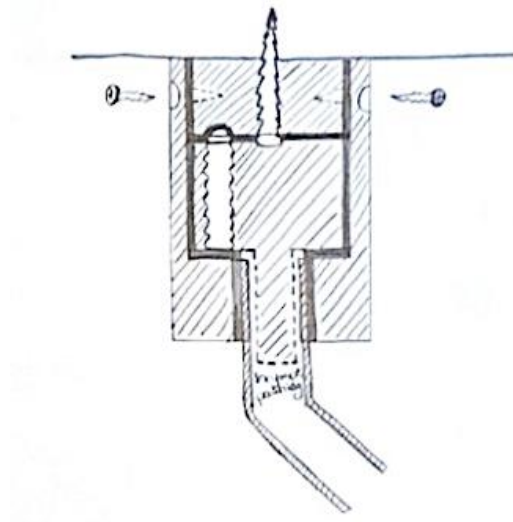
På figur 60 illustreres utsnitt av testversjonen i praksis, uten skruer og tilhørende skruer vel og merke. Versjonen var kun for å teste ny form, funksjon og plassering enn tidligere.



Figur 60 - 3D-printet roteringsmekanisme, steg 1-2-3 for montering av den (Selvillustrert foto, 2022)

Testversjon 4:

Testversjon 4 er en variasjon av testversjon 2 og 3, visualisert på figur 61, hvor fjærstempelet er montert på innsiden av huset fremfor fra utsiden. Årsaken til denne plasseringen er ønske om å minimere antall skjøter og potensiell oppsamling av smuss. Ved å skjule skruhodet til fjærstempelet inni «huset» har produktets ytre en jevn overflate som er enkel å rengjøre.



Figur 61 - Utsnitt av testversjon 4 (Linder, 2022)

Basert på utsnittet ovenfor ble det 3D-printet en rask modell av roteringsmekanismen med tilhørende «shell structure», figur 62. Fjærstempel på innsiden fjernet definitivt et av de potensielt uhygieniske aspektene, men selve skruehodet hindret tappens i å bli plassert inntil øvre del av roteringsmekanismen, slik bildeserien nedenfor illustrerer. Dette vil være ugunstig ved blant annet montering, og motvirker forsøk om å ha hele mekanismen skjult inni et hus.

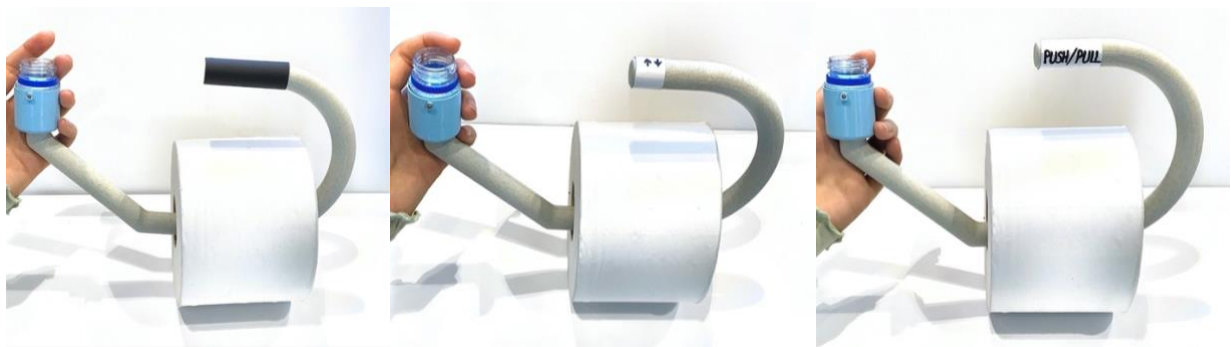


Figur 62 - 3D-printet roteringsmekanisme, steg 1-2-3 for montering av den (Selvillustrert foto, 2022)

5.8.6 Utvikling og brukertesting av tekstur/markering

Brukertestingen av funksjonsmodellen fikk frem ønske om implementering av symboler som kan sørge for bedre kommunikasjon av funksjon. «Håndtaket» på selve toalettrullholderen hadde ikke god nok produktsemantikk i seg selv, og det var tydelig et behov for symboler, markeringer eller teksturer for mer intuitivt design. Det ble i denne sammenheng skissert ulike ideer til

tekstur/markeringer, som illustreres i Vedlegg 4.17. Basert på skissene ble det utvalgt noen, som ble skisset og plassert på en toaletttrullholder for brukertesting. På grunn av vanskeligheter med å nå ut til reelle brukere, ble testene gjennomført på ulike bekjente og ukjente studenter ved NTNU i Gjøvik. Figuren nedenfor viser de generelt foretrukne løsningene hos testpersonene. Det var noe variasjon i hvilke teksturer/markeringer personene foretrakk, men det var generell enighet i hvilke som kommuniserte best funksjonen. De foretrukne løsningene var kontrastområde der man skal dytte med hånden, piler som pekte de ulike retningene for rotasjonen og push/pull. Dette var løsninger gruppen allerede trodde skulle være mest intuitive, da symbolene brukes ofte og de fleste har interagert med de tidligere. Testingen bekreftet dette, ved at flest foretrakk disse løsningene. Flertallet foretrakk piler fremfor push/pull, og mange nevnte at de foretrekker en kombinasjon av kontrast og piler. Flere syntes kontrasten burde ta opp noe større del av den buede formen.



Figur 63 - De foretrukne løsningene i brukertesting av tekstur/markeringer (Selvillustrert foto, 2022)

5.8.7 Utvikling og testing av festemekanisme mellom armene og toaletttrullholder

I Vedlegg 4.18 illustreres ulike skisser for festemekanisme mellom «tappen» til selve roteringsmekanismen og armlenet. Det er idémøydret mange ulike versjoner, og deretter tatt en muntlig vurdering basert på blant annet tips fra folk i fagfeltet. Det ble konkludert med at den enkleste mekanismen å implementere er en med bruk av skruer. Mange av skissene utarbeidet ville først og fremst krevd en mer omfattende produksjonsprosess, men også ført til en mer komplisert montasje.

For godt feste til armlenet er det idéutviklet ulike «klosser» som skal gjøre montasjen lett, samt mer stødig. Denne klossen vil variere ut ifra form på armlenet, og er derfor ikke testet grundig med fysiske modeller. Gruppen har kun testet en rektangulær versjon, som passer på et selvkonstruert armlene i treverk. Klossene som er idéutviklet visualiseres i Vedlegg 4.18. Klossene monteres i ulike hule armlener ved hjelp av pop-nagler, ved eventuelle solide armlener må klossene skrues fast.

5.9 Endelig konsept

Endelig opphengssystem består av fem delelementer som monteres sammen ved hjelp av en krympepasning, fire pop-nagler, to M3 skruer og et M6 fjærstempel. Krympepasning er sammenføyningsmetoden mellom roteringsleddet og selve toaletttrullholderen, pop-naglene fester klossen og «tapp» til armlene, M3 skruene fester «huset» til «tappen» og fjærstempelet påfører kraft i ulike «hakk» slik at roteringsmekanismen kan stoppe i ulike posisjoner. Det endelige opphengssystemet kan roteres totalt 180°. Det ble avdekket tidligere i prosessen at 180° rotering vil gi mer kontroll enn 360°, ettersom 360° roteringsevne kan føre til at toaletttrullholderen plasseres uheldig for neste person skal bruke løsningen. I tillegg stopper opphengssystemet i tre ulike hakk. Hakkene gir nok stødighet ved bruk av toaletttrull, men krever samtidig lite kraft for å roteres videre. Dette sørger for å inkludere personer med nedsatt mobilitet som krever fleksibilitet, samt personer med nedsatt syn som ønsker stabilitet. Toaletttrullholderens evne til å rotere vil også sørge for at toaletttrull kan komme nærmere venstre hånd, dersom holderen er montert på høyre side. En er derimot ikke nødt til å rotere toaletttrullholderen, standard posisjon er allerede mer optimal enn tradisjonelle toaletttrullholdere, ettersom toaletttrullen i høyere grad havner foran bruker. En vil dermed unngå uheldig belastning som ofte oppstår under samhandling med tradisjonelle toaletttrullholdere, ettersom disse ofte er plassert under armlenet eller på veggen. Toaletttrullholderens form sørger for at toaletttrull ikke kan falle enkelt av, i tillegg vil rullen få bedre friksjon ettersom opphenget har en større diameter enn mange andre. Samtidig er det enkelt å bytte toaletttrull, hvor en først må rotere holderen enten til venstre eller høyre, og deretter tre toaletttrullen enkelt på etter holderens kurvatur. Ikke bare vil løsningen tilfredsstillende krav hos brukergruppen, men også komme til nytte hos andre. Eksempelvis kan løsningen gjøre det enklere for foreldre å hjelpe småbarn på toalettet. Mange toaletttrullholdere tar opp essensiell plass ved siden av toalettet, ettersom gruppens konsept er smalt og fleksibelt,

vil dette problemet også minimeres. Sammensetningen av opphengssystemet på et armlene, illustreres i figur 64. Produktet skal være produsert i rustfritt stål, med ulike overflatebehandlinger for å tilfredsstille krav i henhold til hygiene og kontrast.



Figur 64 - Rendering av endelig konsept montert på armlene (Isaksen, 2022)

Prosesen har vært preget av stort fokus på hygiene, hvor det er forsøkt å utvikle et produkt med så få skjøter og skruer som mulig. I publikumsbygg, særlig offentlige toalett, er det høy trafikk og det kan potensielt samles opp mye bakterier. Ved å ta i bruk blant annet en shell structure rundt roteringsmekanismen skjuler alle delelementer og skjøter seg inni formen, noe som hindrer oppsamling av smuss. I ulike testversjoner av roteringsmekanismen var det forsøkt å fjerne sprekker ved skruer og sammenføyninger fullstendig, men det ødela for mekanismen på innsiden. Sprekker er minimalisert ved at kun et M6 fjærstempel og pop-nagler festet til klossen kan samle opp smuss. Optimalt vil disse skruehodene derimot være utstyrt med et plastdeksel som dekker til sprekkene. Det er vanskelig å rengjøre selve skruehodene, og plastdeksler vil løse dette, og gjøre løsningen enda mer sanitær. De bakterie-sensitive komponentene er derimot plassert på mindre tilgjengelige steder, og ikke nødvendigvis på steder brukerne vil ta mye på. Selv uten plastdeksler vil løsningen være nokså sanitær og enkel å rengjøre.

