

Andreas Bothner
Ivar Anders Elnæs
Dorthea Kant

Ladeløsning for elektrisk rullestol

Bacheloroppgave i Teknologidesign og ledelse

Veileder: Rolf Alexander Skar

Medveileder: Anne-Britt Torkildsby

Mai 2021



Andreas Bothner
Ivar Anders Elnæs
Dorthea Kant

Ladeløsning for elektrisk rullestol

Bacheloroppgave i Teknologidesign og ledelse
Veileder: Rolf Alexander Skar
Medveileder: Anne-Britt Torkildsby
Mai 2021

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



Kunnskap for en bedre verden

Tittel (norsk og engelsk): Ladeløsning for elektrisk rullestol Charging solution for electric wheelchair	Antall sider inkl. vedlegg: 211	Dato: 20.05.2021	Gruppenummer: 2	
	Bacheloroppgave:	X	Masteroppgave:	
Forfattere: Andreas Bothner, Ivar Anders Elnæs, Dorthea Kant				
Veileder: Rolf Alexander Skar				

Sammendrag

Prosjektet har tatt for seg utviklingen av en ny og forbedret ladeløsning til elektriske rullestoler. Tematikken baserer universell utforming, og bakgrunnen for valgt tema er at mange som er inkludert i ladeprosessen av elektriske rullestoler opplever dette som utfordrende og lite brukervennlig. Prosjektet har resultert i et konsept som viser en ny og forbedret ladeløsning basert på enkel magnettilkobling. Denne sørger for minst mulig anstrengelse ved til- og frakobling av lader, og det er lagt stor vekt på tilpasning i forhold til personlige preferanser. Konseptet har blitt utformet slik at det tilnærmet har et utseende som et helt vanlig møbel, og på denne måten oppfattes det ikke som et fremmedelement i hjemmene til brukerne.

Abstract

The project has addressed the development of a new and improved charging solution for electric wheelchairs. The theme is based on including design. The background for the chosen theme, is that many who are included in the charging process of electric wheelchairs experience this as challenging, and not very user-friendly. The project has resulted in a concept that shows a new and improved charging solution based on simple magnetic connection. This ensures usage with the least possible amount of effort when connecting and disconnecting the charger, and great emphasis is placed on adaptation in relation to personal preferences. The concept has been designed to look approximately like an ordinary piece of furniture, and in this way, it is not perceived as a foreign element in the homes of the users.

Forord

Denne bachelorprosjektet er utviklet ved *NTNU Gjøvik* av tre studenter ved linjen Teknologidesign og ledelse våren 2021. Oppdragsgiver er NAV Hjelpemiddelsentralen Elverum.

Vi ønsker å rette en stor takk til alle som har hjulpet oss i prosessen gjennom denne oppgaven, både medvirkende og representanter fra brukergruppen. Først og fremst vil vi takke vår veileder Rolf Alexander Skar for regelmessige veiledningstimer og for at han har fulgt oss gjennom hele prosessen. Vi vil også takke Anne-Britt Torkildsby, Tor Erik Nicolaysen, Kari-Oline Øverseth og Alf Dalby fra NTNU for god rådgiving gjennom prosjektet.

Vi vil også takke Remi Johansen, Inger Lise Stubsjøen Martinsen, Kirsten Damholen-Berg, tre ergoterapeuter og to andre representanter fra brukergruppen for mye god informasjon og mange gode tilbakemeldinger underveis.

Vi ønsker å gi en takk til vår rådgiver og oppdragsgiver Arne Hansen ved NAV Hjelpemiddelsentralen Elverum, for god veiledning, godt samarbeid og gode råd gjennom arbeidet.

Innholdsfortegnelse

Sammendrag	1
Abstract.....	2
Forord.....	3
Figurliste	6
Tabelliste.....	10
Ord- og begrepsforklaringer	10
1.Introduksjon	12
1.1 Oppdragsgiver	12
1.2 Oppgavebeskrivelse og bakgrunn	12
1.3 Oppgavens rammer	13
1.4 Problemstilling	13
1.4.1 Problemformulering.....	13
1.4.2 Problemstilling.....	14
1.4.3 Delproblemstillinger.....	14
1.5 Mål	14
1.5.1 Effektmål	14
1.5.2 Resultatmål	14
2. Teori	15
2.1 Eksisterende løsning.....	15
2.2 Sikkerhets hensyn.....	17
2.2.1 Brannsikkerhet.....	17
2.2.2 Elektrosjokk/støt.....	17
2.2.3 Mekanisk sikkerhet.....	17
2.3 Menneskelig aspekt	18
2.3.1 Primærbruker	18
2.3.2 Sekundærbruker.....	19
2.4 Hånd- og grepsfunksjon	19
2.5 Samfunnsperspektiv	20
2.5.1 Stigma.....	20
2.5.2 Bærekraft	21
2.5.3 Fargeteori.....	22
3. Metode	23
3.1 Kartlegging.....	23
3.1.1 Interessentanalyse.....	23

3.1.2 Markedsanalyse	25
3.1.3 Behovskartlegging	28
3.1.4 Observasjon i felt.....	28
3.1.5 Spørreundersøkelse.....	32
3.1.6 Intervju med representanter fra brukergruppen	33
3.1.7 Kravspesifikasjon	34
3.1.8 Teknologier for strømovertøring	36
3.1.9 Funn fra kartleggingen.....	42
3.2 Gjentakende metoder videre i prosjektet.....	42
3.3 Idégenerering.....	43
3.3.1 Fremgangsmåte for idégenerering	43
3.3.2 Presentasjon av idéer	47
3.3.3 Total evaluering av idéer	55
3.3.4 Kritisk synspunkt ved valgt idé	56
3.4 Idéforedling	57
3.4.1 Fremgangsmåte for idéforedling	57
3.4.2 Utvikling av delkomponenter	60
3.4.3 Presentasjon av konsepter.....	81
3.4.4 Total evaluering av konsepter.....	90
3.4.5 Valgt konsept satt i situasjon.....	91
3.5 Detalj utvikling.....	92
3.5.1 Fremgangsmåte for detalj utvikling.....	92
3.6 Detaljundersøkelse	95
3.6.1 Materialer og produksjonsmetoder.....	95
3.6.2 Vurdering av farger	101
4. Resultat	102
4.1 Det endelige konseptet	102
4.1.1 Det endelige konseptet satt inn i gitt miljø.....	107
4.1.2 Materialvalg på de ulike delkomponentene.....	108
4.1.3 Fargevalg	109
4.2 Bildegalleri	110
5 Analyse/diskusjon	115
5.1 Gyldighet og pålitelighet.....	115
5.1.1 Designvalg	115
5.1.2 Funksjonsvalg.....	116

5.2 Vurderinger	117
5.2.1 Kravspesifikasjon	118
5.2.2 SWOT-analyse.....	121
5.2.3 FMEA (Failure mode and effects analysis).....	122
5.3 Gjennomførbarheten av prosjektet	122
5.4 Videre forskning.....	122
6. Konklusjon.....	123
7. Kildeliste	125
8. Vedlegg.....	129

Figurliste

Figur 1: Puma 40 RWD. Kilde: eget bilde.....	15
Figur 2 - Ladeinntak. Kilde: eget bilde.....	16
Figur 3- XLR- ladeplugg. Kilde: eget bilde.....	16
Figur 4 - Ladeomformer. Kilde: eget bilde.....	16
Figur 5 – Brannfare. Kilde: eget materiell.....	17
Figur 6 – Støtfare. Kilde: eget materiell.....	17
Figur 7 – Klemfare. Kilde: eget materiell.....	17
Figur 8 - Tankekart "brukerforståelse". Kilde: eget materiell.....	18
Figur 9 – Grep. Kilde: (Vavik og Øritsland, 1997).....	19
Figur 10 - Tankekart bærekraft. Kilde: eget materiell.....	21
Figur 11 - FNs bærekraftsmål nr 3. Kilde: FN-sambandet, 2021.....	22
Figur 12 - FNs bærekraftsmål nr 11. Kilde: FN-sambandet, 2021.....	22
Figur 13 - FNs bærekraftsmål nr 12. Kilde: FN-sambandet, 2021.....	22
Figur 14 - Gammel ladeløsning. Kilde: eget materiell.....	25
Figur 15 – Tannbørste. Kilde: eget materiell.....	26
Figur 16 - Trådløs ladeplate. Kilde: eget materiell.....	26
Figur 17 – Klokke. Kilde: eget materiell.....	26
Figur 18 - Mac. Kilde: eget materiell.....	26
Figur 19- Kamera-lader. Kilde: eget materiell.....	27
Figur 20 - Ladestasjon gressklipper. Kilde: eget materiell.....	27
Figur 21 – Buss. Kilde: eget materiell.....	27
Figur 22 – Jagerfly. Kilde: eget materiell.....	27
Figur 23 – Kraftgrep. Kilde: eget bilde.....	29
Figur 24 – Nøkkelgrep. Kilde: eget bilde.....	29
Figur 25 – Ekstensjonsgrep. Kilde: eget bilde.....	29
Figur 26 – Pennegrep. Kilde: eget bilde.....	29
Figur 27 - Variant av pennegrep, presisjon med to fingre. Kilde: eget bilde.....	29
Figur 28 – Fem-fingergrep. Kilde: eget bilde.....	29
Figur 29 – Variant av pennegrep, undergrep. Kilde: eget bilde.....	29
Figur 30 – Variant av ekstensjonsgrep. Kilde: eget bilde.....	29
Figur 31 – Støpsel. Kilde: eget bilde.....	30

Figur 32 – Ladeplugg fra gulvet. Kilde: eget bilde.....	30
Figur 33 – Ladeplugg til ladeinntak. Kilde: eget bilde.	30
Figur 34 – Ladeplugg inn i ladeinntak. Kilde: eget bilde.	30
Figur 35 - Tilgjengelighet ovenfra. Kilde: eget bilde.	31
Figur 36 – Tilgjengelighet fra siden. Kilde: eget bilde.....	32
Figur 37 – Remi. Kilde: eget bilde.....	33
Figur 38 – Inger. Kilde: eget bilde.....	33
Figur 39 - Kirsten. Kilde: eget bilde.	33
Figur 40 -Eksempel på kontaktpunkt som søker stol Kilde: eget materiell.	37
Figur 41 -Eksempel på rullestol som søker kontaktpunkt. Kilde: eget materiell.....	38
Figur 42- Manuell, forbedret ladeplugg. Kilde: eget materiell.....	39
Figur 43- tankekart om delelementer. Kilde: eget materiell.	44
Figur 44 - Skisse med illustrasjon av idéer og mennesket tegnet i croquis-tegning satt i idé. Kilde: eget materiell.....	45
Figur 45- Raske skisser. Kilde: eget materiell.	46
Figur 46 - Idé 1. Kilde: eget materiell.....	47
Figur 47 – Idé 2. Kilde: eget materiell.....	49
Figur 48 - Idé 3. Kilde: eget materiell.....	51
Figur 49 - Idé 4. Kilde: eget materiell.....	53
Figur 50 - Valgt idé for videre arbeid. Kilde: eget materiell.	55
Figur 51 - tankekart for "Inspirasjon fra hjem". Kilde: eget materiell.....	58
Figur 52 - Skisser av potensielle løsninger 2. Kilde: eget materiell.	58
Figur 53 Ledningsoppruller. Kilde: eget materiell.	60
Figur 54 Uttrukket ledningsoppruller. Kilde: eget materiell.	60
Figur 55 Kraftmåler. Kilde: eget bilde.....	61
Figur 56- Avstandstesting av magnet. Kilde: eget bilde.....	62
Figur 57 - Versjon 1, ladekontakt. Kilde: eget materiell.	65
Figur 58 - versjon 2, ladekontakt. Kilde: eget materiell.	65
Figur 59 - Tverrsnitt av versjon 2. Kilde: eget materiell.	65
Figur 60 - Magnetplassering V1. Kilde: eget materiell.	66
Figur 61 - Magnetplassreing V2. Kilde: eget materiell.	66
Figur 62 - magnetplassreing V3. Kilde: eget materiell.....	66
Figur 63 - magnetplassreing V4. Kilde: eget materiell.....	66
Figur 64 - Borrelås. Kilde: eget materiell.	67
Figur 65 - Innfestning med XLR, sett fra siden. Kilde: eget materiell.	67
Figur 66 - Brakett sett forfra. Kilde: eget materiell.	67
Figur 67- Versjon 1, gripedel. Kilde: eget bilde.	68
Figur 68- Versjon 2, gripedel. Kilde: eget bilde.	68
Figur 69- Versjon 3, gripedel. Kilde: eget bilde.	68
Figur 70- Versjon 5, gripedel. Kilde: eget bilde.	68
Figur 71 - Versjon 4, gripedel. Kilde: eget bilde.	68
Figur 72 - Beskrivelse av gunstig håndgrep. Kilde: eget bilde.....	69
Figur 73 - Beskrivelse av ugunstig håndgrep. Kilde: eget bilde.....	69
Figur 74 - Gripedel i plastelina. Kilde: eget bilde.	69
Figur 75 - Skisser av stativ. Kilde: eget materiell.....	70
Figur 76 - Stativ med 1 ledd. Kilde: eget bilde.....	71

Figur 77 - Stativ med 3 ledd. Kilde: eget bilde.....	71
Figur 78 - Stativ med 2 ledd, forskjellig lengde. Kilde: eget bilde.....	71
Figur 79 - Startfase av funksjonsriktig modell. Kilde: eget bilde.....	72
Figur 80-Bruk av Tjalves metode (kvantitativ struktur) for stativ. Kilde: eget materiell.....	73
Figur 81 - Bruk av Tjalves metode (prinsipiell struktur) for stativ. Kilde: eget materiell.....	74
Figur 82 Versjoner av løsninger. Kilde: eget materiell.....	75
Figur 83 Funksjonsriktige modeller. Kilde: eget bilde.	76
Figur 84 - Digital brukertesting. Kilde: eget bilde.....	77
Figur 85 - Evaluering av ladekontakt. Kilde: eget materiell.....	79
Figur 86 - Evaluering av lademottaker. Kilde: eget materiell.	79
Figur 87 - Valgt magnetplassering. Kilde: eget materiell.....	80
Figur 88 - Grep rundt valgt ladekontakt. Kilde: eget bilde.....	80
Figur 89 - Gripedel. Kilde: eget materiell.....	80
Figur 90 - Funky-stil med gjenstander. Kilde: eget materiell.....	81
Figur 91 - Funky-stil med interaksjon av sekundærbruker. Kilde: eget materiell.	81
Figur 92 - Funky-stil satt inn i rom. Kilde: eget materiell.	81
Figur 93 - Funky-stil med ulike kledninger. Kilde: eget materiell.	82
Figur 94 - Funky-stil med avtagbar hjulvogn. Kilde: eget materiell.	82
Figur 95 - Funky-stil i interaksjon med primærbruker. Kilde: eget materiell.	83
Figur 96 - Funksjon ved ladekontakt. Kilde: eget materiell.	83
Figur 97 - Mottakerplate på rullestol. Kilde: eget bilde.....	83
Figur 98 -. Eksisterende lader med ny ladekontakt. Kilde: eget materiell.....	84
Figur 99 - Funky-stil med avkobling av eksisterende lader. Kilde: eget materiell.....	84
Figur 100 - Industriell stil. Kilde: eget materiell.	85
Figur 101 - Industriell stil satt inn i rom. Kilde: eget materiell.	85
Figur 102 - Industriell stil i sammenlagt posisjon. Kilde: eget materiell.....	86
Figur 103 - Industriell stil med interaksjon av sekundærbruker. Kilde: eget materiell.	86
Figur 104 - Funksjon ved ladekontakt. Kilde: eget materiell.	86
Figur 105 - Mottakerplate på rullestol. Kilde: eget bilde.....	86
Figur 106 - Industriell stil med avtagbar hjulvogn. Kilde: eget materiell.	87
Figur 107 - Industriell stil, utdragning av ledning. Kilde: eget materiell.	87
Figur 108 - Industriell stil med avkobling av eksisterende lader. Kilde: eget materiell.....	87
Figur 109 - Industriell stil, eksisterende lader med ny ladekontakt. Kilde: eget materiell.	87
Figur 110 - Tradisjonell stil. Kilde: eget materiell.	88
Figur 111 - Tradisjonell stil i interaksjon med primærbruker. Kilde: eget materiell.....	88
Figur 112 - Tradisjonell stil satt inn i rom. Kilde: eget materiell.	88
Figur 113 Tradisjonell stil med interaksjon av sekundærbruker. Kilde: eget materiell.....	89
Figur 114 Tradisjonell stil med avtagbar hjulvogn. Kilde: eget materiell.....	89
Figur 115 - Funksjon ved ladekontakt. Kilde: eget materiell.	89
Figur 116 - Mottakerplate på rullestol. Kilde: eget bilde.....	89
Figur 117 - Tradisjonell stil med avkobling av eksisterende lader. Kilde: eget materiell.	89
Figur 118 - Tradisjonell stil, eksisterende lader med ny ladekontakt. Kilde: eget materiell. ..	89
Figur 119 - Konsept 3; Tradisjonell stil. Kilde: eget materiell.	90
Figur 120 - Storyboard "Pål kjører til ladestativ". Kilde: eget materiell.	91
Figur 121 - Storyboard "Pål lader rullestolen". Kilde: eget materiell.....	91
Figur 122 - Storyboard "Pål kjører enkelt fra ladestativet". Kilde: eget materiell.....	92

Figur 123 - Innfestning av krok i bein. Kilde: eget materiell.	93
Figur 124 - Innfestning av krok, skrått i bein. Kilde: eget materiell.	93
Figur 125 - Innfestning av krok i kledning. Kilde: eget materiell.	93
Figur 126 - Ulike varianter av kontaktholder. Kilde: eget materiell.....	93
Figur 127 - Tjalves metode, for kvantitativ struktur, endelig konsept. Kilde: eget materiell..	94
Figur 128 – Det foreløpig valgte konseptet. Kilde: eget materiell.	95
Figur 129- Tekniske materialer og undergrupper. Kilde: (Grøndalen, 2008).....	95
Figur 130 – Kontakt for rullestol. Kilde: eget materiell.	98
Figur 131 – Gripedel. Kilde: eget materiell.	98
Figur 132 - Kontakt for stativ. Kilde: eget materiell.	98
Figur 133 - Kontaktringer. Kilde: eget materiell.	99
Figur 134 - Bein. Kilde: eget materiell.	100
Figur 135 – Topplate. Kilde: eget materiell.....	100
Figur 136 - Bunnplate/"hjulvogn". Kilde: eget materiell.....	100
Figur 137 – Hylle. Kilde: eget materiell.	100
Figur 138 - Nedre base for bein. Kilde: eget materiell.	101
Figur 139 - Det endelige konseptet, fra siden. Kilde: eget materiell.	102
Figur 140 - Det endelige konseptet, skrått fra siden. Kilde: eget materiell.	102
Figur 141 - Det endelige konseptet, uten hjul. Kilde: eget materiell.	103
Figur 142 - Det endelige konseptet, uttrukket ladekontakt. Kilde: eget materiell.	103
Figur 143 - Det endelige konseptet, tatt ut av "hjulvogn". Kilde: eget materiell.....	104
Figur 144 - 90-graders XLR-kontakt. Kilde: eget materiell.	105
Figur 145 - Lademottaker på rullestol. Kilde: eget materiell.....	105
Figur 146 - Det endelige konseptet, med koblingspunkter til eksisterende lader visualisert. Kilde: eget materiell.....	106
Figur 147 - Eksisterende lader med ny ladekontakt. Kilde: eget materiell.....	106
Figur 148 - Det endelige konseptet, med oppløftet armlene. Kilde: eget materiell.....	107
Figur 149 - Det endelige konseptet, satt i gitt miljø. Kilde: eget materiell.....	107
Figur 150 - Det endelige konseptet i interaksjon med sekundærbruker. Kilde: eget materiell	107
Figur 151 - Materialpallett. Kilde: eget materiell.	109
Figur 152 - Fargepallett til det endelige konseptet. Kilde: eget materiell.	109
Figur 153 - Det endelige konseptet i furu og aluminium. Kilde: eget materiell.....	110
Figur 154 - Det endelige konseptet i ask og aluminium. Kilde: eget materiell.	110
Figur 155 - Det endelige konseptet i eik og aluminium. Kilde: eget materiell.....	111
Figur 156 - Det endelige konseptet, i hel eik. Kilde: eget materiell.	111
Figur 157 - Det endelige konseptet, i hel ask. Kilde: eget materiell.....	111
Figur 158 - Det endelige konseptet, i hel furu. Kilde: eget materiell.	111
Figur 159 - Det endelige konseptet i svart. Kilde: eget materiell.	112
Figur 160 - Det endelige konseptet i hvit. Kilde: eget materiell.....	112
Figur 161 - Det endelige konseptet i grå. Kilde: eget materiell.....	112
Figur 162 Uteseenderiktig modell av det endelige konseptet 2. Kilde: eget bilde.	112
Figur 163 - Uteseenderiktig modell av det endelige konseptet 1. Kilde: eget bilde.	112
Figur 164 Uteseenderiktig modell ladekontakter ved det endelige konseptet. Kilde: eget bilde.	113
Figur 165 - Uteseenderiktig modell av det endelige konseptet 3. Kilde: eget bilde.....	113

Figur 166 Uteseenderiktig modell av det endelige konseptet 4. Kilde: eget bilde. 114

Tabelliste

Tabell 1 - Ord- og begrepsforklaringer	10
Tabell 2 - Oppgavens rammer.....	13
Tabell 3 - Oppbygging av endelig problemstilling	13
Tabell 4 - Aktør- og interessentanalyse	24
Tabell 5 - kartlegging av håndgrep	29
Tabell 6- Observasjon, del 2	30
Tabell 7 - Ytterligere punkter som ble oppdaget	31
Tabell 8 - Kravspesifikasjon	34
Tabell 9 - Sammenligning av teknologier.....	41
Tabell 10 - gruppering av idéer.....	46
Tabell 11 - modellering.....	59
Tabell 12 - Magnet-test 2-2,5 mm	63
Tabell 13 - Magnet-test 1,3 mm.....	63
Tabell 14 - Magnet-test med trekraft	64
Tabell 15 - Vinkling av håndledd	69
Tabell 16 - Ledd-basert stativ.	71
Tabell 17 - Resultater av spørreundersøkelse.	76
Tabell 18 - Stabilitetstesting	78
Tabell 19 - fordeler og ulemper, konsept 1	84
Tabell 20 - fordeler og ulemper, konsept 3.....	87
Tabell 21 - Generelle produksjonsmetoder.....	97
Tabell 22 – Materialer ved gripedel og ladekontakt	98
Tabell 23 - Materialer ved kontaktringer	99
Tabell 24 - Materialer ved bein.....	100
Tabell 25 - Materialer ved topplate, hylle og "hjulvogn"	100
Tabell 26 - Materialer ved nedre base.....	101
Tabell 27 - Dimensjoner på det endelige konseptet.....	108
Tabell 28 - SWOT-analyse på det endelige konseptet.....	121

Ord- og begrepsforklaringer

Tabell 1 - Ord- og begrepsforklaringer

Begrep	Forklaring
Primærbruker av rullestol	Mennesker som benytter seg av rullestol som hjelpemiddel.
Sekundærbruker	Familie, venner, assistenter, hjelpepleiere, etc. som bistår primærbrukerne med deres oppgaver
Vedlikeholdslading	Lading som vedlikeholder og «reparerer» batteriene. Utføres når laderen står plagget i, men batteriene er fulladet.
Kontrollpanel	Brukes til å styre rullestolens funksjoner, som for eksempel kjøring, heising, tilt, etc..

IoT	Internet of Things. Dette er et nettverk av blant annet sensorer som er koblet til internett og samler inn data som kommuniserer med hverandre.
DSB	Direktoratet for samfunnssikkerhet og beredskap
Inkrementell metode	Bearbeiding av emner der man fjerner uønsket materiale
MANULAB	Nasjonal infrastruktur for grunnforskning på vareproduksjon, med laboratorier på Gjøvik/Raufoss, Trondheim og Ålesund

1.Introduksjon

1.1 Oppdragsgiver

Denne oppgaven er gitt av hjelpemiddelsentralen på Elverum. Dette er NAV sin hovedbase for hjelpemidler i det som før var Hedmark fylke, men som i dag inngår i Innlandet. Hjelpemiddelsentralen er et statlig tilbud for mennesker som har behov for hjelpemidler og tilrettelegging i hverdagen. Dette er beskrevet i forskrift om hjelpemiddelsentralene i paragraf § 1 (Formål og ansvar). Her kommer det fram at hjelpemiddelsentralen har en sentral rolle hvor de iverksetter tekniske og ergonomiske tiltak, samtidig skal de være en ressurs til likeverd (Forskrift om formål og ansvar, 1997).

1.2 Oppgavebeskrivelse og bakgrunn

Under et besøk hos NAV på Elverum fikk gruppen framlagt en liste over ulike utfordringer knyttet til de produktene NAV håndterer. Utfordringene er basert på tilbakemeldinger hjelpemiddelsentralen har fått fra brukere og helsepersonell. Igjennom et samarbeid med oppdragsgiver Arne Hansen ble det enighet om å jobbe med temaet *ladeløsning for elektriske rullestoler*.

I Innlandet ble det utlånt 3531 elektriske rullestoler i 2021 (Hansen. A, Personlig kommunikasjon, 09.02.2021). Generelt er elektriske rullestoler en velferdsteknologi som flere mennesker er avhengig av for å komme seg rundt. For at rullestolen skal fungere er man avhengig at man må igjennom en ladeprosess. Lading av elektrisk rullestol er ofte noe som gjøres minimum én gang om dagen. Derfor er det en nødvendighet at dette skal foregå så enkelt og intuitivt som mulig. En stor andel brukere av elektriske rullestoler trenger individuell tilpasning eller hjelp fra omsorgspersonell i hverdagen. Ut ifra oppdragsgiver er dagens ladestandard tungvinn og lite tilpasset brukernes naturlige interaksjonsmåte (Hansen. A, Personlig kommunikasjon, 09.02.2021).

1.3 Oppgavens rammer

Tabell 2 - Oppgavens rammer

Ramme	Beskrivelse
Periode	18.01.2021-20.05.2021.
Geografisk begrensning	Oppgaven begrenses til å gjelde norske forhold.
Produkt	Elektriske rullestoler innenfor kategorien « <i>Motorisert styring (joystick)</i> ».
Økonomi	Oppdragsgiver har mulighet til å støtte med innkjøp av hensiktsmessig materiell, forutsatt at det kan skaffes i Norge.
Ressurser for prototyping	Gruppen har mulighet for datamodellering, 3D-printing og bygging av mindre mekaniske innretninger i MANULAB ved Smaragdbygget på campus Gjøvik.
Brukergruppe	Primærbrukere som benytter seg og har behov for elektrisk rullestol, og sekundærbrukere som hjelpepleiere og familie mm.
Reise og besøksrestriksjoner	Grunnet situasjonen med Covid-19 kan begrensinger i form bortfall av fysiske møter med brukere og forsøk ved MANULAB oppstå.
Oppgavens struktur	Oppgaven skal skrives etter IMROD-modellen. Nødvendige tilpasninger er gjort for en design- og utviklingsprosess. Dette er beskrevet i Vedlegg 1: <i>Angrepsmåte av prosjektet</i> .