5.9.1 Toalettrullholder

For selve toalettrullholderen er testversjon 3 fra *kapittel 5.8.4 Utvikling og testing av toalettrullholder* videreført til endelig konsept. Utformingen til denne versjonen er optimalisert i henhold til Katrin toalettruller som brukes i publikumsbygg, og deretter testet opp mot eksisterende armlener slik at holderens håndtak går på linje med eksisterende løsninger. Slik bryter ikke løsningen med estetikken i rommet, og gir et helhetlig formuttrykk. Sylindret er tilpasset dimensjonene til Katrin, med 18mm i diameter. Arbeidstegning av komponenten i sin helhet visualiseres i Vedlegg 4.20 - Arbeidstegninger. Videre er det forsøkt å optimalisere plassering av toalettrullen, slik at den har god og lang avstand fra selve armlenet. Dette er gjort gjennom en vinklet del mellom roteringsmekanismen og der toalettrullen henger, som visualiseres i figur 65. Gruppen har gjennom testing funnet ut at det er svært lite hensiktsmessig med en roterende toalettrullholder dersom toalettrullen kun roterer tett rundt roteringsaksen. Selve utformingen til toalettrullholderen skal visualisere formen til et håndtak, slik at produktet er intuitivt i bruk og kommuniserer tydelig produktsemantikk. Produktsemantikken er forsterket gjennom bruk av kontraster og symboler, som presenteres i *kapittel 5.9.3 Tekstur/markering*.



Figur 65 - Rendering av endelig utforming på toalettrullholder (Isaksen, 2022)

5.9.2 Roteringsmekanisme

Roteringsmekanismen til konseptet er en videreføring av testversjon 3 fra *kapittel 5.8.5 Utvikling og testing av roteringsmekanisme*. Mekanismen består av en shell structure, ledd, mekanisk

anslag og fjærstempel med tilhørende «hakk». Fullstendige mål på komponentene visualiseres i Vedlegg 4.20.

Optimalt sett skulle fjærstempelet vært plassert på innsiden av huset, men på grunn av komplisert geometri viste det seg vanskelig gjennom testing. På grunn av dette er fjærstempelet tenkt montert fra utsiden av huset. Dette gjør produktet noe mindre sanitært, men plasseringen er nokså utilgjengelig og vil ikke være veldig bakterieoppsamlende. Ved lansering av produkt derimot vil det være hensiktsmessig å implementere et plastdeksel rundt. Plassering av stempelet i henhold til testversjon 3 gir derimot bedre tilgang til fjærstempelet, slik at det kan strammes ved behov. Naturligvis kan fjærstempelet løsne litt over tid, og det kan bli nødvendig å stramme til skruen for tydeligere definisjon av «hakkene». Både fjærstempelet og resten av roteringsmekanismen er i stål, noe som gir mindre slitasje over tid. Ved implementering av testversjon 4 vil dette være noe mer komplisert å gjennomføre, fordi man er avhengig av demontering av hele løsningen for tilgang.

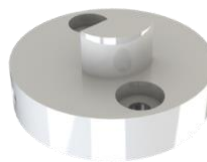
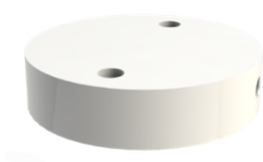
Siden produktet skal produseres i rustfritt stål, og leddet kan forårsake friksjon og slitasje over tid, vil det optimalt sett implementeres en tynn plathylse på innsiden av huset. Med en oljesmurt plathylse vil man motvirke de negative aspektene ved friksjon og sørge for at produktet har lang levetid. De ulike delkomponentene som utgjør roteringsmekanismen illustreres i figur 66, 67 og 68.



Figur 66 - Rendering av shell structure/hus (Isaksen, 2022)



Figur 68 - Rendering av leddet med mekanisk anslag (Isaksen, 2022)



Figur 67 - Rendering av «tappen» med mekanisk anslag (Isaksen, 2022)

5.9.3 Tekstur- og fargevalg

Gjennom tidligere testing i *kapittel 5.8.6 Utvikling og brukertesting av tekstur/markering* ble det idéutviklet ulike symboler og markeringer for mer intuitiv bruk av produktet. Siden produktet introduserer nye ukjente funksjoner ved opphengssystem for toalettruller er det vesentlig at produktet har god produktsemantikk og at løsningen er intuitiv. Med bakgrunn i de foretrukne tekstur/markeringene blant testpersonene ble det implementert både kontrast og piler i endelig konsept. Figur 69 illustrerer løsningen fra brukerens perspektiv.

Farge på selve løsningen er valgt i henhold til allerede eksisterende romløsninger, slik at produktet skal passe inn blant allerede etablert estetikk eller kunne implementeres i et hvert rom. Det er som sagt plassert piler for tydeligere kommunikasjon av roteringsfunksjonen. Pilene peker to retninger, de ulike retningene det er mulig å rotere produktet. Plassering av pilene er valgt hensiktsmessig i den forstand at, pil-retningen som roterer løsningen foran bruker, kommuniseres ytterst og først. Figuren nedenfor illustrerer produktet montert i rom, på armlene.



Figur 69 - Brukerperspektiv av endelig konsept (Isaksen, 2022)

I følge byggt teknisk forskrift er det krav om minimum 0,4 luminanskontrast mellom fastmontert utstyr og bakgrunn. I henhold til endelig konsept er det derfor implementert kontrast på håndtaket ved hjelp av mørk/lys kontrast, der håndtaket har mørkere farge slik at det står i kontrast med bakgrunnen. Slik vil håndtaket være fremhevet fra resten av løsningen, og dermed utgjøre den viktigste visuelle kommunikasjonen. Det lysere området på opphengssystemet er en lys gråtone fremfor helt hvit, for å utgjøre noe kontrast med omgivelsene.

Pilene i endelig konsept er tenkt i en grønn farge, med høy metning, som tydeligere skal symbolisere klarsignal og oppfordring til å interagere med løsningen. I sammensetning med den mørke kontrasten, vil håndtaket fungere som bakgrunn for de grønne pilene og skape en positiv luminanskontrast, som tydelig vil skille mellom elementene. Det er utført målinger og utregninger av luminanskontrast mellom koksgrå håndtak og grønne symboler, som illustrert i figur X, ved bruk av *NCS fargekart* og *NCS lightness-meter* som illustreres nedenfor.



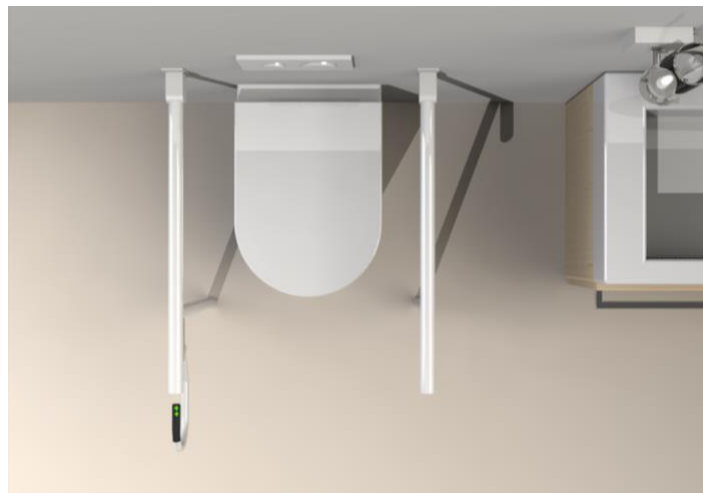
Figur 70 - NCS lightness-meter (Selvillustrert foto, 2022)



Figur 71 - Prototype av endelig løsning, med både grønne og lys grå piler (Selvillustrert foto, 2022)

Disse verktøyene hjelper med å finne refleksjonsgraden til valgt koksgrå- og grønn nyanse. Ved utregning ble luminanskontrasten mellom fargene 0.87, som er godt over TEK17 krav på 0.4. Utprøving med briller som simulerer grønn fargeblindhet ga noe mindre kontrast, men fremdeles tilstrekkelig for å skille fargene.

Figur 72, 73 og 74 illustrerer hvordan pilene fremtrer gjennom fugleperspektiv i eksisterende romløsning, med valgte kontraster.



Figur 72 - Fugleperspektiv av tekstur/markering i 90 grader posisjon (Isaksen, 2022)



Figur 73 - Fugleperspektiv av tekstur/markering i 0 grader posisjon (Isaksen, 2022)



Figur 74 - Fugleperspektiv av tekstur/markering i 180 grader posisjon (Isaksen, 2022)

5.9.4 Festemekanisme til armlene

Festemekanismen mot armlenet er utviklet slik at tapen skal ha en flat overflate å monteres i, ettersom mange armlener har varierende former, ofte avrundet. Det er derfor utviklet ulike former på festemekanisme mot armlenet, ettersom det ikke finnes en standardisert form på eksisterende armlener. Figur 75 og 76 viser to eksempler på hvordan festemekanismen kan se ut, sett fra ulike vinkler.



Figur 75 - Kloss for rettinklet armlene (Isaksen, 2022)



Figur 76 - Kloss for avrundet armlene (Isaksen, 2022)

Hensikten med klossen er først og fremst det overnevnte, men den kan i tillegg bidra til avlastning av spenning som påføres shell structure ved blant annet feilbruk. Dersom brukeren skulle brukt håndtaket på toalettrullholderen som støtte ved oppreisning vil klossen bidra til jevn belastning over et større område fremfor konsentrert på tappen. Slik vil ikke selve roteringsmekanismen bli utsatt for all belastningen, og ha mindre sjanse for deformasjon ved feilbruk. Ideelt vil det være en «fail-safe» innebygd i løsningen som kan bidra til hindre at produktet blir ødelagt ved såkalt feilbruk.

Figur 77 illustrerer formuttrykket til de ulike klossene plassert med løsning på armlene.



Figur 77 - Produktet montert med de ulike klossene på armlene (Isaksen, 2022)

5.9.5 Montering

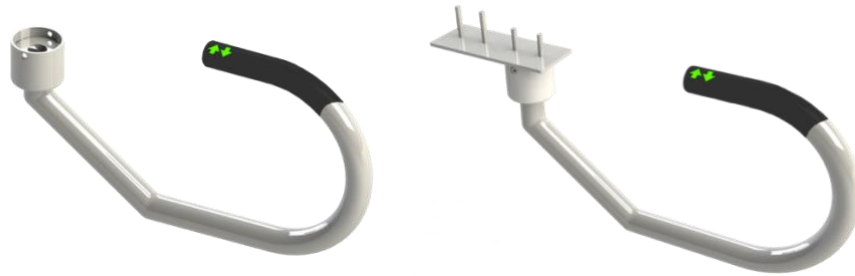
Det er tenkt at produktet skal bli levert til montør i tre deler, ettersom krympepasning utføres på fabrikk hvor delementene på figur 78 vil sammenføres og dermed være klar for montering.



Figur 78 - Delementer som sammenføres på fabrikk (Isaksen, 2022)

Den sammenføyde delen vil leveres som én del til montør, deretter vil montøren montere resten til armlenet ved hjelp av tapp, kloss og skruer, slik figur 79 illustrerer. På grunn av utformingen til løsningen er det umulig å produsere hele leddet/toalettrullholderen i én del, og det er nødvendig å produsere i mindre komponenter. I forsøk om minimalisering av synlige og svake skjøter mellom komponentene er selve krympepasningen implementert, noe som bidrar til en ekstremt stabil sammensetning og behov for færre skruer. Det negative aspektet med denne

sammenføyningsmetoden er at det innebærer en komplisert fremgangsmåte som må gjennomføres av fagfolk på fabrikk.



Figur 79 - Løsningen montert ferdig på fabrikk og utseende etter ferdig montering (Isaksen, 2022)

Ved levering av løsningen vil det være en midlertidig klistrelapp plassert på opphengssystemet slik at montøren installerer løsningen riktig retning. At løsningen monteres riktig er helt vesentlig for at rotasjonen skal fungere slik den er tenkt. Det er utviklet en monteringsanvisning som illustrerer dette, se Vedlegg 4.19. Figur 80 illustrerer sammensetningen av deelementene i sin helhet i en *Exploded View*.



Figur 80 - Exploded View av løsningen som en helhet (Isaksen, 2022)

5.9.6 Endelig prototype

For endelig prototype med grønne piler er det tatt i bruk lasersintring med Nylon 12. Ved tidligere modellering ble det brukt 3D-printing med PLA-filament. Ved sammensetning og testing av denne modellen derimot ble PLA et for mykt materiale som deformerte seg enkelt ved påføring av kraft. Fjærstemplet påførte blant annet for mye kraft inni leddet, slik at materialet ble slitt bort og roteringsmekanismen ble mindre merkbar. I tillegg tillater ikke 3D-printing produksjon av så store deler, noe som gjorde at prototypen måtte printes i flere deler. Dette ga dårlig sammenkoblinger mellom de inndelte komponentene, og det funket dermed dårlig ved testing. Sammenføyningene gjorde også komponentene mer upresise da de måtte sammenføres ved bruk av lim. Bruk av lasersintring derimot er både mer nøyaktig og holdbart, og det krevdes færre skjøter mellom delene for å sette sammen modellen. Figur 81 illustrerer prototypen laget gjennom lasersintring.

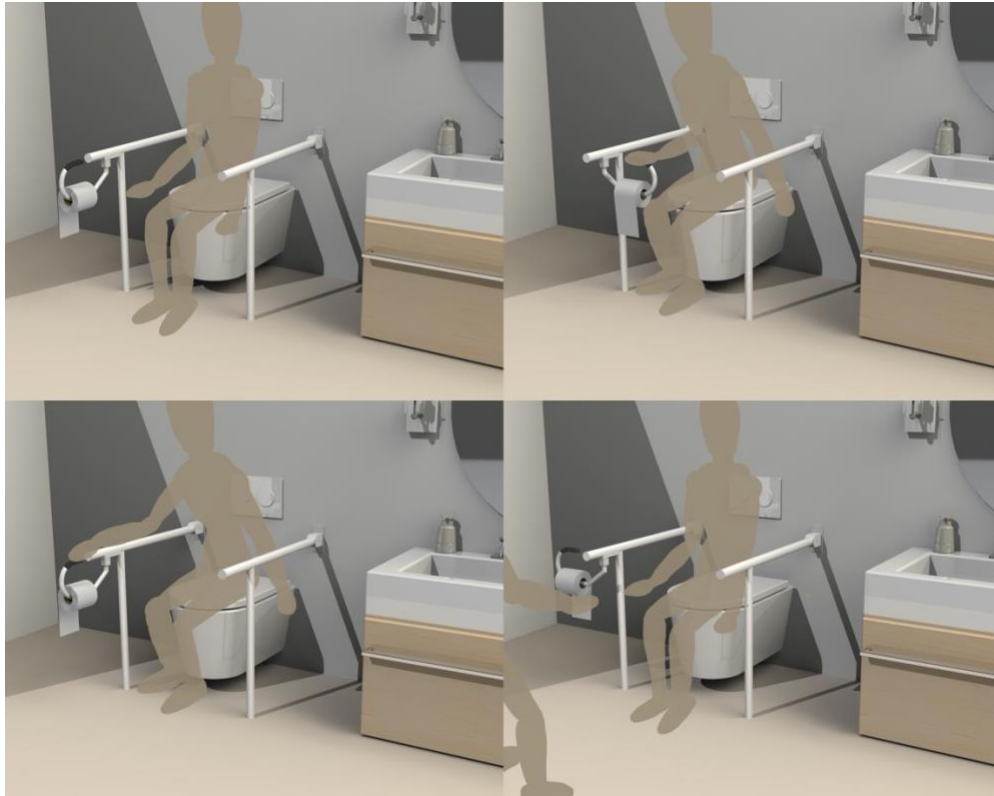


Figur 81 - Endelig prototype etter ferdig montering, med unntak av to skruer/nagler (Selvillustrert foto, 2022)

5.9.7 Scenario

Bildeserien på figur 82 illustrerer samhandlingen mellom bruker og produkt i de ulike rotasjonshakkene. Ved rotasjon til høyre, 180°, er det tegnet inn en skikkelse til, da denne løsningen gir bedre tilgang for personer med assistent. Figuren viser produktet i normalposisjon, samt rotasjon av løsningen ved bruk av kraftgrep på partiet med kontrast. Grepet det er snakk om er et diagonalgrep, med hele hånden foldet rundt gjenstanden. Rotasjonen vil derimot ikke kreve så mye kraft, og det kan holde å dytte løsningen lett fra kroppen. På denne måten er man ikke

avhengig av god fysisk form eller fullstendig bevegelighet i armer og ledd. Formen til produktet kommuniserer hvilket grep som er hensiktsmessig, og på grunn av den tynne konturen til produktet vil produktsemantikken tilsi at man ikke trenger å dytte for hardt. Samtidig vil utforming av rotasjonsmekanismen kommunisere at en ikke skal påføre kraft diagonalt. På grunn av brukerens hyppige interaksjon med produktet, er det valgt overflatebehandling for behagelig haptisk informasjon. I tillegg kan fjærstempel bidra med noe auditiv informasjon.



Figur 82 - Rendering av interaksjon mellom bruker og produkt (Isaksen, 2022)

På figur 83 illustreres plassering av toalettrull på armlene i oppslått posisjon. Den avrundede formen skal hindre toalettrullen i å falle av, ved alle de ulike hakkene, både i oppslått og nedslått posisjon.



Figur 83 - Rending av armlene i oppslått posisjon med toalettrull (Isaksen, 2022)

5.9.8 Materiale

Sammenligning av materialer

I henhold til kravene spesifisert i kapittel 4.7 *Kravspesifikasjon, materialer* illustrerer tabell 14 et sammendrag av utforskede materialers egenskaper sammenlignet med hverandre. Egenskapene ses i sammenheng med ønskede kvaliteter på sluttproduktet, slik at det mest egnede og hensiktsmessige materialet blir valgt til produktet.

Om egenskapene i tabellen: Slitestyrke blir i tabellen målt som seigheten eller slagstyrken til materialet, en høy verdi vil tilsvare god opprettholdelse av struktur over tid, noe som er ønskelig. Duktilitet måles som en verdi av kreftene som vil forårsake plastisk deformasjon, en høy verdi vil tilsvare lav duktilitet. Det er ønskelig med en verdi relativt nær bruddstyrken for å minimere rom for plastisk deformasjon mellom strekk - og bruddfasen. Stivhet måles som en verdi av Youngsmodulen, der en høy verdi vil sørge for at materialet kan motstå større krefter og minimere tøyning. Vannabsorpsjon måles som en prosentvis økning i vekt etter 24 timer eksponering av vann. Tabellen ser på egenskapene individuelt, men i praksis vil egenskaper som lav vekt bety at det kan benyttes mer materiale og dermed øke både bruddstyrke og stivhet i strukturen.

Egenskaper / Enhet	Austeni- ttisk rustfritt stål 201- legerin g	Messin g	Aluminiu m(7075- legering)	Trever k (Gran)	ABS	PLA	Polyka r-bonat	Nylo n 11
Vekt g/cm³	7,81	8,49	2,81	0,34	1,12	1,24	1,43	1,02
Bruddstyrke MPa	515	360	225	84	36,5	53	125	48,5
Stivhet Gpa	197	97	71,7	9,1	2,0	3,8	8,0	1,24
Seighet kJ/m²	37	25	17	19,6	20	16,2	35	10
Duktilitet MPa	260	140	105	30	39	60	125	42,5
Vann Absorpsjon %	<0,5	<0,5	<0,5	2,5	0,9	1,0	0,15	1,75
Magnetisk	*Nei	Nei	Nei	Nei	Nei	Nei	Nei	Nei

Tabell 14 - Sammenligning av undersøkte materialer (selvillustrert tabell, 2022)

*Må bearbejdes med omhu for å ikke få magnetiske egenskaper

Verdier i tabellen er hentet fra kildene: Omnexus (u.å.), Combined Metals (u.å.), Ezlok (u.å.), AZO Materials (u.å.), Matweb (u.å.), Fabbrix Italy (2019), Peronda (u.å.), Das, Rengaswamy, Singh (2011).

Materialvalg – Austenittisk, rustfri stållegering

For gruppens løsning behøves et materiale som kan tåle stor vekt, ettersom toalettrullholderen kan bli utsatt for feilbruk. Dette er grunnet den utradisjonelle plasseringen, hvor opphengssystemet er plassert på ytterkanten av armlenet og i motsatt retning. Det vil derfor være risiko for bruk av produktet som et armlene. Løsningen bør ideelt derfor ha et enkelt festepunkt som får majoriteten av belastning, og en mekanisme som sørger for at produktet gir etter ved for stor kraft. Dette for å unngå plastisk deformasjon. Materialet må derfor tåle så mye belastning som mulig før mekanismen gir etter, slik at en unngår uheldige situasjoner der mekanismen utløses uforventet og bruker faller. De to viktigste egenskapene i forhold til dette er stivhet og bruddstyrke.

Med bakgrunn i tabell 14 over mekaniske egenskaper blant ulike materialer, er det vurdert at austenittisk rustfritt stål 201-legering vil oppfylle oppgavens krav best. Desidert høyest bruddstyrke og stivhet, samt lav duktilitet gir materialet best evne til å motstå deformasjon og brudd, og høy seighet gir et slitebestandig produkt med lang levetid. Legeringen opprettholder god korrosjonsbestandighet, er ikke magnetisk, og har lavere nikkelinhold, noe som bidrar til å senke legeringens pris.

5.9.9 Produksjonsmetode og overflatebehandling

Ved bruk av austenittisk rustfritt stål kan sprøytstøping benyttes for å produsere husets presise form. For selve opphenget til toalettrullen kan rørvalsing kan benyttes. Overflaten på opphenget kan behandles med pulverlakkering slik at en oppnår bedre berøringsoverflate, med ønsket fargevalg.

Ved sprøytetestøping vil det benyttes en blanding av termoplastisk granulat som bindemiddel, typen termoplast har ingen betydning ettersom bindemiddelet fjernes ved sintring, og dermed ikke har innvirkning på støpningsprosessen. Termoplasten kan eksempelvis være polyetylen. Støpeform bør utformes med avløp og skråhelling som leder potensielle defekter mot utkanten av formen, slik kan en sikre bedre toleranser på essensielle funksjonelle delelementer. Smøremiddel i form av olje må benyttes ettersom stålkomponenter i metallform kan skape stor friksjon, samt produsere varme som vil hindre avkjøling. Emnet skal deretter sinters i ovn for å oppnå fullstendig tetthet og homogenitet på overflaten. Prosessen vil samtidig skille ut det termoplastiske bindemiddelet.