1.4 Problemstilling

1.4.1 Problemformulering

Ved å svare på de ulike spørreordene under, oppnår man underbyggende materiale med gode indikasjoner for å formulere en problemstilling. Nøkkelbegrepene kommer mer til syne og disse er et hjelpemiddel som er med på å formulere en helhetlig problemstilling (Halvorsen, 2014).

Tabell 3 - Oppbygging av endelig problemstilling

Hva?	Ladeløsning til elektriske rullestoler.
Hvem?	Primær- og sekundærbrukere av elektriske rullestoler.
Hvor?	Hjemme hos primærbrukerne.
Hvordan?	Plugge laderen i stikkontakt og i inntak på rullestolen.
Når?	Når rullestolen har lite strøm på batteriet, for eksempel ved kveldsrutiner.
Hvorfor?	Rullestolen skal ha strøm på batteriene for å kunne fungere.

1.4.2 Problemstilling

«Hvordan forbedre dagens ladeløsning på elektrisk rullestol i brukernes hjem, med fokus på brukervennlighet for alle som har utfordringer med til- og frakobling av ladekontakt?»

Problemstillingen ble valgt på grunnlag av faglig analyse, diskusjon og utsiling.

1.4.3 Delproblemstillinger

Følgende delproblemstillinger ble satt opp for denne oppgaven. Disse skal brukes gjennom prosjektet som retningslinjer for hva slags fokusområder gruppen skal ha.

- 1. Hvordan utforme ladeløsningen slik at den er lett å integrere med eksisterende utstyr?*
- 2. Hvordan kan ladepunkt plasseres for å bedre brukervennlighet?*
- 3. Hvordan oppbevare laderen slik at den er mest mulig tilgjengelig?*
- 4. Hvordan utforme koblingspunktene slik at den krever minst mulig anstrengelse ved til- og frakobling?*
- 5. Hvordan utforme ladeløsningen slik at den kan estetisk være tilpasset et hjem?*

1.5 Mål

1.5.1 Effektmål

- Det endelige konseptet skal kunne gi økt selvstendighet for primærbrukere.
- Det endelige konseptet skal være fleksibelt i bruk slik at sekundærbrukere enklere kan bistå i ladeprosessen ved behov.
- Det endelige konseptet skal ikke være stigmatiserende for noen mennesker.
- Det endelige konseptet skal redusere belastningen hos omsorgssektoren.

1.5.2 Resultatmål

- Ladeløsningen skal vises gjennom en funksjonsriktig modell.
- Ladeløsningen skal vises gjennom en utseenderiktig modell, og dette innen den gitte tidsfristen.
- Oppnå et konsept for en forbedret ladeløsning for mennesker som benytter seg av elektriske rullestoler.

2. Teori

I dette kapittelet skal viktige momenter som eksisterende ladeløsning, sikkerhet, stigma, bærekraft og menneskelig aspekt undersøkes. Informasjonen kommer fra blant annet oppdragsgiver og litterære søk. Dette gir dermed en god og grunnleggende basis for videre kartlegging av problemområdet.

2.1 Eksisterende løsning

Hjelpemiddelsentralen leverer i dag en rekke forskjellige elektriske rullestoler til personer med ulike behov. I denne oppgaven blir det fokusert på kategorien som NAV definerer som «*Motorisert styring (joystick)*». Disse rullestolene benytter seg av XLR ladekontakt(er), noe som er dagens standard for rullestolladere (Hansen. A, Personlig kommunikasjon, 09.02.2021).

Gruppen har fått tilgang til et eksemplar av den norskproduserte rullestolen *PUMA 40 RWD* fra *Sunrise Medical AS*. Rullestolen er alternativ nummer to innenfor kategorien «*Begrenset utebruk, bakhjulsdrift og el. setefunksjoner*», og «*Motorisert styring (joystick)*» (Hansen. A, Personlig kommunikasjon, 09.02.2021). Det er denne rullestolen som blir utgangspunktet når gruppen skal utvikle og teste løsninger. Disse løsningene kan senere overføres til andre modeller.



Figur 1: Puma 40 RWD. Kilde: eget bilde.

Ladeinntak

Ladeinntaket på denne rullestolen er plassert i underkant og framkant av kontrollpanelet. Dette er den vanligste plasseringen av ladeinntak på denne type rullestol.

Enkelte har også et punkt på høyre side mellom for- og bakhjul (Hansen. A, Personlig kommunikasjon, 12.02.2021).



Figur 2 - Ladeinntak. Kilde: eget bilde.

Kontakttype

XLR-kontakten er en rund 3-pins kontakt. Den er mye brukt innen lydprodukter som signalkabel til mikrofoner og høyttalere. De tre lederne består av pluss- og minuspol i tillegg til jording/skjerming. Selve pluggen på gruppens lader er 66 mm lang og 20 mm i diameter, men dette kan variere. Kontakt-delen er laget av nikkelbelagt aluminium. Ladepluggen krever høy presisjon og riktig orientering når den skal plugges i ladeinntaket (Hansen. A, Personlig kommunikasjon, 12.02.2021).



Figur 3 - XLR- ladeplugg. Kilde: eget bilde.

Strømforsyning

Batteriladeren som følger med akkurat denne rullestolen, er en *Impulse S8* fra *Victron Energy B.V* (Wiisbye Kallshøj, 2014). Dette er en fullautomatisk, datakontrollert og beskyttet lader. Siden det er en intelligent lader, så tillater den både hyppig smålading og langvarig vedlikeholdslading. Ledningen mot strømmettet er på 1,9 m og mot rullestolen er den 2,4 m.



Figur 4 - Ladeomformer. Kilde: eget bilde.

I henhold til sikkerhetspunkter beskrevet i

instruksjonen, så kan laderen være plugges i veggen selv om den ikke er i bruk.

Ladeløsningen er også vedlikeholdsfri (Wiisbye Kallshøj, 2014). Spesifikasjoner rundt omformer og batterier kan leses om i Vedlegg 2: *Omformer og batteri*.

2.2 Sikkerhetshensyn

Sikkerhet er et viktig aspekt ved strømførende produkter, siden konsekvensene ved feil kan være store.

2.2.1 Brannsikkerhet

Ifølge nettstedene *Sikker Hverdag*, som er en nettside utviklet av DSB, så har 40 % av alle boligbranner i Norge en elektrisk årsak (Sikker hverdag, 2020). Dette vil si at det er et stort forbedringspotensial med tanke på å lage sikrere elektriske produkter. Gruppen er dermed klar over at produktene må være forsvarlig designet og utviklet. Selve utførelsen av produksjonen og koblingen gjøres derimot av faglærte personer.



Figur 5 – Brannfare. Kilde: eget materiell.

2.2.2 Elektrosjokk/støt

Det skal ikke være noen mulighet for å få tilført strøm til kroppen når man interagerer med laderen. Konsekvensene kan blant annet være ytre og indre forbrenninger, hjerte- og pusteproblemer og nyresvikt. Man kan også oppleve skader som for eksempel psykiske plager og muskel- og skjelettlidelser (Sikker Hverdag, 2020).



Figur 6 – Støtfare. Kilde: eget materiell.

Alle koblinger må være godt beskyttet og isolert, slik at det ikke skal kunne skje ulykker ved bruk. Hva slags isolasjon som brukes, varierer etter hva slags type elektrisk ledning som skal isoleres. Det som er mest vanlig å bruke som isolering i dag, er PVC (polyvinylklorid) (SNL, 2020).

2.2.3 Mekanisk sikkerhet

Løsningen skal være utviklet slik at man minimerer sjansen for klemfare ved bruk. Det skal heller ikke være skarpe kanter som kan føre til kuttskader. Hvis det er mulighet for at det kan oppstå en klemfare, kan det bygges inn sensorer eller lignende som forhindrer dette.



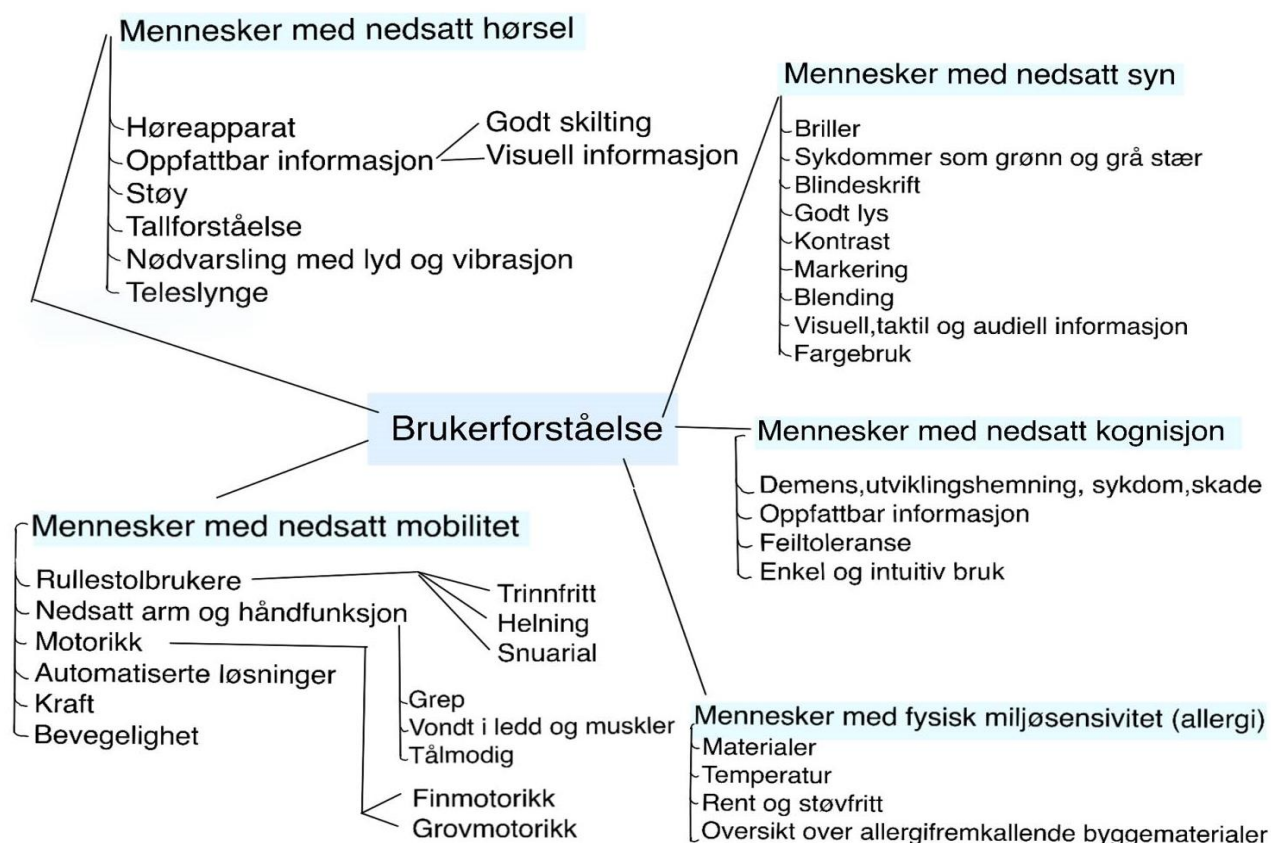
Figur 7 – Klemfare. Kilde: eget materiell.

2.3 Menneskelig aspekt

2.3.1 Primærbruker

Primærbrukerne i dette prosjektet er alle mennesker som sitter i elektriske rullestoler. Det vil si at det skal utvikles løsninger for mennesker i ulike aldre, størrelser og med ulike nedsatte funksjonsevner. De ulike brukergruppene for nedsatt funksjonsevne er presentert og illustrert med primærbehov og assosiasjoner i tankekartet nedenfor (Lid, 2018).

- Mennesker med nedsatt mobilitet
- Mennesker med nedsatt hørsel
- Mennesker med nedsatt syn
- Mennesker med nedsatt kognisjon
- Mennesker med fysisk miljøsensitivitet (allergi)



Figur 8 - Tankekart "brukerforståelse". Kilde: eget materiell.

2.3.2 Sekundærbruker

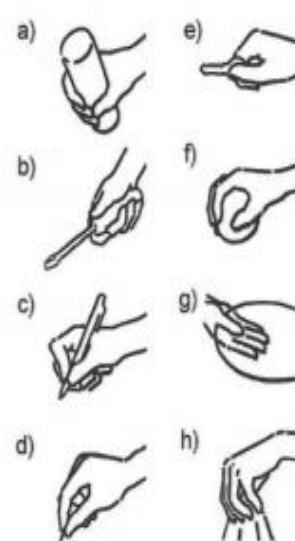
Sekundærbrukerne i prosjektet er primærbrukerens hjelpepleiere (fra omsorgssektoren), assistenter, familien og/eller deres nære relasjoner. Altså mennesker som bistår primærbrukeren. Det er også her viktig å tenke over at produktene skal være utviklet til et så stort segment som mulig.

2.4 Hånd- og grepsfunksjon

Dagens ladeprosess krever høy grad av interaksjon med hender (Hansen. A, Personlig kommunikasjon, 12.02.2021). Hånden er et gripeverktøy som kan både benyttes med kraft og med presisjon. Den har en enorm fleksibilitet til å forme seg etter, holde og håndtere gjenstander med ulik overflate, konsistens og størrelse. Hånden kan også kalles et sanseorgan på grunn av dens fleksibilitet til å hente inn informasjon om produktets grad av taktilitet og opplevelsen av detaljer og struktur (Vavik og Øritsland, 1997).

Ved kraftgrepene aktiveres de store muskelgruppene i underarmen og øker kraften, men minsker presisjonen av grepet. Ved presisjonsgrep blir fingermusklene aktivert i større grad. Her er det små muskler som har liten kraft, men til gjengjeld gir presise bevegelser. Tommelfingeren har også en stor betydning for denne presisjonen (Vavik og Øritsland, 1997).