Utsiden av toaletterullholderen skal være ikke-magnetisk slik at tilbehør og andre magnetiske komponenter fra klær ikke fester seg til toaletterullholderen. Alternativet blir å kaldbearbeide materialet kun i området der styrke er viktigst, og varmebehandle områder som kan komme i kontakt med brukeren, ved hjelp av gløding, for å motvirke magnetismen. En negativ effekt av å varmebehandle austenitt derimot vil være en økning i duktilitet og lavere bruddstyrke.

Avhengig av ønskede egenskaper er det mulig å utføre en blanding av metodene, der eksempelvis materialet kaldbearbeides først for å øke styrke, og deretter varmebehandles på spesifikke punkter for å fjerne magnetismen. Ved varmbearbeiding kan temperaturen påføres i kort tid for å kun varme den ytre delen av materialet, dette vil gi en ytre del som er svakere og ikke magnetisk, mens den indre delen ikke rekker å nå høye temperaturer, og dermed forblir sterkere og magnetisk.

Rør til selve opphenget av toaletterull kan enkelt kjøpes inn og må deretter bøyes til ønsket form. Formingen kan foregå ved hjelp av kaldvalsing mellom møllehjul. Kaldvalsing vil herde og styrke emnet ved hjelp av den høye oppløsningsevnen for karbon i stålet. Etter røret er formet, må enden lukkes og avrundes. Dette utføres ved gløding, samt belastning fra ulike vinkler slik at en homogen rund ende sikres. Pulverlakkering vil deretter benyttes for å overflatebehandle røret. Granulatet vil bestå av polyester, da denne typen pulverlakkering har best motstandsdyktighet mot vann og kan bevare fargen bra over tid. Polyester er en termoplast og kan derfor resirkuleres, samt fjernes ved høye temperaturer.

Ettersom endelig produkt skal benytte en krympepasning mellom oppheng og roteringsledd, må det tas hensyn til materialets struktur ved oppvarming og nedkjøling. Oppvarming skal ikke nå temperaturer som vil gløde materialet. For å sikre at det ikke oppstår gløding som vil svekke materialet, bør røret til opphenget oppvarmes, mens stålet nært festepunktet bør avkjøles. Komponentene med høyest krav til styrke og ikke-magnetisme vil dermed få minst mulig påvirkning av oppvarmingsprosessen.

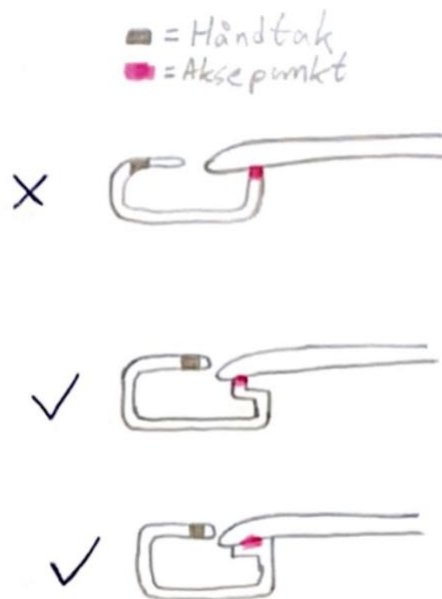
5.9.10 Dreiearm

Toalettrullholderen kan anses som en dreiearm der kraften vil påføres loddrett, ovenfra og ned, ved feilbruk. Ønsket til gruppen er at toalettrullholderen skal tåle størst mulig kraft før bruddpunktet. Omformulerer vi formelen for dreiemoment får vi $F = T / r \sin(\theta)$. Faktorene som påvirker maksimal belastning før deformasjon oppstår, avgjøres dermed av radius på dreiearm og vinkelen kraften påføres fra.

Sinus av vinkelen vil være størst ved 90° , og blir lavere ved både spissere og stumpere vinkler. Ved vinklene 45° og 135° vil sinusen bli 0,7, dette vil gi en økning av kraften på omkring 30%. Mindre endringer i vinkelen ved kraftpåførsel vil ha stor påvirkning på mengden kraft dreiearmen tåler. Det vil derfor være gunstig å utforme håndtaket på dreiearmen slik at brukeren oppfordres til å påføre kraften fra andre vinkler, fremfor loddrett. Eksempelvis kunne vinkelen på håndtaket vært utformet ulikt vinkelen på dreiearmen, slik at det blir mer naturlig for brukeren å belaste produktet i en annen retning. I dette tilfellet ville en slik utforming ødelagt mye av designet, og det er derfor forsøkt å bruke andre elementer som signaliserer at kraften skal påføres horisontalt.

Den største faktoren som påvirker mengden kraft dreiearmen kan motstå, vil være reduksjon av radius der kraften påføres. En halvering av radiusen vil gi dobbel så stor motstand mot dreiemomentet. Her er det viktig å presisere at lengden på dreiearmen i seg selv ikke har stor betydning, men det er punktet der kraften påføres som bestemmer radiusen for beregningen. Designet utformes derfor slik at håndtaket er plassert lenger inn mot aksene, og derfor leder brukeren til å unngå belastning ytterst på dreiearmen. Radiusen er lengden fra kraftpunktet til aksene, og det er derfor mulig å plassere denne gunstig i forhold til håndtaket. Aksene kan

eksempelvis plasseres lenger ut på toalettets armstøtte for å gi mindre radius på dreiearmen, se figur 84. Det er i tillegg implementert en støttestruktur for å feste aksen, men da må aksepunktet beregnes som tyngdepunktet eller midtpunktet av støttestrukturen.



Figur 84 – Illustrasjon dreiearm (Lønsjø, 2022)

5.9.11 FMEA-analyse

FMEA-analysen tar for seg risikomomenter ved opphengssystemet, hvor årsak og virkning til risikomomenter analyseres.

Funksjon Eller Element	Feil	Påvirkning	Alvorlig -hets Grad (x av 10)	Mulige Årsake r	Sannsynlig -hetsgrad (x av 10)	Gjenn- kjennings Mulighet	Risiko priorite t (x av 10)
------------------------------	------	------------	---	-----------------------	--	---------------------------------	--------------------------------------

Feste- punkt	Brukket eller bøyd	Uheldig vinkel eller ikke fungerende holder	10	For stor belast- ning	3	Struktur eller vinkel er tydelig deformert eller utenom normalen	10
Mekanisk anslag	Løsnet eller forskø- vet/defor- mert	Rotering i feil stillinger eller fast klemmt	7	Forsøkt rotert over 180°, belast- ning for stor	2	Står ikke rotert vinkelrett eller kan ikke roteres som normalt	7
Fjærstem- pel	Sitter fast eller blitt svak/løs	Fastklemmt i uheldig posisjon, for løs til å settes i posisjon	5	Innve- ndig fjær feilet/ slitt	2	Får ikke rotert eller sitter ikke godt nok i hakkene	5
Roterings hakk	Fester ikke godt nok	Løs rotering, ikke gode stopp/hakk	2	Slitasje på hakk fra friksjon	5	Ikke betydelig motstand ved innlåste posisjoner	4

Tabell 15 - FMEA-analyse (selvillustrert tabell, 2022)

6 Diskusjon

I enhver utviklingsprosess er det nødvendig at endelig løsning er innenfor oppgavens tema og besvarer problemformuleringen. Det handler ikke nødvendigvis om å utvikle det mest innovative, men det er nødvendig å kunne begrunne valg foretatt i prosessen på en måte som reflekterer problemformuleringen. Det er lett å spore av uten en detaljert plan, og dermed utvikle en løsning som ikke tilfredsstillende faktiske behov. Tidligere kapitler tok for seg selve fremgangsmåten for prosessen presentert, men i hvor stor grad er problemstillingen besvart? Er det mulige risikomomenter som kan utgjøre en trussel ved implementering av løsningen? Diskusjonskapitlet skal omhandle slike sentrale temaer, og forsøke å gi svar på usikkerheter ved løsningen, og eventuelt underbygge argumenter for hvorfor løsningen faktisk tilfredsstillende behovene til brukergruppen.

6.1 Validitet, reliabilitet og etterprøvnbarhet

I løpet av kapittel 5 har gruppen presentert resultat av metodebruk fra kapittel 4. Innen forskning er riktig metodebruk og grundig forståelse for situasjonen essensielt for å oppnå gode resultater, dette gjelder også for design- og utviklingsprosesser. Reliabilitet og validitet er viktige aspekter i slike prosesser. En ønsker helst å oppdage følgefeil tidlig, og resultater bør etterprøves.

Gjennom utviklingsprosessens forløp er det benyttet et mangfold design - og utviklingsmetodikk. Samtidig har personlig tolkning og erfaring påvirket metodebruk til en grad. Det vil her diskuteres hvorvidt metoder er benyttet hensiktsmessig, hvilken grad resultatene er gyldige, samt negativ påvirkning grunnet avvik fra metodikk.

Designmetodikk i henhold til CPS – metoden og inkluderende design, samt den visjonsbaserte modellen er benyttet aktivt gjennom hele oppgavens løp. Felles for alle benyttede metoder er omfattende innhenting av relevant informasjon, en divergerende og konvergerende idéutvikling, etterfulgt av utprøving og inkludering av bruker for å iterere løsninger frem til endelig produkt. Gruppen ser absolutt fordelen med slik metodisk tenkning i gjennomføringen av et prosjekt og har oppnådd resultater gruppen anser som mer gyldig ved å følge systematisk metodikk. Et problemområde gruppen har opplevd underveis er derimot vanskeligheter med å finne reelle brukere det er mulig å inkludere i prosessen. Uten en representativ fokusgruppe, er det usikkert

om løsningen vil tilfredsstillere alle innenfor brukergruppen. For å kompensere for dette har gruppen gjennomført grundig kartlegging av brukergruppen basert på statistikk, og teoretisk informasjon, og til tider har brukertesting vært gjennomført på personer utenfor brukergruppen. Underveis i en prosess er det alltid ting som ikke vil gå perfekt, da er det vesentlig at man klarer å tilpasse seg situasjonen og finne andre gode metoder for innhenting av informasjon og validering av løsning. Gjennom blant annet detaljerte krav ved løsningen, empatiøvelser og tips fra fagfolk har endelig løsning fått reell verdi i den forstand at den tilfredsstiller teoretiske brukere. Kartlegging av markedet har også hjulpet med å danne en forståelse for nåværende situasjon, slik at gruppen ikke faller i samme feller som tidligere utarbeidede løsninger.

For bedre innblikk i brukers situasjon, utformet gruppen tidlig i prosessen en spørreundersøkelse som skulle deles ut til så mange brukere som mulig. Retningslinjer for personverndata gjorde det derimot vanskelig å få kontakt med brukere selv da de verken kan kontaktes personlig og det ikke kan argumenteres for hvordan man har fått innhentet kontaktinformasjon uten å bryte personvern. Spørreundersøkelsen ble sendt ut til store mengder organisasjoner, institusjoner og omsorgsboliger som kunne ha relevans for problemstillingen, men spørreundersøkelsen endte ikke opp med å få respons. Dette ble gjort tidlig i prosjektets forløp, men med behandling av personvernsdata er dette en prosess som kan ta lang tid for organisasjoner å få gjennomført. I kontakt med organisasjonene fikk gruppen noen personlige kontakter for kvalitative metoder, særlig dybdeintervju. Gruppen fikk gjennomført gode dybdeintervju med to førstehåndsbrukere og en medhjelper som førte til langt bedre forståelse for problemet. Ideelt skulle det vært gjennomført flere dybdeintervju, gjerne ved flere stadier i prosessen.

For å kompensere for lite respons fra reelle brukere gjennomførte gruppen testing på personer utenfor brukergruppen. Testene gikk ut på testing av løsningens funksjon og intuitivitet ettersom det er nødvendig å samhandle med andre mennesker for forståelse av deres mentale modell, ikke bare egen. Generelt er det testet mange ulike variasjoner, slik at løsningens validitet øker.

6.2 Universell utforming

I henhold til universell utforming av løsningen, er det jevnlig tatt vurderinger i forhold til de syv prinsippene for universell utforming. Slik sørger en for tilfredsstillelse av faktiske behov, samt inkludering av flest mulig brukergrupper. Det er forsøkt å inkludere flest mulig brukere i endelig løsning, men visse krav ved løsningen har gjort løsningen mindre optimal for blant annet brukergruppen nedsatt syn. Selve håndtaket har god luminanskontrast til resten av opphengssystemet, men funksjonen kunne vært tydeligere kommunisert med brukeren gjennom bruk av en teksturkontrast. På grunn av hygieniske aspekter derimot, er overflater med ujevn eller matt overflate vanskeligere å rengjøre. Særlig på grunn av bruksområdet som er HC-toalett i publikumsbygg, er det viktig at løsningen er rask og enkel å rengjøre.

Løsningen inkluderer ikke alle, eksempelvis personer med høy vekt får kanskje problemer med å rekke toalettrullen når den er rotert til høyre foran bruker. For personer med stumpe ledd kan det være vanskelig å rive av papir da det ikke er en mekanisme implementert for dette.

Nedenfor er de ulike prinsippene for universell utforming, med eksempel på hvordan det er implementert i endelig konsept.

Prinsipp 1 – Like muligheter for bruk

Personer med ulike ferdigheter vil kunne bruke produktet grunnet fleksibilitet i posisjonering og intuitiv symbolbruk med sterke kontraster.

Prinsipp 2 – Fleksibel i bruk

Ulike rotasjonshakk tillater fleksibilitet og valg av individuelle preferanser ved bruk.

Prinsipp 3 – Enkel og intuitiv i bruk

Selve utformingen til opphengssystemet ligner andre løsninger med samme funksjon. Roteringsmekanisme kommuniseres ved bruk av pil-symbol, som skal være gjenkjennelig uavhengig av språkferdigheter og erfaring med løsningen. Erfaring med lignende symboler vil derimot hjelpe til enklere bruk.

Prinsipp 4 – Forståelig informasjon

Symboler og markering av håndtak er synliggjort med sterk kontrast og tydelig plassering. Symbolene brukt er gjenkjennelig for de fleste, og fargevalg vil også kommunisere tydelig med personer med ulike fargeblindheter.

Prinsipp 5 – Toleranse for feil

Feil i produktet vil ikke føre til farer eller uheldige situasjoner for bruker. Ved implementering av feil-safe, som presentert i kapittel 6.10.1 *feil-safe ved bruddpunkt*, vil løsningen sørge for fullstendig sikker bruk av produktet, uten skader på selve produktet ved feilbruk.

Prinsipp 6 – Lav fysisk anstrengelse

Roteringsmekanismen er testet med ulike funksjoner og motstander, optimal balanse mellom friksjon og lite anstrengelse. Bruk av produktet krever ingen store armbevegelser ved at det er plassert innenfor rekkevidde av bruker.

Prinsipp 7 – Størrelse og plass for tilgang og bruk

Produkter er plassert innenfor kort rekkevidde langs armlenet, men kan roteres til sidene ved behov for plassbesparing. I trange rom kan produktet roteres inn mot toalettet for å gi fri plass på siden og foran toalettet. Ved oppslåtte armlener vil produktet heller ikke være i veien for gulvplass og generell oppreisning fra toalett.

6.3 Endelig konsept opp mot kravspesifikasjon

6.3.1 Effektmål og resultatmål

I henhold til effektmål og resultatmål for oppgaven har gruppen klart å komme i mål tilstrekkelig. Et av effektmålene var en inkluderende løsning som inkluderer flere brukergrupper. Endelig konsept tilfredsstiller helt klart flere personer med nedsatt mobilitet og syn, ved at toaletttrullen ikke faller like lett av opphengssystemet. På en annen side kan løsningens funksjonalitet være begrenset for folk med for eksempel høy vekt, stump arm/hånd eller generelt

folk som ikke har mulighet til å bruke begge armer til å rive toalettpapir. For lettere rivning av papir er det optimalt med en overflate som hjelper til med dette. Når det kommer til minimalisering av stigma, er det helt klart at endelig løsning er mer estetisk med bedre utforming. På en annen side vil et opphengssystem for toalettruller alltid være et stigma-sensitivt produkt, og dermed vanskelig å gjøre fullstendig ikke-stigmatiserende.

Når det kommer til resultatmålene for oppgaven, er alle krav tilfredsstillt og presentert i ulike deler av kapittel 5 *Resultat*.

6.3.2 Prinsipiell kravspesifikasjon

I tidligere kapittel 5.6.1 *Diagrambasert evaluering* foretok gruppen en vurdering av de ulike konseptene opp imot den prinsipielle kravspesifikasjonen. Den innledende skissen fikk en total poengsum på 55 og en total vektet poengsum på 135. Sammenlignet med første vurdering har flere av aspektene blitt forbedret, og total poengsum er 62 og total vektet poengsum er 153 for endelig konsept, illustrert i tabell 16. Sammenlignet med tidligere vurdering har kravene funksjonell, flerfunksjonell, brukervennlig, intuitiv, fleksibel og bærekraftig fått høyere poengsummer enn tidligere.

Kriterier	Poeng	Vekting	Vektet
Estetisk	4	2	8
Ergonomisk	4	3	12
Funksjonell	5	3	15
Flerfunksjonell	3	1	3
Brukervennlig	5	3	15
Intuitiv	5	3	15
Fleksibel	5	3	15
Bærekraftig	4	2	8
Universell utformet	4	3	12
Ikke-stigmatiserende	4	2	8

Innovativ	5	1	5
Sanitær	4	3	12
Integrerbar i allerede eksisterende produkter	5	2	10
Integrerbar i allerede eksisterende romløsninger	5	3	15
Total	62		153

Tabell 16 - Diagrambasert vurdering endelig konsept (selvillustrert tabell, 2022)

I forhold til innledende skisse har funksjonaliteten til løsningen blitt forbedret gjennom bedre utforming på opphengssystemet gjennom grundig uttesting og optimalisering av form og dimensjoner. I tillegg har motsatt plassering av løsningen på armlenet sørget for generell bedre funksjonalitet både ved nedslått og oppslått posisjon. Disse aspektene har også forbedret brukervennligheten, sammen med implementasjon av kontrast og symboler som kommuniserer rotasjon. Flerfunksjonaliteten av løsningen har fått en forbedret poengsum på grunn av lettere tilgang for assistent samt gjennom teoretisk implementasjon av fail-safe. Likevel er ikke løsningen flerfunksjonell i den grad at den tilbyr andre funksjoner enn det en toaletttrullholder skal. Når det kommer til hvorvidt løsningen er intuitiv, er det integrert kontrast både i håndtaket og i symbol. På denne måten kommuniserer produktet tydelig funksjonen. I henhold til krav om fleksibilitet er det i gruppens øyne ingen forbedringer som kan implementeres for bedre fleksibilitet. Sammenlignet med eksisterende løsninger er utviklet konsept langt mer fleksibelt, ved at den kan roteres etter brukers behov. Det kan argumenteres for at det kunne vært rotasjon 360 grader, men dette vil i gruppens øyne sørge for ukontrollerte rotasjoner som kan være i veien, og dermed dårligere brukervennlighet ved løsningen. En begrenset rotasjon, er mer hensiktsmessig i dette tilfellet, og vil i tillegg være enklere å forstå. Til slutt har krav om bærekraftighet fått en høyere poengsum enn tidligere. Produktet er tenkt laget av rustfritt stål med overflatebehandling med pulverlakkering, optimalt med en plastylse på innsiden av huset. Ved gjenvinning vil den termoplastiske overflatebehandlingen varmes opp og dras av, før stålet kan smeltes om til nye produkter, det samme gjelder plastylsen. Produktet er også utformet på en måte som skal gi produktet lang levetid, med tenkt videreutvikling med fail-safe som sørger for at produktet ikke blir deformert ved bruk.

6.3.3 Detaljert produktspesifikasjon

I henhold til den detaljerte produktspesifikasjonen er det forsøkt å tilfredsstille alle kravene satt til løsningen. Disse kravene er spesifikt formulert etter samhandling med bruker, og er derfor kanskje særlig viktige å tilfredsstille. Alle skal krav i kapittel 1.8.3 *Detaljert produktspesifikasjon* ser ut til å være tilfredsstilt i endelig løsning. Eneste aspektet som kunne vært forbedret er kravet om at løsningen skal være sanitær, da det er mulighet for å kanskje finne en alternativ utforming på løsningen som hindrer sprekker og skjøter totalt. Endelig konsept har derimot veldig få områder for oppsamling av smuss, og gruppen vurderer derfor kravet som tilfredsstilt. Når det kommer til kravet «løsningen skal være realistisk å gjennomføre, med god markedsverdi», er det usikkert om produktet faktisk vil slå an på markedet. Det er helt klart utformet på en realistisk måte og implementering av løsningen vil være gjennomførbar. Det er derimot usikkert å si hvordan markedssegmentet vil være, og om produktet faktisk vil ha etterspørsel. I forhold til krav om at løsningen kan være flerfunksjonell, er ikke dette noe som er spesifikt integrert i løsningen. Det ble idémyldret ulike ideer tidligere i idéutviklingsprosessen ved implementering av for eksempel holder for blindestokk, det ble derimot fokusert på optimalisering av selve opphengssystemet fremfor involvering av flere funksjoner. I kapittel 6.10.2 *Bruk av produkt i private hjem* forsøker gruppen å komme med et løsningsforslag til kan-kravet om bruk av produktet i private hjem. Til slutt er det ikke implementert et automatisk matesystem, da vi konkluderte med at slike funksjoner først og fremst vil være svært klumpete ved plassering ved armlene. Det er ikke et alternativ å plassere løsningen på vegg, og matesystem vil ta opp for stor plass på et armlene.