For mennesker med nedsatt mobilitet kan det være vanskelig å gjennomføre grepene som er illustrert på figuren uten at det oppstår en form for lidelse eller smerte i ledd eller muskler. Med tanke på at dagens ladeløsning krever et stramt presisjonsgrep, er det lite tilrettelagt for at prosessen skal gå raskt og at det skal unngås muskel- eller leddsmerter (Hansen. A, Personlig kommunikasjon, 09.02.2021).



Grunnleggende typer av grep.

- a: kraftgrep
- b: diagonalgrep
- c: pennegrep
- d: plukkegrep
- e: nøkkelgrep
- f: kulegrep
- g: ekstensjonsgrep
- h: fem-fingergrep (Sollerman 1980)

Figur 9 – Grep. Kilde: (Vavik og Øritsland, 1997).

2.5 Samfunnsperspektiv

I løpet av de neste årene vil samfunnet bli påvirket av det som kalles en «eldrebølge». Dette vil gi en større påkjenning på helsesektoren både lokalt og globalt. Dette er et argument for hvorfor det er meget viktig å utarbeide og utvikle mer brukervennlig velferdsteknologi som er med på å lette påkjenningen rundt helsesektoren (Moser, 2019). Man kan dermed se på det å utarbeide en forbedret ladeløsning som et bidrag til dette.

Med tanke på at det skal utvikles løsninger som tilrettelegger for alle mennesker er begrepet universell utforming meget sentralt i dette prosjektet. Universell utforming defineres som:

«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» (Lid, s.18).

2.5.1 Stigma

Under utviklingen av nye produkter bør det fokuseres på at disse ikke skal føles krenkende eller stigmatiserende på noen måte, uansett utfordringer og bakgrunn (Paulsen T.M, Bostad. T, 2020). Den nåværende ladeløsningen for elektriske rullestoler er ikke tilrettelagt og universalt utformet, og kan derfor virke stigmatiserende for noen brukere (Hansen. A, Personlig kommunikasjon, 09.02.2021).

De 7 prinsippene og De 8 målene for universell utforming blir retningslinjer for å ta etisk riktige valg i prosessen, slik at ladeløsningen blir tilrettelagt for så mange som mulig. Disse er beskrevet nærmere i Vedlegg 3: *Universell utforming*. Retningslinjene er med på å underbygge loven om likestilling og forbud mot diskriminering, som også følges gjennom hele prosjektet (Likestillings- og diskrimineringsloven, 2020).

En metode som ofte benyttes av produktdesignere for å unngå eller dempe produktstigmatisering, er å kamuflere produktene slik at de ser ut som noe annet enn det de faktisk er. Dette gjør at mennesker kan bære eller benytte hjelpemidlene uten at det er synlig for omverdenen.

Et eksempel på et produkt der denne metoden har blitt benyttet, er ved en takmontert personløfter til rullestolbrukere. Denne løfteren er designet til å se ut som et klesskap, slik at

man ikke ser at det er et hjelpemiddel (Hansen, A, Personlig kommunikasjon, 03.05.2021). Ulempen med denne metoden, er at hvis produktet først blir oppdaget, så kan situasjonen føles enda verre for brukeren enn hvis den hadde vært synlig hele tiden (Vaes, 2014).

2.5.2 Bærekraft




Med dagens klimautfordringer er det en nødvendighet at alle må bidra til å redusere klimautslipp. Konsekvensene av denne utviklingen er blant annet at gjennomsnittstemperaturen på jorda stiger, havisen smelter, havet stiger og det blir mer ekstremvær (FN, 2019). FN definerer en bærekraftig utvikling på denne måten: «*Bærekraftig utvikling er utvikling som tilfredsstillter dagens behov uten å ødelegge fremtidige generasjoners muligheter til å tilfredsstille sine behov*» (FN-sambandet, 2019). I denne sammenhengen er det derfor viktig å ta del i og bidra med utvikling av nye bærekraftige produkter. Blant annet selve produksjonsprosessen, transport, materialbruk og gjenvinningsprosessen.

Sosial bærekraft-begrepet omhandler at man skal sørge for at mennesker skal ha et så godt og rettferdig liv som mulig. Det er menneskerettighetene som danner hovedgrunnlaget for at dette (FN-sambandet, 2019). Universal utforming bidrar til et mer sosialt bærekraftig samfunn med tanke på at det skaper tilgjengelighet og inkluderer alle (Lid, 2018). Nedenfor er det illustrert i et tankekart som ramser opp viktige stikkord i forhold til bærekraft.



Figur 10 - Tankekart bærekraft. Kilde: eget materiell.

FNs bærekraftsmål er en global og felles arbeidsplan for å utrydde fattigdom, bekjempe ulikhet og stoppe klimaendringene innen 2030 (FN-sambandet,2021). Målene som er relevante for prosjektet er:

3: God helse og livskvalitet	11: Bærekraftige byer og lokalsamfunn (<u>delmål 11.1</u>)	12. Ansvarlig forbruk og produksjon (<u>delmål 12.1</u>)
 <p><i>Figur 11 - FNs bærekraftsmål nr 3. Kilde: FN-sambandet, 2021.</i></p> <p>Igjennom et «universell utforming-tankesett» vil målet være å sikre god helse og fremme livskvalitet for alle mennesker.</p>	 <p><i>Figur 12 - FNs bærekraftsmål nr 11. Kilde: FN-sambandet, 2021.</i></p> <p>Sikre at alle har tilgang til ladeløsningen til en overkommelig pris.</p>	 <p><i>Figur 13 - FNs bærekraftsmål nr 12. Kilde: FN-sambandet, 2021.</i></p> <p>Sikre en bærekraftig produksjon av nye velferdsteknologier ved å benytte utviklingslandets ressurser og muligheter. Man må ta smarte materialvalg og benytte innovative produksjonsmetoder.</p>

2.5.3 Fargeteori

Det er viktig å undersøke fargevalget rundt et produkt da dette i stor grad påvirker hvordan produktet oppfattes. Menneskets oppfatning og opplevelse av farger er subjektivt fra person til person. Det er flere mennesker som kan ha vanskeligheter med å skille ulike farger fra hverandre. Derfor er det viktig å vurdere valg av sammenkobling av farger, kontraster, valører og fargeharmonier.

NCS (Natural Colour system) er et logisk fargebeskrivelsessystem som bygger på hvordan mennesket oppfatter og ser farger. Systemet baserer seg på en fargesirkel som er delt i fire deler. Disse delene baserer seg igjen på fargen gul (plassert på toppen), rød, blå og grønn som er fordelt rundt sirkelen i den oppskrevne rekkefølgen, med klokka. Mellom disse dannes kulører ut fra hvor mange prosent det er av hver farge (Valberg, 2009, s. 55).

En annen måte å skille farger på, er varme, kalde og ukulørte nyanser. De varme fargene er plassert fra toppen og ned på høyresiden av fargesirkelen (gul, oransje og rødtone) mens de

kalde fargene er plassert fra toppen og ned på venstresiden av fargesirkelen (blå og grønn-toner). Den tyske professoren Johannes Itten utførte forsøk og fant ut at varme og kalde farger påvirker følelsen menneskene har av temperaturen i et rom når man oppholder seg der i lengre tid. (Gundersen, Kjernsmo og Reinhardt, 1998, s. 23).

For mennesker med nedsatt syn vil sterke kontraster være et hjelpemiddel for å tilrettelegge for enklere forståelse og opplevelse av informasjon. Det kreves et sertifikat for å kunne kjøre elektrisk rullestol, og dette innebærer blant annet at sjåføren har godt nok syn (NAV, 2015).

Det finnes syv ulike fargekontraster (Sporaland, Fivelstad, Myhr, 2021). Disse ligger beskrevet nærmere i Vedlegg 4: *Ittens syv fargekontraster*.

3. Metode

I denne delen av prosjektet skal gruppen først igjennom en kartleggingsfase. Denne blir så basisen for en idégenereringsfase som videre skal bygges ut mot en idéforedlingsfase. Etter endt foredlingsfase, vil det bli tatt et valg på hvilket konsept som blir det foreløpige, valgte konseptet. Dette konseptet skal til slutt gjennom en detalj utviklingsfase, før det blir til det endelige konseptet. I disse fasene skal metoder for blant annet nyskapning, utvikling, evaluering og utsiling av idéer og løsninger benyttes. For nærmere beskrivelse av fasene, henvises det til Vedlegg 1: *Angrepsmåte av prosjektet*.

3.1 Kartlegging

Dette kapittelet handler om å bygge et solid informasjonsgrunnlag igjennom å kartlegge interessenter, konkurrerenter, brukerperspektiver og ulike eksisterende og relevante teknologier for lading. Oppgavens kravspesifikasjon presenteres også i denne kapittelet. Informasjon og data kommer fra blant annet kvalitative og kvantitative metoder. Ved å nyttiggjøre og øke antall metoder igjennom prosessen, øker og sikrer dette validiteten til undersøkelsene (Halvorsen, 2014).

3.1.1 Interessentanalyse

I mangel av en kravspesifikasjon fra oppdragsgiver er det utført metoden *interessentanalyse*, som skal være med på å gi oversikt over aktørenes perspektiver og interesser i prosjektet (Lerdahl, 2017). Interessene er samlet inn gjennom samtaler og intervjuer. Interessene er også med å underbygge kravspesifikasjonen som blir presentert senere i rapporten.

Tabell 4 - Aktør- og interessentanalyse

Aktør/Perspektiv/ Interessent	Interesser
Brukere av elektriske rullestoler <i>Primærbruker</i>	<ul style="list-style-type: none"> • Hjelp til utfordringer med tanke på å lade egen elektrisk rullestol i hverdagsituasjoner • Større grad av selvstendighet og privatliv • Større grad av mestringsfølelse • Frihet • Minske stress • Selvutvikling
Hjelpepleier/assistent/familie/venner <i>Sekundærbruker(e)</i>	<ul style="list-style-type: none"> • Redusere tidsbruk og/eller unødvendige reiser • Unngå at man må sitte i rullestolen til primærbruker for å utføre ladeprosess • En arbeidsoppgave mindre, om hvis ikke: enklere å gjennomføre arbeidsoppgaven
Hjelpemiddelsentralen <i>Tilpassing og vedlikehold</i>	<ul style="list-style-type: none"> • Finne løsninger på eksisterende utfordringer • Leverer velferdsteknologiske produkter som gir brukerne en bedre hverdag • Få et eksternt perspektiv på produktene • Besparelser av tid og ressurser på modifikasjoner • Mulighet og ansvar for å veilede for riktig brukeropplevelse • Holde kostnadene så lave som mulig, siden alle deres aktiviteter er budsjettstyrt
Prosjektmedlemmer <i>Designere</i>	<ul style="list-style-type: none"> • Tilegne seg ny kunnskap • Benytte erfaringer fra studiet i praksis • Bidra til Empowerment • Bidra til utvikling av velferdsteknologi i samfunnet • Utvikle gode universelt utformede løsninger • Utvikle samarbeidsevner internt og mot aktører i næringslivet • Leverer en grundig og samfunnsnyttig oppgave

Interessene til prosjektmedlemmer og Hjelpemiddelsentralen, er til en viss grad overlappende. Dette fordi begge parter har et ansvar for at primær- og sekundærbrukeren skal interagere med løsningen. Forskjellen er at Hjelpemiddelsentralen har et større fokus på de kostnadmessige aspektene rundt løsningene, selv om det ikke har blitt satt en spesifikk kostnadsramme. Primær- og sekundærbrukerne har også overlappende interesser, da i form av tidsbesparelse og større grad av brukervennlighet.

3.1.2 Markedsanalyse

En markedsanalyse utføres for å gi oversikt over aktuelle konkurrenter og hva de leverer av produkter på markedet. Markedsanalysen er en metode basert på *konkurrentkartlegging*, som står beskrevet i boka *Nyskapning* (Lerdahl, 2017).

Oppdragsgiver fortalte tidlig i prosjektet at ca. 99 % av alle dagsaktuelle ladere ved elektriske rullestoler er de samme i Norge. Altså den standardiserte ladeløsningen med XLR-ladeplugg (Hansen. A, Personlig kommunikasjon, 12.02.2021). Gruppen har også søkt gjennom flere internettkilder som bekreftet dette.

Tidligere fantes det en stor konkurrent på markedet, men denne har gradvis blitt utfaset til fordel for XLR-pluggen. Ladeløsningen ble blant annet brukt på de elektriske rullestolene til rullestolprodusenten *Balder* (Dalby. A, Personlig kommunikasjon, 17.02.2021). Ladeløsningen har gått ut av produksjon, men fremdeles finnes det rullestoler med denne løsningen i omløp. Som man ser på bildet så består ladeløsningen av en rektangulær kloss som man hengsler fast og dytter ned for innkobling.



Figur 14 - Gammel ladeløsning. Kilde: eget materiell.

Det ble også kartlagt ladeløsninger som benyttes i andre land, som blant annet Tyskland, USA og England. Konklusjonen fra funnene, var at oppbyggingen av ladeløsningene stort sett var like som i Norge. Under søket, var det eneste differensieringspunktet som ble oppdaget noen få variasjoner av utforming på ladeplugg. Allikevel var det svært få treff på denne løsningen, så det er usikkert om dette er noe som er i bruk i stor skala. XLR-ladepluggen dukket tydelig opp i alle undersøkelser som ble gjort i denne søksfasen.

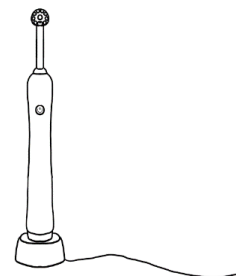
Hvis man kobler XLR-ladeløsningen opp mot verdidimensjonsfiguren, er dette med på å begrunne at løsningen ikke har noen direkte konkurrenter. Dette er nærmere beskrevet i Vedlegg 5: *Verdidimensjonsfiguren*.