6.4 Produksjon og materialer

6.4.1 Valg av produksjonsmetoder

Sprøytstøping kan gi svært godt resultat, men som alle støpningsmetoder er det mulighet for defekter under støpning der hjørner og ender ikke blir fullstendig mettet, og at gassbobler kan oppstå inne i emnet. Smart utforming på støpeform kan hjelpe med dette, men det må likevel beregnes en mengde forkastede støpeemner. Det er også mulig at emnet får skader når det skal tas ut av formen, selv ved bruk av smøremiddel. Ved videreutvikling av produktet er det

diskutert implementering av en plastfilm mellom huset og roteringsleddet for å minimere friksjonsskader. Dette kan være mulig å implementere inni støpeformen til huset ved bruk av flere skruesprøyter med ulike materialer som sprøytes inn lagvis under støpningsprosessen.

Ved valg av overflatebehandling er pulverlakkering valgt for en varm berøringsoverflate med jevn og glatt farge. Metoden gir langvarig belegg som ikke lett kan slites og er vannbestandig, men dersom det først oppstår avskallinger og riper i overflaten må hele belegget tas av og erstattes med nytt. Ettersom symbolene på håndtaket skal ha egen farge vil det være behov for tre lag lakkering, eller nøyaktig bruk av sjablong eller maskering rundt symbolene ved påføring. Begge tilfeller vil føre til forstyrrelser i homogeniteten på overflaten og øker risikoen for avskalling nært symbolene. Gruppen ser derfor muligheten for at andre overflatebehandlinger kunne blitt benyttet for å motvirke dette.

6.4.2 Materialvalg

Valg av materiale har vært et stort tema for prosjektets gang, både for modellbygging og for endelig konsept. Gjennom kravspesifikasjonen i henhold til materialer satte gruppen opp ønskede krav for produktet for at det skal tåle påført kraft og høytrafikk i publikumsbygg. Valget falt på austenittisk rustfritt stål utfra undersøkte egenskaper, men i realiteten er det vanskelig å si om materialet ville oppført seg ønskelig. Egenskapene oppramset forteller én ting, men bruk av ulike materialer vil oppføre seg forskjellig basert på vekt og form på designet og man kan aldri få bekreftet oppførsel uten mekanisk testing og utprøving over lenger tid. Utforming av aluminium rør ville eksempelvis ikke behøvd å være like hult som stål for å bespare vekt, og kunne dermed fått styrket struktur. Ekstensiv uttesting av hvert materiale i nøyaktig skala og modell ville vært for omfattende, med begrenset med materialer og metoder for materialtesting på campus. Uten ekstern oppdragsgiver vil materialer utenfor laben måtte dekkes selv, noe som ville vært for kostbart. Validitet og reliabilitet på materialvalg er derfor noe unøyaktig og i stor grad basert på anbefalinger fra ansatte på campus og generell innhenting av relevant informasjon om materialbruk. Tidligere undersøkning av markedet kom godt med for å forstå hvilke krav som stilles til materialet og hva som passer til ulike sammenhenger. Ved realisering av produktet ser

gruppen verdi i å utføre testing av bruddstyrke, stivhet, seighet, duktilitet og vann absorpsjon gjennom mekanisk testing for å bekrefte oppførsel av materialet ved gitt design.

6.5 Magneter fremfor fjærstempel

Under videreutvikling og optimalisering av funksjonalitet i modellen er det undersøkt hvordan roteringsmekanismen kan utformes potensielt mer gunstig ved hjelp av magneter. Ved rotasjon ville kraften mellom magnetene være sterkest når de fullstendig overlapper hverandre, og gradvis svekkes når mindre deler av magnetene treffer hverandre, som fører til en gradvis overgang i friksjon når man skal dra mekanismen fra og mellom de ulike hakkene. Neodym-magnetene kan beholde nær full styrke i oppimot hundre år og ikke skape slitasje på produktet utenom styrken på magnetene. En ulempe ved mekanisk friksjon i form av fjærstempel er at kreftene påført gir slitasje på materialets mekaniske egenskaper, og derfor vil bli svakere over tid i mye større grad enn ved magnetiske krefter. Ved bruk av mekanisk friksjon vil det alltid være ett av materialene som er hardere eller sterkere enn det andre materialet og derfor forårsake slitasje og sliping.

Under funksjonstesting av modell utformet i PLA var fjærstempel det hardere materialet og lagde spor inni leddet, men i endelig utformet modell i austenittisk rustfritt stål er det sannsynlig at tuppen av fjærstempel vil få slitasje og slipes flatere over tid. Begge tilfeller vil gi betydelige dårligere passform i hakkene og gjøre roteringsmekanismen løsere ved langvarig bruk. For å opprettholde funksjonalitet best mulig over tid er det mulig at fjærstempelløsningen måtte blitt oljet og smurt av personell regelmessig, noe magnetene ikke har behov for. For smøring på innsiden måtte løsningen blitt demontert, som over tid vil gi slitasje på flere deler av festepunktene og skjøtene mellom deler. En fordel med den mekaniske løsningen er at fjærstempel ga en auditiv tilbakemelding mellom hakkene, en blind bruker kunne eksempelvis hørt at mekanismen smatt ut eller inn i et stopp for å bedre forstå hva som foregår. Gjennom rapid prototyping av løsning med magneter var det ingen auditiv informasjon derimot.

Neodymmagneter var ikke tilgjengelig i nærområdet for studentene og ble derfor bestilt fra nett, men feil i leveranse førte til at gruppen ikke fikk testet magneter i den tenkte løsningen. Gruppen skulle gjerne ønsket å se hvor funksjonell en slik løsning hadde vært, og har derfor eksempelvis valgt materiale opp mot denne muligheten, austenittisk rustfritt stål, slik at magnetene ikke skal

bli forstyrret av magnetisme i selve metallet. Dersom gruppen hadde visst tidligere at testing med magneter ikke var mulig, ville derfor blant annet materialvalg vært mer spesifisert mot hardere metaller med maksimal styrke, for å motstå de mekaniske kreftene fra fjærstempelet.

6.6 Bærekraft

Austenittisk rustfritt stål er fullstendig resirkulerbart uten tap av kvalitet, og spesielt grunnet avmagnetiseringen kan produktet enkelt skilles fra andre metaller i resirkulering ved bruk av magnetutskillelse og deretter smeltes om til nytt materiale. Pulverlakkering kommer som granulater av plastikk, og er derfor uten løsemiddel og farlige kjemikalier, og vil ikke forurense i luften ved påføring i lukket rom.

Under modellering ble det hovedsakelig benyttet PLA. Materialet er mulig å gjenvinne, men universitetet tilbyr ikke en slik ordning og det kan derfor anses som utslipp av plast dersom det går i restavfall.

6.7 Økonomi og budsjett

I forprosjektet antok gruppen et estimat på 2244,80kr for bruk av diverse materialer til modellbygging. Ved gjennomføring av prosjektet ble det hovedsakelig benyttet filament til additiv tilvirkning fremfor andre materialer, og i noe større grad enn planlagt. Sammenlagt materialbruk på laben vil gruppen anta var mindre enn estimert i forprosjektet. Underveis i prosessen har gruppen derimot brukt egne midler til innkjøp av blant annet fjærstempler, spraylakk, møbelknotter og skruer med en estimert sammenlagt verdi på omtrent 1500 kr. I tillegg er endelig prototype produsert med lasersintring, som har en høy oppstartskostnad, dyrt materialforbruk, og et behov for assistent ved gjennomføring. Total egenandel på produksjon av prototypen er rundt 2000 kr, kun for modellen. Gruppen var villig til å bruke egne midler, da det var et stort ønske om å realisere ideen med best mulig overflateutseende som ligner faktisk materialvalg.

I henhold til økonomi er det beskrevet i oppgaven at produktet bør være rimelig og lett tilgjengelig slik at brukere med lav finansiell støtte, samt publikumsbygg som vil spare penger, faktisk har mulighet og ønske om å kjøpe løsningen. Dette er tatt hensyn til i valg av materiale og produksjonsmetode ved å prioritere kosteffektive løsninger. Austenittisk rustfritt stål regnes ikke som spesielt dyrt, og overflatebehandling med pulverlakkering er materialbesparende ved oppsett av et lukket rom. Bearbeidingsmetoder for produktet, i gruppens tilfelle; rørvalsing og sprøytstøping, er også svært billig i drift, men kan ha høy innkjøpspris. Naturlig for produksjon av endelig produkt vil være noe høy innkjøpspris av produksjonsverktøy som kan gjøre det billigere å produsere store mengder i lengden. Lav kostnad for høyt volum vil gi mulighet for å tilbyvaren til en lav pris, så lenge det er stor nok etterspørsel, spesielt fra det offentlige.

6.8 Tidsbudsjett

I vedlagt fremdriftsplan er det oppført milepæler og delmål for arbeidsoppgaver innenfor spesifikke tidsrammer. Gruppen har jobbet jevnt og trutt gjennom prosjektets gang, men opplevde likevel senere i prosessen mange forsinkelser som fikk store utslag på arbeidsoppgaver. I henhold til fremdriftsplanen ble prototyping av modellen ferdigstilt noe senere enn planlagt. Store deler av prototypen var ferdigstilt i PLA nær tidsbudsjett oppgitt i fremdriftsplan, men på grunn av ønsker om finere overflate ble prototypingen forsinket en del.

Blant de største forsinkelsene i gruppen er etablering av kontakt med reelle brukere. Særlig i henhold til organisasjonene som ble kontaktet kunne det ta ukesvis før man fikk svar, og gjerne flere dager mellom oppfølgende samtaler. Dette satte en stopper for idéutviklingen i starten av prosessen ettersom gruppen skulle kartlegge behovene til brukere før idégenereringsfasen. Ved behov for brukertesting senere i utviklingsprosessen oppstod samme dilemma, der gruppen ikke fikk svar fra organisasjonene.

6.9 Hvorvidt problemstillingen er besvart

«Utvikling av brukervennlig opphengssystem for toalettruller på HC-toalett, gjennom fokus på prinsipper for universell utforming. Løsningen skal tilfredsstillere behovene til flest mulige personer med nedsatt mobilitet og syn, samt være mulig å integrere i allerede eksisterende romløsninger.»

Første del av problemstillingen omhandler prinsippene for universell utforming, de syv punktene er beskrevet i kontekst med løsningen i kapittel 6.2 *Universell Utforming*. Med bakgrunn i eksemplene mener gruppen at endelig løsning tilfredsstiller krav om universell utforming i stor grad. Underveis i hele prosessen har de ulike prinsippene bestemt retning til selve prosjektet, og sørget for definerte mål.