Ladeløsninger i bruk ved andre apparater

For å få en bredere oversikt og innhente inspirasjon vedrørende ulike ladeløsninger, har det blitt det undersøkt utforming og sammenkoblingsmetoder på ulike apparater og kjøretøy.

Elektriske tannbørster

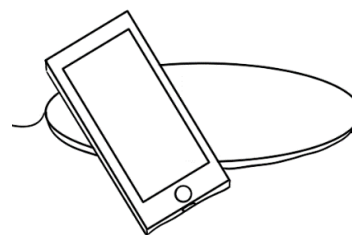
Moderne elektriske tannbørster lades med en form for induksjonslading. På laderen er det plassert en «pigg» som et hull på undersiden av tannbørsten tres ned på. Denne er der kun for å holde tannbørsten på plass. Det er altså ingen poler som har kontakt med hverandre, så spenningen overføres trådløst (Grøn, 2020).



Figur 15 – Tannbørste. Kilde: eget materiell.

Mobiltelefoner

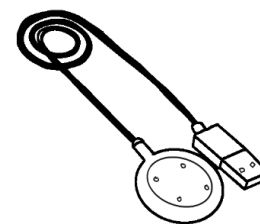
På nyere smarttelefoner finnes det teknologi der man har muligheten til å benytte induksjonslading på baksiden av telefonen. Ledningen fra stikkontakten er dermed koblet inn i ei ladeplate (Apple, 2020).



Figur 16 - Trådløs ladeplate. Kilde: eget materiell.

Pulsklokker

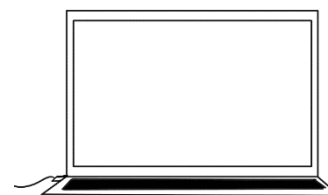
Pulsklokker baserer seg ofte på en ladeløsning som innebærer kontaktpunkter. Klokken legges ned på en ladeplate som har minst to polpunkter. I tillegg brukes det magnet for å holde klokken på plass (Polar, u.å).



Figur 17 – Klokke. Kilde: eget materiell.

Macbook

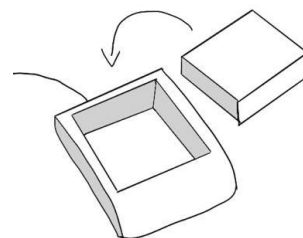
Ved eldre versjoner av Apple sin Macbook Air, kobles laderen til ved hjelp av magnettiltrekking slik som på pulsklokker. Forskjellen er at det ikke er polpunkter, men kun to anleggsflater som treffer hverandre. Det trengs kun å holde laderen inntil ladeinntaket og dermed orienterer den seg på riktig plass (Apple, u.å).



Figur 18 - Mac. Kilde: eget materiell.

Kamera

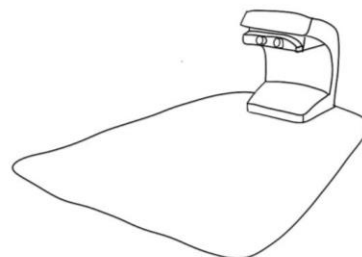
På noen kameramodeller tas batteriet ut av kamerahuset og plasseres i en separat lader. Denne er utformet som et hulrom som passer batteriet. Den baserer seg på kontaktlading, med en plusspol og en minuspol (Japanphoto, u.å).



Figur 19- Kamera-lader. Kilde: eget materiell.

Robotgressklipper

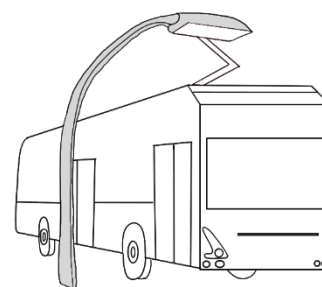
En robotgressklipper er en hjulgående maskin som autonomt kobler seg til en ladestasjon. Ved hjelp av kontaktpunkter i front av roboten, kjører denne inn i motstående kontaktpunkter på ladestasjonen og starter ladeprosessen (Clas Ohlson, u.å).



Figur 20 - Ladestasjon gressklipper. Kilde: eget materiell.

Buss/tog

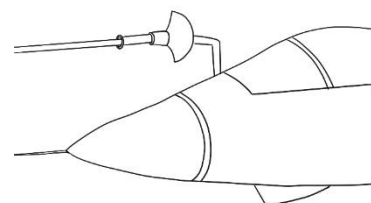
I nyere tid har elektriske kjøretøy tatt i bruk en patografløsning for å lade ved korte stopp mellom ruter. En bevegelig «arm» støtes opp i kontaktpunkter. Skinnegående fremkomstmidler som for eksempel tog benytter seg av den samme teknologien, men her overfører strøm mens kjøretøyet er i bevegelse (Valmot, 2016).



Figur 21 – Buss. Kilde: eget materiell.

Lufttanking

Fly er avhengig av å kunne fylle drivstoff mens de er i luften, og derfor benytter de seg av en sammenkoblingsmetode basert på stor presisjon. Et tankfly slipper ut en slange med en trakt i enden. Flyet bak har et spyd som må låse seg på en kobling inne i trakten (Roen, 2021).



Figur 22 – Jagerfly. Kilde: eget materiell.

3.1.3 Behovskartlegging

Metoden **behovskartlegging** skal først og fremst brukes til å innhente rådata fra brukerens perspektiv i forhold til dagens løsning, deres behov og deres ønsker. Ved å bearbeide disse dataene, dukker det opp muligheter for å finne forbedringspotensiale eller udekkede behov (Lerdahl, 2017). Dette har blitt utført ved hjelp av spørreundersøkelser, intervjuer, søk i vitenskapelige artikler og undersøkelser i MANULAB.

På grunn av situasjonen med Covid-19 var det ikke mulig å observere brukerne fysisk, som ønsket. Det ble derfor nødvendig at gruppen selv utførte testing. Det at utøverne av testene ikke er bruker av elektrisk rullestol kan være en av fallgruvene for relabiliteten ved metoden (Halvorsen, 2014). Det ble derfor utført intervjuer med representanter fra brukergruppen, og via disse fikk gruppen bekreftet at utfallet av testene var gyldige.




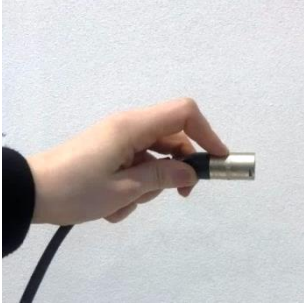



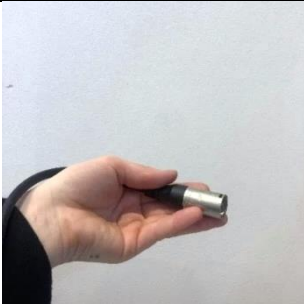
3.1.4 Observasjon i felt

Metoden **observasjon i felt** tar for seg ulike håndgrep for ladeplugg og støpsel, stegene i ladeprosessen og tilgjengelighetsområdet for bruk av hender rundt rullestolen. Observasjonene var strukturert på den måten at aktiviteten var bestemt på forhånd, og hensiktene rundt aktivitetene var klare for utøveren før de ble igangsatt (Halvorsen, 2014).

Observasjon - Kartlegge ulike håndgrep ved ladeplugg og støpsel

Personlige ferdigheter og preferanser påvirker håndgrepet rundt ladepluggen og støpselet. De samme grepene blir brukt ved begge innretningene, så derfor visualiseres kun ladepluggen. Det henvises til «2.4 Hånd- og grepsfunksjon» for mer informasjon rundt grep.





Tabell 5 - kartlegging av håndgrep

 <p>Figur 23 – Kraftgrep. Kilde: eget bilde.</p> <p>A) Kraftgrep</p>	 <p>Figur 24 – Nøkkelgrep. Kilde: eget bilde.</p> <p>B) Nøkkelgrep</p>
 <p>Figur 25 – Ekstensjonsgrep. Kilde: eget bilde.</p> <p>C) Ekstensjonsgrep</p>	 <p>Figur 26 – Pennegrep. Kilde: eget bilde.</p> <p>D) Pennegrep</p>
 <p>Figur 27 - Variant av pennegrep, presisjon med to fingre. Kilde: eget bilde.</p> <p>E) Variant av pennegrep, presisjon med to fingre</p>	 <p>Figur 28 – Fem-fingregrep. Kilde: eget bilde.</p> <p>F) Fem-fingregrep</p>
 <p>Figur 29 – Variant av pennegrep, undergrep. Kilde: eget bilde.</p> <p>G) Variant av pennegrep, undergrep</p>	 <p>Figur 30 – Variant av ekstensjonsgrep. Kilde: eget bilde.</p> <p>H) Variant av ekstensjonsgrep</p>

Observasjon - Kartlegge ladescenario

Det finnes likhetspunkter og nødvendige delprosesser som må gjennomføres for at man skal kunne lade rullestolen. Det er derimot ingen fasit på hvordan en hel ladeprosess skal foregå. Det er de nødvendige prosessene som har blitt satt i fokus i observasjonen. Det er også flere ytre faktorer som påvirker hvordan scenarioene foregår, som blant annet plassering, personlige ferdigheter og preferanser for både primær- og sekundærbrukere.

Tabell 6- Observasjon, del 2

 <p>Figur 31 – Støpsel. Kilde: eget bilde.</p> <p>A) Lede og plassere ladestøpsel i stikkontakt</p>	 <p>Figur 32 – Ladeplugg fra gulvet. Kilde: eget bilde.</p> <p>B) Plukke opp ladeplugg fra lokasjon</p>
 <p>Figur 33 – Ladeplugg til ladeinntak. Kilde: eget bilde.</p> <p>C) Lede ladeplugg til ladeinntak på rullestol</p>	 <p>Figur 34 – Ladeplugg inn i ladeinntak. Kilde: eget bilde.</p> <p>D) Plassere ladeplugg i ladeinntaket på rullestol</p>

Tabell 7 - Ytterligere punkter som ble oppdaget

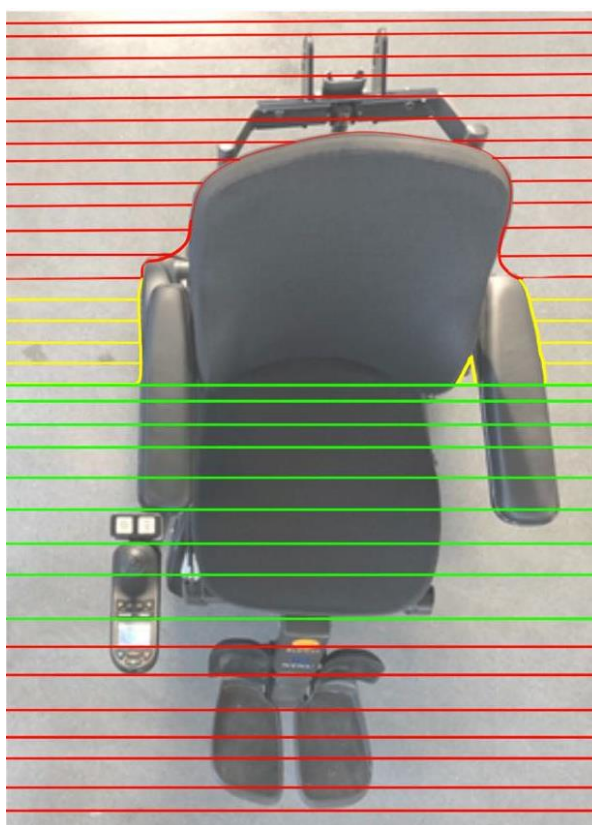
Rute	Ytterligere punkt som ble oppdaget under observasjonen
A	Det finnes flere håndgrep som kan benyttes for å gripe rundt et støpsel. Det henvises til «observasjon - kartlegge ulike håndgrep ved ladeplugg og støpsel».
B	Fleksibiliteten og bevegelighet til bruker har mye å si i forhold til opphenting av ladeplugg fra dens lokasjon.
C	Det finnes flere håndgrep som kan benyttes for å gripe rundt en ladeplugg. Det henvises til «observasjon- kartlegge ulike håndgrep ved ladeplugg og støpsel».
D	Vanskelighetsgraden av aktiviteten øker når man ikke har mulighet til å bruke sanser, som for eksempel synet.

Observasjon- Tilgjengelighetsområde for bruk av hender rundt rullestol

Målet med observasjonen, var å sette seg inn i situasjonen til en rullestolbruker. Dette for å kartlegge tilgjengelighetsområdet for bruk av hender rundt rullestolen. Under testing av eksisterende løsning, ble det forsøkt å hente opp ladepluggen fra ulike plasseringer, for å videre sette den inn i ladeinntaket.

Det er nødvendig å påpeke at på grunn av situasjonen med Covid-19, fikk ikke gruppen mulighet til å undersøke rullestolbrukernes eget tilgjengelighetsområde. Testen ble dermed basert på tilbakemeldinger fra brukere og oppdragsgiver.

Gruppen er også klar over resultatene ikke blir helt nøyaktige, uavhengig av Covid-19 eller ikke. Tilgjengelighetsområdet varierer veldig fra person til person, men det gir allikevel en inspirasjon for videre arbeid.



Figur 35 - Tilgjengelighet ovenfra. Kilde: eget bilde.

Resultatet av testen, var at rullestolen ble delt inn i tre soner, fra rød til grønn, basert på synlighet og tilgjengelighet.

Rød sone (dårlig plassering): Fothviler, fra knær og ned. Bakside av stol og understell.

Gul sone (middels god plassering): Bakre halvdel av armlene, underside av armlener og kontrollpanel.

Grønn sone (god plassering): Fremre halvdel av armlene, fra base av setepute og opp til øvre del av armlenet.



Figur 36 – Tilgjengelighet fra siden. Kilde: eget bilde.