Løsningen tilfredsstiller behovene til personer med nedsatt mobilitet ved mulighet for valg av posisjonering av løsningen gjennom ulike rotasjonshakk. Løsningen vil ikke være i veien for oppreising, og ved oppstått posisjon vil den ikke hindre tilgang til fri gulvplass. Produktet behøver ikke særskilte evner fra bruker og har lite friksjon og behøver kun lav fysisk anstrengelse. Løsningen tilfredsstiller behovene til personer med nedsatt syn ved å benytte farger med tydelig kontrast, og gjennom bruk av symbol og markering som viser funksjon. I tillegg vil rotasjon av løsning med fjærstempel kommunisere auditivt med brukeren, slik at funksjon er mer forståelig. Løsningen er mulig å integrere i allerede eksisterende romløsninger og produkter, ved benyttelse av riktig kloss, altså festemekanisme som er tilpasset ulike former på armlener.

6.10 Forslag til videre arbeid

6.10.1 Fail-safe ved bruddpunkt

Toalettrullholderen vil på et tidspunkt oppleve krefter sterke nok til å skape brudd eller plastisk deformasjon. Gruppen ser derfor et behov for en fail-safe mekanisme som utløses når kreftene blir for store. Mekanismen skal gjøre at toalettrullholderen gir etter og ikke forsøker å motvirke kraften, målet er å motvirke plastisk deformasjon slik at toalettrullholderen kan festes på nytt og ha lang levetid. En mulighet for en slik mekanisme kan være fjærbelastet, der påføring av for stor kraft vil sørge for at fjæren presses sammen og utløser mekanismen dersom den presses fullstendig inn. Fjæren kan velges til en styrke som passer vektkravet til toalettrullholderen og kan benyttes om igjen fordi den avkomprimeres når kraften forsvinner. Etter den påførte kraften er tatt av produktet, vil det gå tilbake til opprinnelig plassering.

Mekanismen er ikke ferdigutviklet i det endelige konseptet grunnet prioriteringer av design og utforming av produktet. Design av slik type mekanikk er noe komplisert, da det blant annet ikke forekommer i studieforløpet. Fokus har heller vært å besvare problemstillingen, med særlig fokus på universell utforming. Gruppen ser stort potensiale i videreutvikling og produksjon av løsningen, at en fail-safe blir implementert.

6.10.2 Bruk av produkt i private hjem

Endelig konsept er designet med tanke på HC-toalett i publikumsbygg, det er ikke designet for å fungere optimalt i private hjem. Etter tidligere testing av mål på ulike toalettruller, presentert i kapittel 5.8.2 *Testing av ulike toalettruller*, var det små variasjoner mellom toalettruller som blir brukt i private hjem og i publikumsbygg. På grunn av dimensjoner valgt i endelig konsept, har selve sylindret for stor diameter for toalettruller som brukes i hjemmet. Denne dimensjonen er derimot valgt for å overholde krav til belastning som gruppen har satt til offentlig bruk. Ved bruk av tynnere sylinder vil ikke løsningen bare bli mindre stødig, men det er en fare for at brukeren vil oppfatte den som spinkel og ustødig. Dette gir feil assosiasjoner, og begrenser brukervennligheten. Et tynnere sylinder vil i tillegg gi mindre friksjon på toalettrullen, noe som er svært vesentlig basert på dybdeintervju foretatt med brukere. Potensiell belastning på et tynnere sylinder øker sjansen for at produktet deformeres, fremfor belastning på en sylinder med større diameter. Dessuten tilbyr produktet en helt ny funksjon for toalettrullholdere, noe som

øker risikoen for feilbruk, og det er derfor viktig å kompensere denne risikoen med høyere stabilitet og styrke.

Ved bruk av produktet i private hjem kan det derimot gjøres små modifikasjoner slik at produktet blir egnet til denne bruken. I motsetning til HC-toalett i publikumsbygg, er det betydelig mindre risiko ved bruk av produktet i privat hjem. Færre folk interagerer med produktet, og det er lettere å tydeliggjøre bruk av produktet i forkant av bruk, i form av en bruksanvisning eller opplæring. Minskning av sylinderdiameteren med 2 mm, til 16mm, vil gjøre toalettrullholderen passende for ulike toalettruller man gjerne bruker i hjemmet. Bruk av produktet i private hjem forutsetter likevel at det er montert armlener ved toalettet, helst på veggen. Løsningen er mindre funksjonell for armlener plassert på selve toalettet, da plasseringen av slike armlener er noe lav.

7 Litteraturliste

ACplastics (u.å.) *5 Reasons Why Marine Plastic Is Ideal For Boats*. Tilgjengelig fra: <https://www.acplasticsinc.com/informationcenter/r/marine-plastic-applications> (Hentet: 22.04.22)

Aliber, J. (2012) *Safety Zone. I: Health Facilities*.

Arbeidstilsynet (u.å.) *Ergonomi*. Tilgjengelig fra: <https://www.arbeidstilsynet.no/tema/ergonomi/> (Hentet: 06.05.2022)

AZO Materials (u.å.) *Aluminium: Specifications, Properties, Classifications and Classes*. Tilgjengelig fra: <https://www.azom.com/article.aspx?ArticleID=2863> (Hentet: 09.05.22)

Bano (u.å.) *5920-03 Bano vendbart toalett*. Tilgjengelig fra: <https://www.bano.no/produkt/no/bano-vendbart-toalett/5920-03-bano-vendbart-toalett> (Hentet: 14.05.22)

Barne-, ungdoms- og familiedirektoratet (2015) *De 7 prinsippene for universell utforming*. Tilgjengelig fra: https://www.bufdir.no/uu/universell_utforming_a_b_c/universell_utforming_a_b_c/historikk/de_7_prinsippene_for_universell_utforming/ (Hentet: 15.02.22)

Barne-, ungdoms- og familiedirektoratet (2019a) *Antall med nedsatt funksjonsevne*. Tilgjengelig fra: https://www.bufdir.no/statistikk_og_analyse/nedsatt_funksjonsevne/antall/ (Hentet: 18.02.22)

Barne-, ungdoms- og familiedirektoratet (2019b) *Fortsatt mange funksjonshemmede uten jobb*. Tilgjengelig fra: https://bufdir.no/uu/Nytt/fortsatt_mange_funksjonshemmede_uten_jobb/ (Hentet: 21.02.22)

Centre for Excellence in Universal Design (u.å.) *What is Universal Design?* Tilgjengelig fra: <https://universaldesign.ie/what-is-universal-design/> (Hentet: 05.05.22)

Colourblindawareness (u.å.) *Types of Colour Blindness*. Tilgjengelig fra: <https://www.colourblindawareness.org/colour-blindness/types-of-colour-blindness/> (Hentet: 06.05.2022)

Combined Metals (u.å.) *201 STAINLESS STEEL ALLOY*. Tilgjengelig fra: <https://www.combmet.com/201-stainless-steel-alloy/> (Hentet: 22.04.22)

Das P., Rengaswamy, J. og Singh, I., V. (2011) *Tensile and impact-toughness behaviour of cryorolled Al 7075 alloy*. Tilgjengelig fra: https://www.researchgate.net/publication/261708136_Tensile_and_impact-toughness_behaviour_of_cryorolled_Al_7075_alloy (Hentet: 10.05.22)

Direktoratet for byggkvalitet (2017) *Byggteknisk forskrift (TEK17) paragraf 12-9 – Bad og toalett*. Tilgjengelig fra: <https://dibk.no/regelverk/byggteknisk-forskrift-tek17/12/ii/12-9/> (Hentet: 17.02.22)

DOGA (u.å.) *Adding Inclusive Design to your designprocess*. Tilgjengelig fra: <https://doga.no/en/tools/inclusive-design/tools-and-methods/adding-inclusive-design-to-your-design-process/> (Hentet: 15.02.22)

Dudleyindustries (u.å.) *Why We Love Metal Washroom Dispensers*. Tilgjengelig fra: <https://www.dudleyindustries.com/why-we-love-metal/> (Hentet: 24.03.22)

EOS (u.å.) *Polyamide 11 – Nylon*. EOS Polymers for Industrial 3D Printing. Tilgjengelig fra: <https://www.eos.info/en/additive-manufacturing/3d-printing-plastic/sls-polymer-materials/pa-11-nylon-abs-pa6> (Hentet: 07.04.22)

Ezlok (u.å.) *Brass Mechanical Properties*. Tilgjengelig fra: <https://www.ezlok.com/brass-properties> (Hentet: 09.05.22)

Fabbrix Italy (2019) *Technical Data Sheet – Brass*. Tilgjengelig fra: https://www.google.com/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=&ved=2ahUKewj-ptPc1NT3AhUGR_EDHSRNDakQFnoECAYQAQ&url=https%3A%2F%2Fwww.fabbrix.com%2Fdownload%2Fdatasheet_fabbrix_asa.pdf&usg=AOvVaw3JbBgyO_SEKcG3v_4zNbZz (Hentet: 10.05.22)

FN (2022) *Konvensjon om rettighetene til personer med nedsatt funksjonsevne*. Tilgjengelig fra: <https://www.fn.no/om-fn/avtaler/menneskerettigheter/konvensjon-om-rettighetene-til-personer-med-nedsatt-funksjonsevne> (Hentet: 05.05.22)

Forrest, George (u.å.) *FMEA (Failure mode and effects analysis) Quick guide*. Tilgjengelig fra: <https://www.isixsigma.com/tools-templates/fmea/fmea-quick-guide/> (Hentet: 19.05.22)

Gårseth-Nesbakk (2020) Kvalitetssikring, *Store Norske Leksikon*. Tilgjengelig fra: <https://snl.no/kvalitetssikring> (Hentet: 04.05.22)

Grønmo, S. (2020) Kvalitativ metode, *Store Norske Leksikon*. Tilgjengelig fra: https://snl.no/kvalitativ_metode (Hentet: 19.04.22)

Grønmo, S. (2021) Kvantitativ metode, *Store Norske Leksikon*. Tilgjengelig fra: https://snl.no/kvantitativ_metode (Hentet: 19.04.22)

Gymo (2007) *Operating Instructions Raised Toilet Seat*. Specialist dealer Gymo UK.

Tilgjengelig fra:

https://www.google.com/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=&cad=rja&uact=8&ved=2ahUKEwiqt7KHZsj3AhXIS_EDHdE2DAUQFnoECAMQAw&url=https%3A%2F%2Fwww.gymo.no%2Ffile%2Fstandardmappe-uni%2F3316-user-instructions.pdf&usg=AOvVaw3G9gzmKTcljFMhnsrtziek (Hentet: 06.05.2022)

Johansen, H. 2009. Materiallære - Aluminium. *TEK1312 Materiallære*. Tilgjengelig fra: <https://folk.ntnu.no/hennj/materialteknologi/materialteknologi/materiallaere.htm> (Hentet: 22.04.22)

Johansen, H. 2010. Jern – Karbon legeringer, likevektstrukturer. *TEK1312 Materiallære*. Tilgjengelig fra: <https://folk.ntnu.no/hennj/materialteknologi/materialteknologi/materiallaere.htm> (Hentet: 25.04.22)

Khanacademy (u.å.) *Torque*. Tilgjengelig fra: <https://www.khanacademy.org/science/physics/torque-angular-momentum/torque-tutorial/a/torque> (Hentet: 28.04.22)

LANXNESS Corporation (2005) *Engineering Plastics Joining Techniques – A Design Guide*.