3.1.5 Spørreundersøkelse

Det ble gjennomført to kvantitative, **digitale spørreundersøkelser** som *Handikapforbundet* delte via deres magasin *Handikapnytt*. Formålet med undersøkelsene var å få et stort grunnlagsmateriale som kan støtte eventuelle hypoteser rundt ladeutfordringene (Halvorsen, 2014). Spørreundersøkelsene finnes i Vedlegg 6: *Resultat av spørreundersøkelser*.

Den første undersøkelsen var rettet mot primærbrukere av elektriske rullestoler, og på denne var det 21 personer som responderte og tok seg tid til å svare. Gruppen er klar over at dette antallet bidrag i en kvantitativ undersøkelse gir et for tynt grunnlag til å kunne ta valg i prosjektet basert på svarene. Man kan allikevel benytte den for å gi en liten pekepinn på hva noen få brukere mener og opplever.

Det ble også gjennomført en spørreundersøkelse for sekundærbrukerne. Undersøkelsen ble gjennomført for å få synspunkter fra alle inkluderte i ladeprosessen, men denne fikk også for få svar, nærmere bestemt seks bidrag. Spørsmålene baserte seg på spørreundersøkelsen til primærbrukeren. Svarene avvirket ikke i stor grad sammenlignet med den første undersøkelsen.

3.1.6 Intervju med representanter fra brukergruppen

Metoden *dybdeintervju* bruker intervjuobjektets egne ord til å dele og forklare erfaringer og holdninger i forhold til temaet det snakkes om. Intervjuene er uformelle, noe som tilsier at tema og mål er forhåndsbestemt. Temaet for disse intervjuene omhandler generelle erfaringer rundt dagens ladeprosess. Styrken med denne typen intervjuer er at intervjuobjektet kan uttrykke og utdype sine meninger med større grad av frihet, uten å bli «tvunget» til å tenke på en bestemt måte (Halvorsen, 2014). Alle representantene fra brukergruppen har samtykket å bli indentifisert og skal bidra med tilbakemeldinger gjennom hele prosjektet.

Remi Johansen

- 45 år
- Bruker av elektrisk rullestol i 8 år
- Type rullestol og ladertype: *Balder* og XLR



Figur 37 – Remi.
Kilde: eget bilde.

Inger Lise Stubsjøen Martinsen

- 56 år
- Bruker av elektrisk rullestol i 26 år
- Muskelsykdom som påvirker generell styrke
- Type rullestol og ladertype: *Balder* og XLR



Figur 38 – Inger.
Kilde: eget bilde.

Kirsten Damholen-Berg

- 55 år
- Jobber med brukere som benytter elektrisk rullestol ved en helse- og omsorgsinstitusjon



Figur 39 - Kirsten.
Kilde: eget bilde.

Under intervjuene ga de ulike intervjuobjektene tilbakemeldinger rundt egne erfaringer, i tillegg til tips til gode løsninger. Remi hadde ingen spesielle utfordringer med dagens ladeløsninger, men han visste om flere som synes den var tungvinn og lite brukervennlig. Inger fortalte blant annet at hun synes dagens ladeplugg var for liten og at den var vanskelig å orientere på plass i ladeinntaket. Kirsten snakket på vegne av seg selv som sekundærbruker og på vegne av flere rullestolbrukere ved et bosenter. Intervjuene i sin helhet ligger i Vedlegg 7: *Intervjuer med representanter fra brukergruppen.*

3.1.7 Kravspesifikasjon

Som nevnt i kapittelet *Interessentanalyse*, henvendte gruppen seg til oppdragsgiver for kriterier til prosjektet. Her fikk ikke gruppen noe spesifikke krav, men generelle retningslinjer. Tilbakemeldingen var at det måtte settes søkelys på brukervennlighet og at den nye ladeløsningen skulle være mer nyttig og nødvendig for samfunnet generelt, enn dagens løsning. Det ble satt som krav at de nåværende ladeinntakene på rullestolen ikke skulle flyttes på. Dette på grunn av at rullestolprodusentene mest sannsynlig ikke ønsker å gjøre om på denne plasseringen (Hansen. A, Personlig kommunikasjon, 09.02.2021). Kravspesifikasjonen i dette prosjektet baserer seg i tillegg på gruppens datainnsamlinger som underbygger retningslinjene gitt fra oppdragsgiver. Arne har i senere tid godkjent kravspesifikasjonen. Denne blir grunnmuren igjennom prosjektet, og blir et verktøy som skal brukes aktivt i utviklingen av idéer og løsninger (Wessel, 2012).

Kravspesifikasjonen har ønskelige og nødvendige krav som skal stilles til det endelige konseptet. Kravene har igjen blitt delt inn i kategoriene funksjon, design, sikkerhet, ergonomi/brukervennlighet, og klima & miljø.

Tabell 8 - Kravspesifikasjon

Krav	Nødvendig	Ønskelig
Funksjon		
Ladeløsningen tilrettelegger for enkel til- og frakobling for både primær- og sekundærbrukere	X	
Mulig å tilpasse til alle elektriske rullestoler med kontrollpanel	X	
Ladeløsningen krever ikke modifikasjoner på rullestolen	X	

Design		
Design tilpasset et hjem	X	
Intuitivt design som sikrer rett bruk	X	
Ikke stigmatiserende	X	
Skal vise et enhetlig uttrykk		X
Estetikken skal ikke komme på bekostning av funksjonalitet og brukervennlighet		X
Fargekontraster ved interaksjonsområder		X
Sikkerhet		
Sikre god ventilasjon rundt omformer	X	
Koblingspunktet skal sikre god kontakt for å minimere risiko for varmgang og brann	X	
Ved montering av utstyr fysisk på rullestol, skal ikke eventuell endring av vektfordeling endre kjøreegenskaper		X
Enkel rengjøring av ladepunkter		X
Benytte standardisert eller kraftigere kabel for lading	X	
Plassering og utforming av ladeløsning slik at kontaktpunkter ikke er utsatt for skader ved sammenstøt	X	
Må ikke tillate feil bruk (polvending)	X	
Ergonomi/brukervennlighet		
Ladeløsningen skal være tilpasset et bredt spekter av ulike grep	X	
Ladeløsningen skal være tilpasset både store og små hender	X	
Være mindre tidkrevende å anvende enn dagens løsning	X	
Skal kunne benyttes med så lite muskelkraft som mulig		X
Ladeløsningen skal ikke føre til statisk belastning på muskler		X
Overflate med stor friksjon på interaksjonsflater	X	
Fordele håndtrykket på gripeflatene		X
Unngå skarpe kanter	X	
Unngå retning- og orienteringsbestemt til- og frikobling		X
Enkel rengjøring av overflater		X

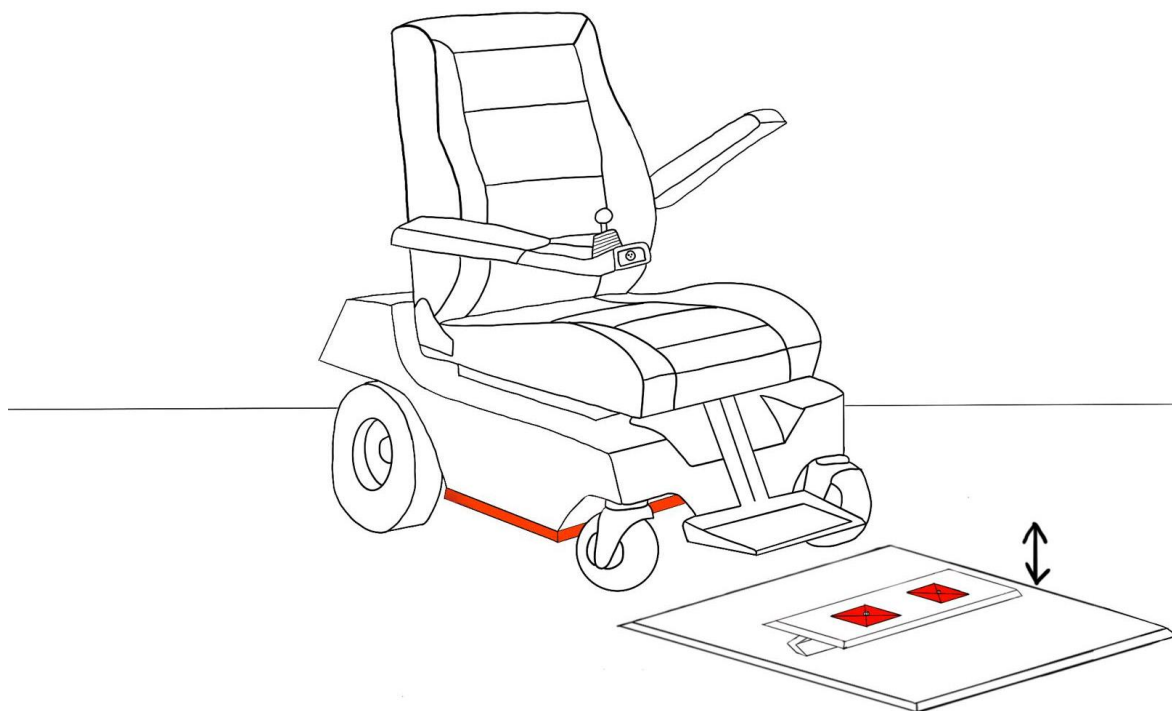
Klima & miljø		
Ladeløsningen er minst like energieffektiv som dagens løsning	X	
Ladeløsningen har en levetid på minst fem år (Forbrukerrådet, u.å)		X
Skal være produsert i miljøvennlige materialer	X	
Allergivennlig materialer (ikke krom eller nikkel i gripeflatene)	X	
Resirkulerbare materialer	X	
Effektiv produksjonsmetode (i kostnad og tid)	X	

3.1.8 Teknologier for strømovertføring

Dette kapitlet gir et dypere dykk inn i de ulike strømovertføringsmåtene som ble presentert i «Ladeløsninger i bruk ved andre apparater». Implementering av allerede eksisterende teknologi i utviklingsprosessen, gir et større grunnlag for å se muligheter til nye idéer og løsninger.

Kartleggingen er her basert på metoden **Teknologikartlegging** fra boka *Nyskapning* (Lerdahl, 2017). Illustrasjonene og eksemplene som blir presentert nedenfor, er kun et forslag til hvordan de ulike strømovertføringsmetodene kan benyttes. Det vil si at det finnes utallige måter å løse det på, og her vises det kun fram noen få av dem.

Kontaktpunkt som søker rullestol



Figur 40 -Eksempel på kontaktpunkt som søker stol Kilde: eget materiell.

Bakgrunn

Strømvaktaker, som blant annet *pantograf*, er en type strømovertføringsteknologi som lenge har blitt brukt på tog og sporvogner. Her overføres strøm fra overhengende ledninger og ned til toget eller sporvognen (Yang. Z, Wei. W, Gao.G, Wu. G, 2019). Det sendes altså strøm som direkte gir energi til motorene i toget, men det er også mulig å bruke denne teknologien til lading av batterier.

Virkemåte

Nå i senere tid har elektriske busser kommet på banen, spesielt i større byer som Oslo og Bergen. Disse bussene er avhengig av å kunne lades opp raskt mellom rutene de skal kjøre i løpet av dagen. På taket på bussen sitter det elektroder, og når bussen kjører under ladestasjonen, så senkes pantografen ned på disse elektrodene. På denne måten lades batteriene raskt opp før bussen kjører (Valmot, O.R, 2016). Virkemåten er altså som et helt vanlig tilkoblingspunkt, og det er kun teknologien som opererer tilkoblingspunktene som differensierer seg fra et vanlig kontaktpunkt.

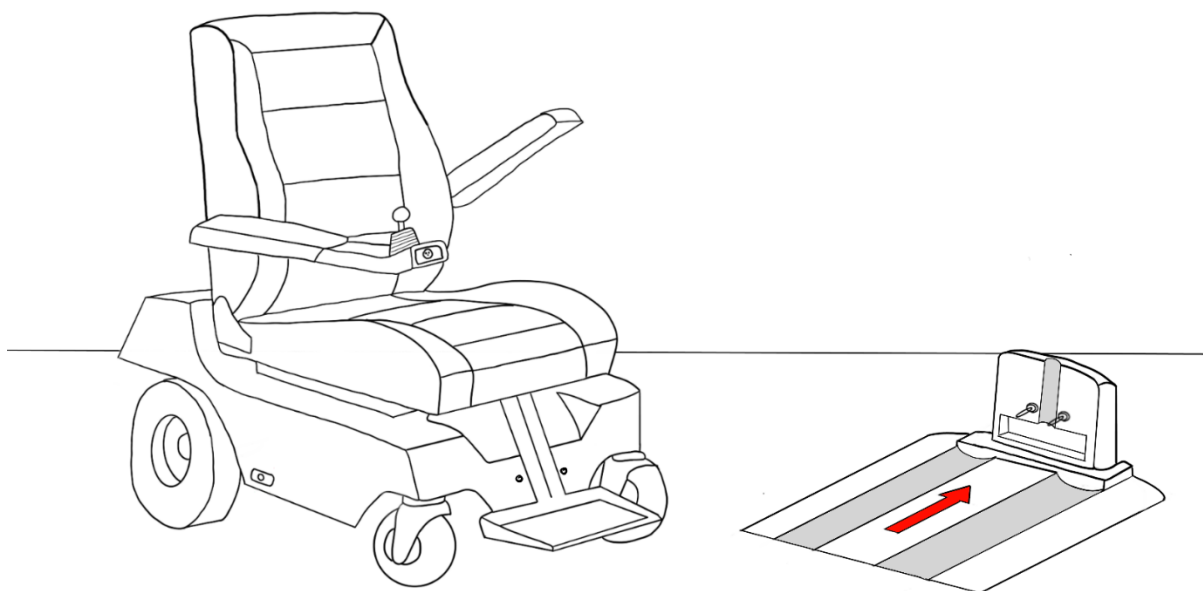
Teknologi koblet opp mot elektrisk rullestol

Virkningsgrad og effektivitet vil bli det samme som ved konvensjonell, kablet lading.

Ulemper ved denne teknologien er at man har et motorisert kontaktpunkt. Dette innebærer elektronikk og motorer som kan kreve vedlikehold og i verste fall feile. De eksponerte kontaktflatene kan bli utsatt for fuktighet, som kan skape korrosjon og dårlig kontakt. Dette kan igjen føre til dårlig ladeeffekt og i verste fall brann.

Fordelen med denne typen teknologi ved en rullestol er at man kan eliminere all fysisk interaksjon. Samtidig oppnår man den samme virkningsgraden som ved kablet lading.

Rullestol som søker kontaktpunkt



Figur 41 -Eksempel på rullestol som søker kontaktpunkt. Kilde: eget materiell.

Bakgrunn

Et eksempel på et produkt som selvstendig kjører inn i en ladestasjon, er robotstøvsugere og robotgressklippere. Når disse produktene gjorde sitt inntog på markedet, kom behovet for en ladeløsning der roboten autonomt kunne sette seg selv på lading (Husqvarna, 2020).

Virkemåte

Som ved strømvaktakeren, er det også her to kontaktpunkter som treffer hverandre. Forskjellen er at produktet som skal lades, kjører inn i laderen. Dette blir motsatt fra strømvaktakeren.

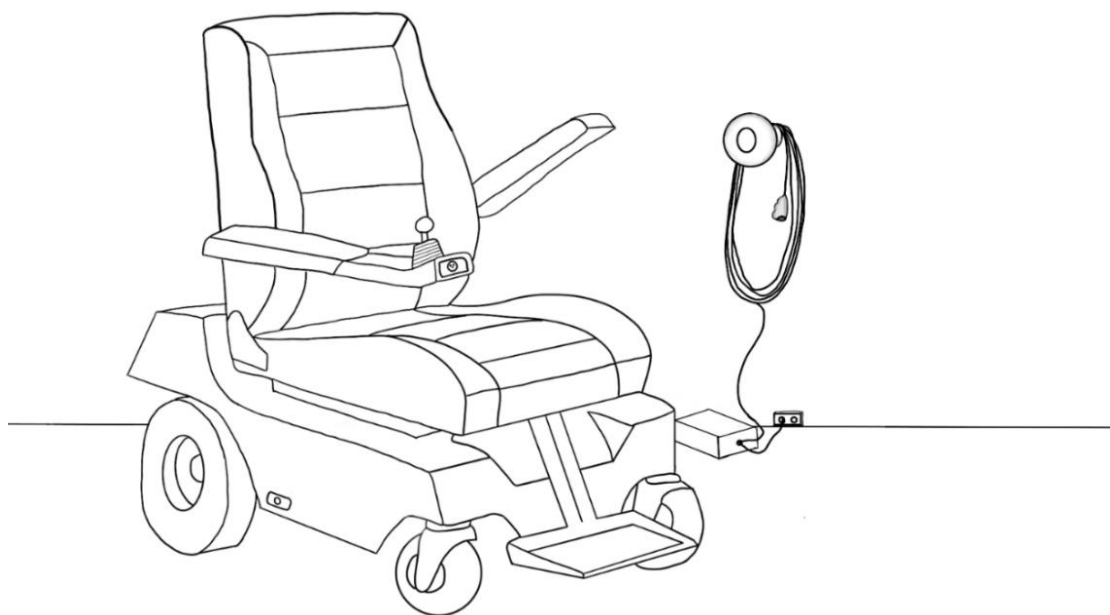
Teknologi koblet opp til elektrisk rullestol

En av måtene å implementere denne koblingsmåten på, er at det påmonteres en støtdemper med koblingspunkter i form av to hull i framkant av rullestolen. På ladestasjonen kan det for eksempel monteres to ladepinner som ved innkjøring guides inn mot hullene på rullestolen. Dette er tiltenkt skal skje ved hjelp av kjørespor innfelt i ladestasjonen. Når disse punktene treffer hverandre, begynner ladingen. Dette er illustrert på figur 42.

Ulempen med denne koblingsformen, er at man er nødt til ha nok kontroll og se nøyaktig hvor man kjører for å kunne treffe innenfor slingringsmonnet ved ladepinnene. Hvis ladestasjonen er plassert slik at man må komme kjørende forfra for å treffe sporene, kan dette hindre inn- og utstigning på rullestolen. Fothvilere kan også være i veien for plassering av koblingspunktene. Ladestasjonen må være kraftig bygget for å tåle harde sammenstøt.

Fordelene med denne koblingsformen er at man slipper all form for fysisk interaksjon med laderen. Siden det er faste koblingspunkter, forsvinner også farene rundt elektromagnetisk strøm og den eventuelle strålingen det kan medføre.

Manuell, forbedret ladeplugg



Figur 42- Manuell, forbedret ladeplugg. Kilde: eget materiell.

Bakgrunn

Denne kategorien ses ikke på som en enkeltstående teknologi, men den er aktuell å kartlegge for å basere videre arbeid på i prosjektet. Ser man på ladeløsninger som er basert på manuelt håndgrep, så finnes det utallige løsninger for utforminger som fokuserer på brukervennlighet og ergonomi. Et eksempel på dette, er elbil-ladere. Disse har kommet langt med tanke på nettopp brukervennlighet, design og ergonomi (*Full kontroll på ladingen*, 2020).

Ladere til elektriske biler er som oftest fastmonterte eller har en form for veggfeste. Ledningen har en oppbevaringsløsning, enten på en holder eller i bilen. Ladepluggene er også mer ergonomisk utformede, og kan inneholde funksjoner som lys og IoT (Internet of Things) (Krajewski, Malhotra, Ritzman, 2018).

Teknologi koblet opp mot elektrisk rullestol

Utgangspunktet for virkemåten og funksjonaliteten innenfor denne kategorien er lik som ved dagens ladeløsning på elektriske rullestoler. Forskjellen her kommer til å ligge på utformingen av laderen, tilkoblingsmåter, og eventuelt tilhørende utstyr.

Det som er fordelen med denne koblingsmåten kontra de to som er listet opp ovenfor i dette kapittelet, er at den innebærer en mindre andel av kompliserte komponenter. Ulempen ved denne koblingsmåten er at man ikke nødvendigvis fullstendig eliminerer manuell interaksjon ved ladeprosessen.

Evaluering av de ulike teknologiene

Denne evalueringen er basert på de funnene som har blitt gjort ovenfor, og det er gruppens medlemmer har utført evalueringen. Dette er basert på all innsamlet fakta, i tillegg til samtaler med fagpersonell innen elektronikk.

Forklaring på skalaene:

- 1: Dårlig/ikke tilfredsstillende
- 2: Lite tilfredsstillende
- 3: Nøytralt/tilstrekkelig
- 4: Tilfredsstillende
- 5: Meget tilfredsstillende

Tabell 9 - Sammenligning av teknologier

	Kontaktpunkt som søker rullestol	Rullestol som søker kontaktpunkt	Manuell, forbedret ladeplugg
Ladeeffektivitet	5	5	5
Sikkerhet	3	4	4
Forhold mellom kost og nytte	3	3	5
Miljøfaktor	3	3	4
SUM	14/20	15/20	18/20

Som man ser av tabellen, så er det kategorien «*Manuell, forbedret ladeplugg*» som får flest poeng.

Gruppen vurderte også teknologien «*induksjonslading*», men denne ble derimot forkastet. Denne avgjørelsen baserer seg på at teknologien hadde en stor andel usikkerhetsmomenter knyttet til seg. Gruppen vurderte det derfor dithen at det er utført for lite forskning på fagfeltet til at det er formålstjenlig å ha dette som en løsning i prosjektet. Eksempler på disse usikkerhetsmomentene er:

- Kraftige magnetfelt som kan påvirke medisinsk utstyr og hjelpemidler.
- Lavere virkningsgrad enn fast forbindelse.
- Varmeutvikling.
- Dyr og komplisert teknologi.

For nærmere beskrivelse av denne teknologien, henvises det til Vedlegg 8: *Trådløs lading – induksjon*.

Denne evalueringen har blitt utført for å få en pekepinn på hva slags status de enkeltstående teknologiene har i dette prosjektet. Videre inn i idégenereringsfasen vil gruppen nå frembringe idéer som baserer seg på innhold fra alle formene for teknologi utenom «*induksjon*». Disse idéene skal ses på som både enkeltstående versjoner, men også som kombinasjoner av hverandre.

3.1.9 Funn fra kartleggingen

Kartleggingsfasen har hatt fokus på å undersøke dagens løsninger, brukernes behov og ulike typer ladeteknologier med så bred innfallsvinkel som mulig. Dette har gitt gode retningslinjer rundt hva som er ønskelig og gjennomførbart i prosjektet.

Av markedsanalysen kom det fram at dagens ladeløsning ikke har noen direkte konkurrenter. Videre ble det kartlagt at uansett hvilket elektronisk utstyr det er snakk om, er sikkerhet viktig å sette søkelys på grunnet store konsekvenser ved feil. Spørreundersøkelser og intervju resulterte i flere individuelle meninger fra rullestolbrukere og hjelpepersonell/familie sine rutiner. Som nevnt tidligere, så kommer ikke spørreundersøkelsen til å være gyldig grunnlag for valg som tas i prosjektet, grunnet for få svar. I tillegg til spørreundersøkelsene og intervjuene, ble det også utført en rekke observasjoner for å få en enda dypere forståelse av brukernes ståsted.

Helt til slutt i denne fasen, ble ulike teknologier som kan kobles opp til videre utvikling undersøkt og evaluert.

3.2 Gjentakende metoder videre i prosjektet

Videre i prosessforløpet er det flere metoder som gjentatte ganger har blitt anvendt. Grunnen for at disse blir presentert tidlig, er fordi de har vært sentrale i flere av fasene. Det vil bli anvendt flere metoder som i større grad er mer spisset til hva problemområdet dreier seg om. Disse beskrives når de benyttes.

Kvantitative og kvalitative metoder

Som i kartleggingsfasen, vil det videre bli gjennomført spørreundersøkelser, intervjuer og observasjoner. Disse metodene vil også gjenta seg der det er naturlig å ta avgjørelser basert på tilbakemeldinger fra representantene i brukergruppen. Det skal også komme tilbakemeldinger fra oppdragsgiver, samt andre tilskudd fra personer med mer kompetanse i fagfeltene.

Tradisjonell brainstorming

Tradisjonell brainstorming har blitt benyttet ved hjelp av skriftlig og muntlig kommunikasjon. Brainstorming er et samlebegrep for mange ulike metoder. Fellestrekkene for alle disse metodene, er at de skal kommunisere idéer og gi oversikt over alle de ulike aspektene ved en utviklingsprosess (Slagkraft, 2007). Muntlig brainstorming har blitt anvendt internt i gruppen, men også med fagkompetente personer innen elektro, mekanikk, design, ergonomi og helse. Idéer og løsninger som har blitt utarbeidet utenfor «arbeidstid» har blitt nedskrevet og skissert, for så å bli presentert ved neste møte med gruppen.

Tankekart

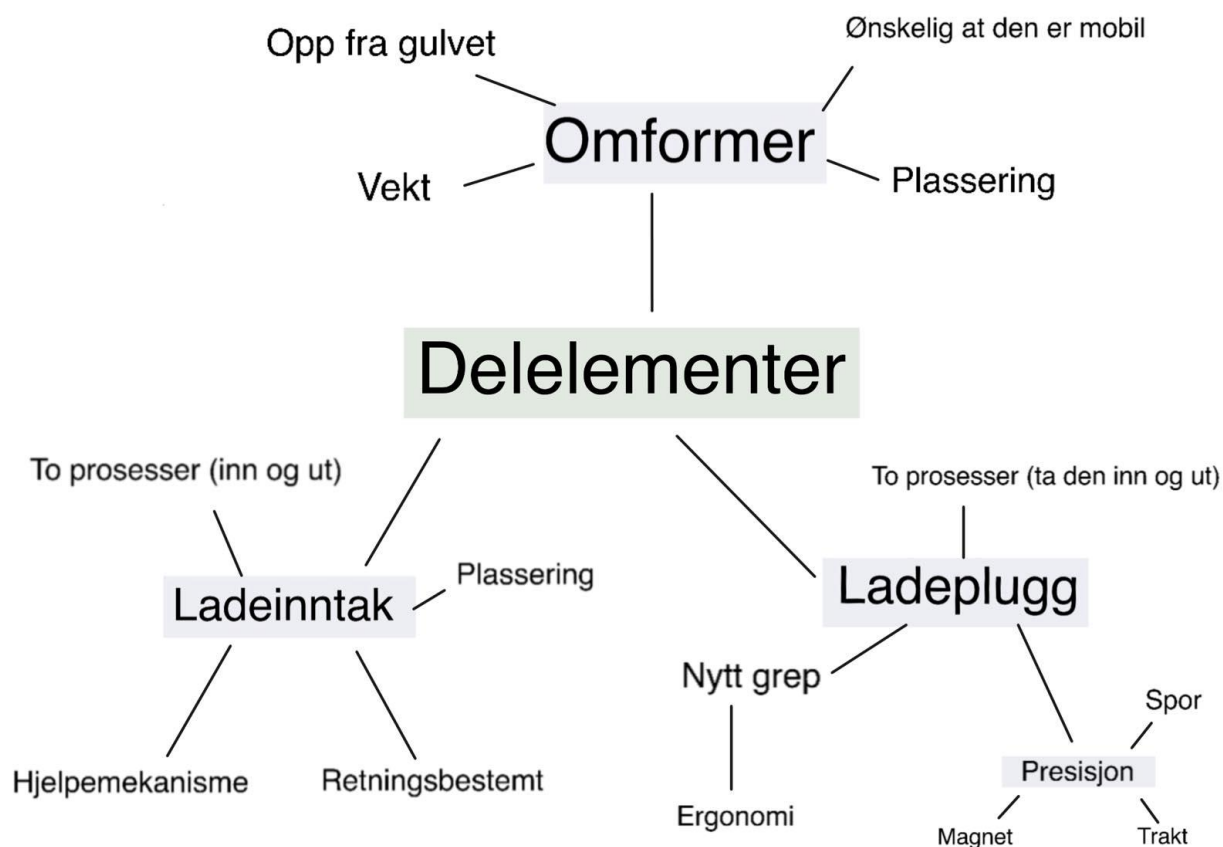
Tankekart har gjennomgående blitt brukt i hele prosjektet. Et tankekart er med på å hjelpe å samle tankene og dele dem inn kategorisk. Dette gjøres ved at man setter opp et ord eller begrep i midten av et ark, som videre forgreines til nye ord som assosieres med hovedordet/begrepet (Slagkraft, 2007). I noen tilfeller har det onlinebaserte verktøyet *Miro* blitt benyttet for å samle inn og skrive ned ulike tanker rundt det gitte arbeidsområdet, før de ble visualisert i et tankekart i tegneprogrammet *Sketchbook*.