Tilgjengelig fra:

<https://www.google.com/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=&cad=rja&uact=8&ved=2ahUKEwjVgp2O4Mr3AhUsRvEDHeZ6C2UQFnoECAQQAQ&url=https%3A%2F%2Fsolutions.covestro.com%2F-%2Fmedia%2Fcovestro%2Fsolution-center%2Fbrands%2Fdownloads%2Fimported%2F1556890495.pdf&usg=AOvVaw1secc8o5IT6BoAnH4SoRoF> (Hentet: 08.04.22)

Lerdahl, E. (2017) *Nyskapning*. Oslo: Gyldendal Norsk Forlag AS 2007.

Lerdahl, E. (2018) *Slagkraft*. Oslo: Gyldendal Norsk Forlag AS 2007.

Lidwell, W., Holden, K. og Butler, J. (2010) *Universal principles of design*. Massachusetts: Rockport Publishers Inc.

Magnetpartner (u.å.) *Why Is Neodymium So Magnetic?*. Tilgjengelig fra:

<https://magnetpartner.com/why-neodymium-magnetic> (Hentet: 27.04.22)

Matweb (u.å.) *European Spruce (Norway Spruce) Wood*. Tilgjengelig fra:

https://www.matweb.com/search/datasheet_print.aspx?matguid=57a4856ccb1c48e7a442a58ab99ca957 (Hentet: 09.05.22)

NHI (2013) *Fall og falltendens hos eldre*. Tilgjengelig fra:

<https://nhi.no/sykdommer/eldre/diverse-problemstillinger/fall-og-fallskader-hos-eldre/> (Hentet: 15.02.22)

Nicolaisen, T. E. 2019. F10 Rapid Prototyping FLN 2019. *TEK2116 Produksjonsmetoder*.

Tilgjengelig fra: https://ntnu.blackboard.com/ultra/courses/_20679_1/cl/outline (Hentet: 06.04.22)

Nicolaisen, T. E. 2020a. F04 Plastisk Bearbeiding FLN 2020. *TEK2116 Produksjonsmetoder*.

Tilgjengelig fra: https://ntnu.blackboard.com/ultra/courses/_20679_1/cl/outline (Hentet: 06.04.22)

Nicolaisen, T. E. 2020b. F09 Tilvirkning av Plastprodukter. *TEK2116 Produksjonsmetoder*. Tilgjengelig fra: https://ntnu.blackboard.com/ultra/courses/20679_1/cl/outline (Hentet: 07.04.22)

Nicolle, C.A. og Maguire, M. (2003) *Empathic Modelling in Teaching Design for All*. Loughborough University. Tilgjengelig fra: <https://hdl.handle.net/2134/722> (Hentet: 11.02.22)

Norges Handikapforbund (2012) *Universell Utforming og Likestilling: Toalett og Bad – Detaljer som Teller*. Tilgjengelig fra: <https://nhf.no/toalett-og-bad-detajler-som-teller/> (Hentet: 17.02.22)

Norges Handikapforbund (2017) *Hva koster det å være funksjonshemmet i Norge i 2017?* Tilgjengelig fra: <https://nhf.no/rapport-hva-koster-det/> (Hentet: 21.02.22)

Norsk Pulverlakkteknisk Forening (u.å.) *Om Pulverlakk*. Tilgjengelig fra: <https://www.nplf.no/om-nplf/> (Hentet: 20.04.22)

Norsk Senter for Forskningsdata (u.å.) *Fyll ut meldeskjema for personopplysninger*. Tilgjengelig fra: <https://www.nsd.no/personverntjenester/fyll-ut-meldeskjema-for-personopplysninger> (Hentet: 21.02.22)

Omnexus (u.å.) *Polymer properties*. Tilgjengelig fra: <https://omnexus.specialchem.com/polymer-properties> (Hentet: 09.05.22)

Øverseth, K.O. 2019a. Fargelære. *TEK1313 Idéutvikling og visualisering*. Tilgjengelig fra: https://ntnu.blackboard.com/bbcswebdav/pid-1018557-dt-content-rid-28672657_1/xid-28672657_1 (Hentet: 03.05.22)

Øverseth, K.O. 2019b. Ittens 7 fargekontraster. *TEK1313 Idéutvikling og visualisering*. Tilgjengelig fra: https://ntnu.blackboard.com/bbcswebdav/pid-1018560-dt-content-rid-28672648_1/xid-28672648_1 (Hentet: 03.05.22)

Øverseth, K.O. 2019c. Persepsjon og kognisjon. *TEK1313 Idéutvikling og visualisering*. Tilgjengelig fra: https://ntnu.blackboard.com/bbcswebdav/pid-1018558-dt-content-rid-28672651_1/xid-28672651_1 (Hentet: 03.05.22)

Øverseth, K.O. 2019d. Tekstur og struktur i produktsemantikk. *TEK1313 Idéutvikling og visualisering*. Tilgjengelig fra: https://ntnu.blackboard.com/bbcswebdav/pid-1018558-dt-content-rid-28672654_1/xid-28672654_1 (Hentet: 03.05.22)

Peronda (u.å.) *BRASS Data Sheet*. Tilgjengelig fra: https://www.google.com/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=&cad=rja&uact=8&ved=2ahUKEwjE-aWL3tT3AhV8SPEDHSsIBNQQFnoECAIQAO&url=https%3A%2F%2Fperondaceramica.ru%2Fwa-data%2Fpublic%2Fsite%2Ffiles-techdata%2FEN_25597_BRASS_CLOUD_60X120_R.pdf&usg=AOvVaw18Fsvz64tQAI8HfAKZ8dBd (Hentet: 10.05.22)

Polyplastics (u.å.) *Plastics in Daily Life – Bathroom*. Tilgjengelig fra: https://www.polyplastics.com/en/pavilion/life/bathroom_t.html (Hentet 23.03.22)

Rogers, T. (2015a) *Everything You Need To Know About Polylactid Acid (PLA)*. I Creative Mechanisms Blog. Tilgjengelig fra: <https://www.creativemechanisms.com/blog/learn-about-polylactic-acid-pla-prototypes> (Hentet: 12.05.22)

Rogers, T. (2015b) *Everything You Need To Know About Polycarbonate (PC)*. I Creative Mechanisms Blog. Tilgjengelig fra: <https://www.creativemechanisms.com/blog/everything-you-need-to-know-about-polycarbonate-pc> (Hentet: 22.04.22)

Rosvold, K. A. (2015) Kontrast – belysning, *Store norske leksikon*. Tilgjengelig fra: https://snl.no/kontrast_-_belysning (Hentet: 25.02.22)

Skaar, J. (2009) Magnetisme, *Store Norske Leksikon*. Tilgjengelig fra: <https://snl.no/magnetisme> (Hentet: 27.04.22)

Solberg, J. K. (2021) Austenitt, *Store Norske Leksikon*. Tilgjengelig fra: <https://snl.no/austenitt> (Hentet: 21.04.22)

Stadheim, A.; Nersveen, J., 2015, *Et litteraturstudium om arealeffektive bad og løsninger basert på prinsippene om universell utforming*, Norsk forskningslaboratorium for universell utforming

– Høgskolen i Gjøvik. Tilgjengelig fra: <https://ntnuopen.ntnu.no/ntnu-xmlui/handle/11250/278307> (Hentet: 15.02.22)

Statistisk Sentralbyrå (2020) *Personer med nedsatt funksjonsevne, arbeidskraftundersøkelsen*. Tilgjengelig fra: <https://www.ssb.no/arbeid-og-lonn/sysselsetting/statistikk/personer-med-nedsatt-funksjonsevne-arbeidskraftundersokelsen> (Hentet: 21.02.22)

Stevens, J. A., E. N. Haas og T. Haileyesus (2011) Nonfatal bathroom injuries among persons aged ≥ 15 years—United States, 2008. I: *Journal of Safety Research*, 42 (4), s. 311-315.

Stori, A (2021) Nitrilgummi, *Store Norske Leksikon*. Tilgjengelig fra: <https://snl.no/nitrilgummi> (Hentet: 06.04.22)

Sunde, H. (2017) *Product Semantics, how design can affect user response and behavior*.

Tilgjengelig fra:

<https://webcache.googleusercontent.com/search?q=cache:oRQP8PBZlfgJ:https://www.ntnu.edu/documents/139799/1279149990/28%2BArtikkel%2BHenrik%2BSunde.pdf/f9667e2e-7e9d-49e2-b1bd-a962ed35d7a8+&cd=2&hl=no&ct=clnk&gl=no&client=firefox-b-d> (Hentet 03.05.22)

The Tube and Pipe Journal (2011) *Antimicrobial copper displaces stainless steel, germs for medical applications*. Tilgjengelig fra:

<https://www.thefabricator.com/tubepipejournal/article/metalsmaterials/antimicrobial-copper-displaces-stainless-steel-germs-for--medical-applications> (Hentet: 28.03.22)

Torkildsby A. B., Vaes K. (2019) Addressing the issue of stigma free design through critical design workshops, *21st International Conference on Engineering and Product Design Education, E&PDE 2019*. University of Strathclyde, Glasgow. 12.-13. september, 2019.

Tilgjengelig fra:

<https://www.designsociety.org/publication/42228/ADDRESSING+THE+ISSUE+OF+STIGMA-FREE+DESIGN+THROUGH+CRITICAL+DESIGN+WORKSHOPS> (Hentet: 25.02.22)

Torkildsby A. B., Vaes K. (2019) *Addressing the issue of stigma-free design through critical design workshops*. Tilgjengelig fra:

<https://www.designsociety.org/publication/42228/ADDRESSING+THE+ISSUE+OF+STIGMA-FREE+DESIGN+THROUGH+CRITICAL+DESIGN+WORKSHOPS> (Hentet: 25.02.22)

TreFokus, Treteknisk (2009) *FOKUS på tre*. Tilgjengelig fra:

<https://portal.issn.org/resource/ISSN/1501-7427#> (Hentet: 22.04.22)

Uutilsynet (2016) *Kartlegging av antall personer med ulike typer nedsatt funksjonsevne i Norge*.

Tilgjengelig fra: <https://www.uutilsynet.no/andre-rapportar/kartlegging-av-antall-personer-med-ulike-typer-nedsatt-funksjonsevne-i-norge/938> (Hentet: 22.02.22)

Vavik, T. og Øritsland, T.A. (1997) *Menneskelige aspekter i design – En innføring i ergonomi 1*. Utgave. Trondheim: TapirTrykk.

Weerg (2021) *What are the Differences Between PA12 and PA11*. Tilgjengelig fra:

<https://www.weerg.com/en/global/blog/what-are-the-differences-between-pa12-and-pa11>
(Hentet: 11.05.22)

Windridge Coatings (u.å.) *Polyester polyester powder coat warm to touch handrails and door handles*. Tilgjengelig fra: <https://windridge.co.uk/index.php/architectural/warm-touch/warm-touch> (Hentet: 20.04.22)