3.3 Idégenerering

Basert på funnene som ble avdekket i kartleggingen, vil det i idégenereringsfasen arbeides systematisk med ulike metoder. Til slutt skal idéene presenteres og videreutvikles i samarbeid med oppdragsgiver og representanter fra brukergruppen (Eikhaug, 2020).

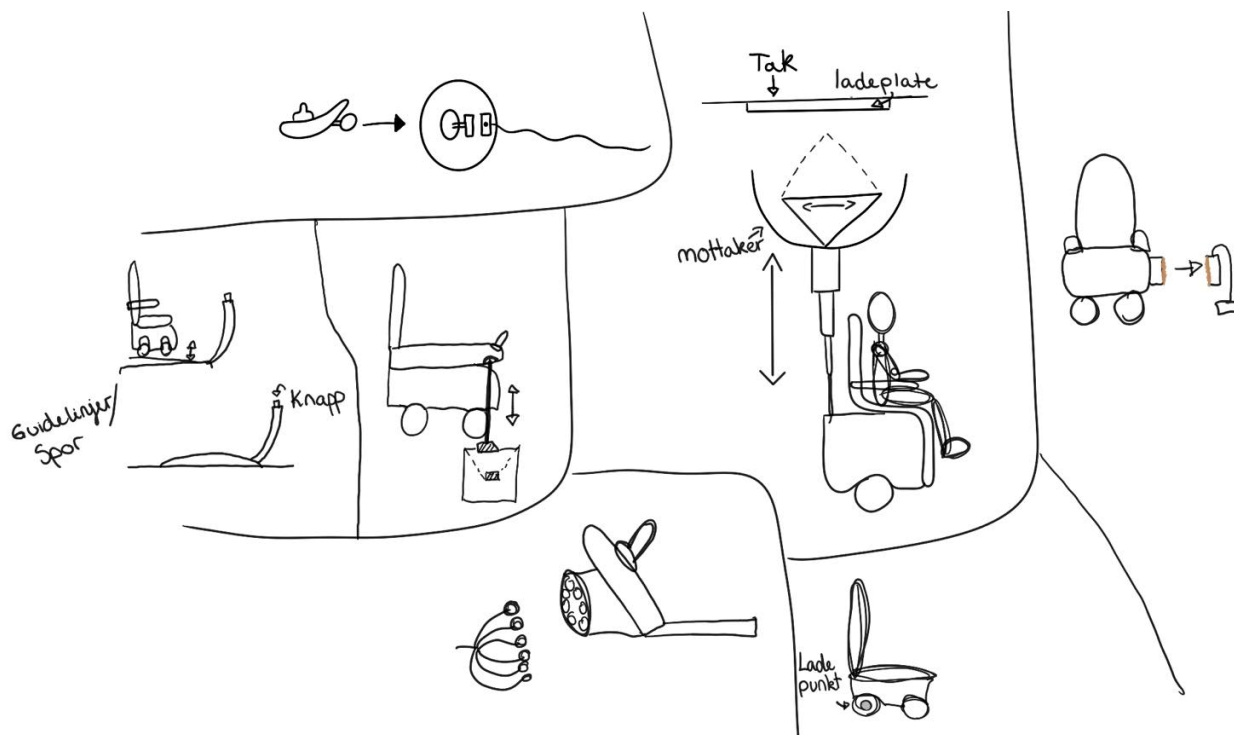
3.3.1 Fremgangsmåte for idégenerering

Tidlig i fasen ble det laget et ***tankekart*** over delemener ved eksisterende ladeløsning. Dette ga en oversikt over hvilke områder som har størst behov for forbedringer og hvilke muligheter som kan iverksettes.



Figur 43- tankekart om delelementer. Kilde: eget materiell.

Metoden **brainstorming** ble gjennomført både selvstendig og internt i gruppen. Denne brainstormingen baserer seg på de tre kategoriene som ble tatt med videre fra kartleggingsfasen.



Figur 44 - Skisse med illustrasjon av idéer og mennesket tegnet i croquis-tegning satt i idé. Kilde: eget materiell.

Ved bruk av metoden «*hva om*» *vrengning* ble det diskutert hvordan man skal kunne sette den elektriske rullestolen inn i forskjellige miljøer og situasjoner (Lerdahl, 2017). Noen av situasjonene tok utgangspunkt i metoden *drømmescenario*. Metoden skal være med på å hjelpe gruppemedlemmene å «tenke utenfor boksen» (Lerdahl, 2007). De valgte situasjonene er:

- Hva om man ikke klarer å løfte armen?
- Hva om man ikke klarer å gripe rundt noe?
- Hva om man har øyesykdommen *grå stær*?
- Hva om man har dårlig tålmodighet?
- Hva om laderen var integrert på/i rullestolen hele tiden?
- Hva om man lader både ved sengen og foran TV-en?
- Drømmescenario: Hva om laderen kan fly til deg?
- Drømmescenario: Hva om rullestolen ble ladet av å kjøre den?
- Drømmescenario: Hva om laderen kommer når du plystrer på den?

Alle idéene ble gruppert ved hjelp av metoden **gruppering av idéer** (Lerdahl, 2017). Denne metoden ble valgt blant annet fordi det gir en større struktur i arbeidet, som igjen baserer seg på at det var et svært bredt spekter av løsningsforslag.

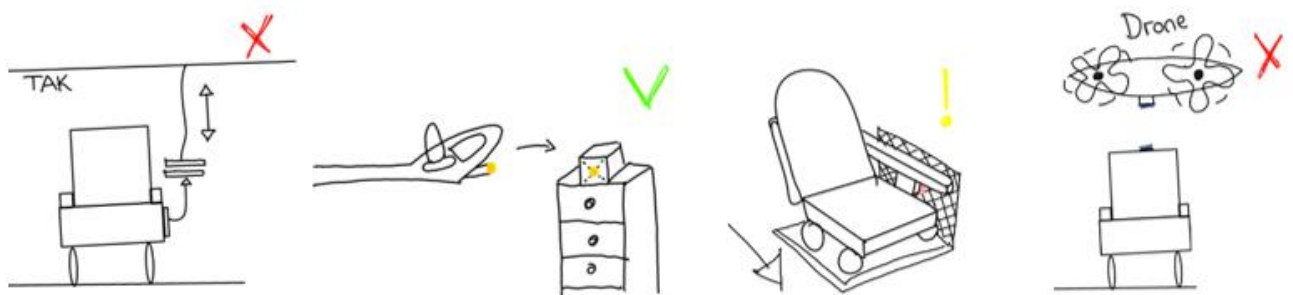
Metoden gjorde det enkelt å fjerne duplikater. Nesten like idéer ble satt sammen og definert som forskjellige varianter av samme tema. De to gruppene baserer seg på alle de tre kategoriene fra kartleggingsfasen, og disse dras dermed videre inn i arbeidet. Gruppene ble definert slik:

Tabell 10 - gruppering av idéer

<p>1. <u>Kontaktpunkter som søker å treffe faste punkter på rullestol</u></p> <p>Idéene skal inneholde faste kontaktpunkter på rullestolen og bevegelige kontaktpunkter som treffer disse. Her kan motoriserte og bevegelige mekanismer benyttes.</p>
<p>2. <u>Faste kontaktpunkter som rullestolen søker å treffe</u></p> <p>Idéene må inneholde faste kontaktpunkter som rullestolen må manøvreres eller guides inn på. Rullestolens bevegelighet utnyttes til å skape kontakt.</p>

Basert på de oppsatte grupperingene, ble det utført en spesifisert, skriftlig **brainstorming**.

Igjennom hele idégenereringen har det blitt utført utsilinger for å konvergere inn mot de beste idéene. En utsilingsmetode som har blitt benyttet er **rask idésilning**. Der ble alle idéene forklart av den som tegnet før de ble kategorisert av hvert enkelt gruppemedlem som god (grønn), dårlig (rød) eller til inspirasjon (gul) (Lerdahl, 2017). Flere skisser er illustrert i Vedlegg 9: *Skisser av idéer og løsninger*.

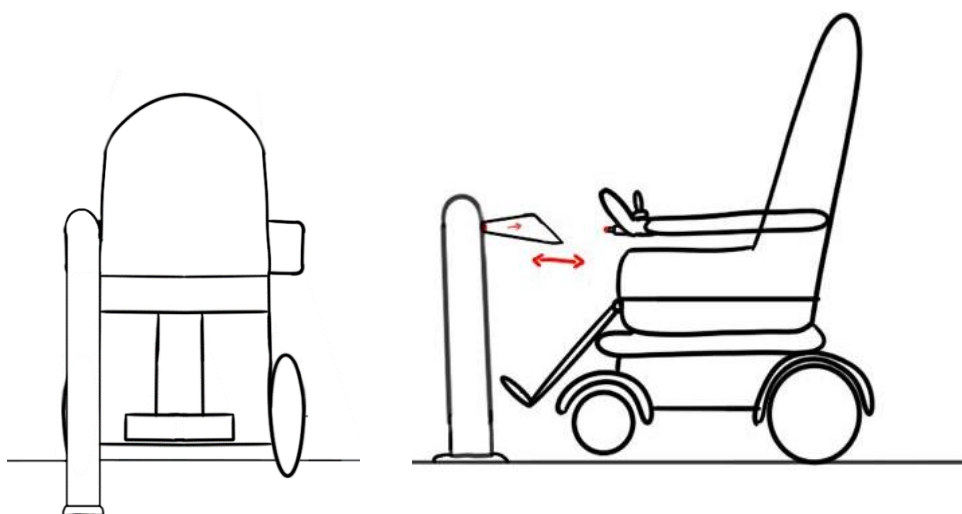


Figur 45- Raske skisser. Kilde: eget materiell.

3.3.2 Presentasjon av idéer

Alle idéene er visualisert i flere synsvinkler med piler og farger for å fremheve funksjonene. Dette gjør det enklere å presentere og videreutvikle idéene sammen med oppdragsgiver og representanter fra brukergruppen. Gruppen fikk også tilbakemelding fra en ergoterapeut i forbindelse med møtet med oppdragsgiver. Grunnet personvern vil ikke denne personens navn nevnes i rapporten.

Idé 1



Figur 46 - Idé 1. Kilde: eget materiell.

Denne idéen baserer seg på et gulvplassert stativ som inneholder et kontaktpunkt hvor rullestolen søker ladepunktet. Tanken er at den skal kreve mindre presisjon enn dagens løsning, der man for eksempel bruker en traktformet inngang som leder ladekontakten på plass. På rullestolen skal det monteres et adapter som skal treffe kontaktpunktet i laderen. Det er også muligheter for å implementere magnettiltrekking, som vil automatisere koblingsprosessen.

Fordeler med idé 1:

- Få eller ingen modifikasjoner på rullestolen.
- Enkelt å ta med seg ladestativet hvis man skal flytte det eller skal på reise/tur.
- Samsvarer med De 7 prinsippene for universell utforming: *Like muligheter for bruk (1) Fleksibel i bruk (2), Enkel og intuitiv i bruk (3) Forståelig informasjon (4), Lav fysisk anstrengelse (6), Størrelse og plass for tilgang og bruk (7).*
- Mulighet for magnettiltrekking av ladepunkt.
- Flere varianter innenfor samme idé, tilpasset ulike preferanser.

Ulemper med idé 1:

- Avhengig av en viss grad av presisjon for å kunne kjøre seg inn til riktig plassering.
- Krever at rullestolen kjører fremover mot kontakten og parkerer i den.
- Kan oppfattes lite intuitiv da det ikke finnes noe likt på markedet.
- Kan oppfattes som ustødig.

Tilbakemeldinger på idé 1:

Oppdragsgiver og ergoterapeut

Det som var positivt med denne idéen, var at det kreves minimalt med modifikasjoner på rullestolen, som vil si at det er «plug-and-play» for brukeren. Arne og ergoterapeuten fortalte også at stativet kunne bli for stort om det var plassert framfor rullestolen. Da kunne det bli vanskelig å kjøre tett inntil, spesielt for personer som har behov for personløfter/seil. I slike tilfeller er også sekundærbruker avhengig av god plass rundt rullestolen for å tilstrekkelig kunne utføre sine arbeidsoppgaver (Hansen, A, ergoterapeut (ikke navngitt), Personlig kommunikasjon, 23.03.2021).

Remi

Remi mente at en stativløsning kunne være en god idé. Plasseringen av ladepunktet trodde han kunne være noe utfordrende, siden man måtte nær stativet med høy presisjon (Johansen, R, Personlig kommunikasjon, 08.03.2021).

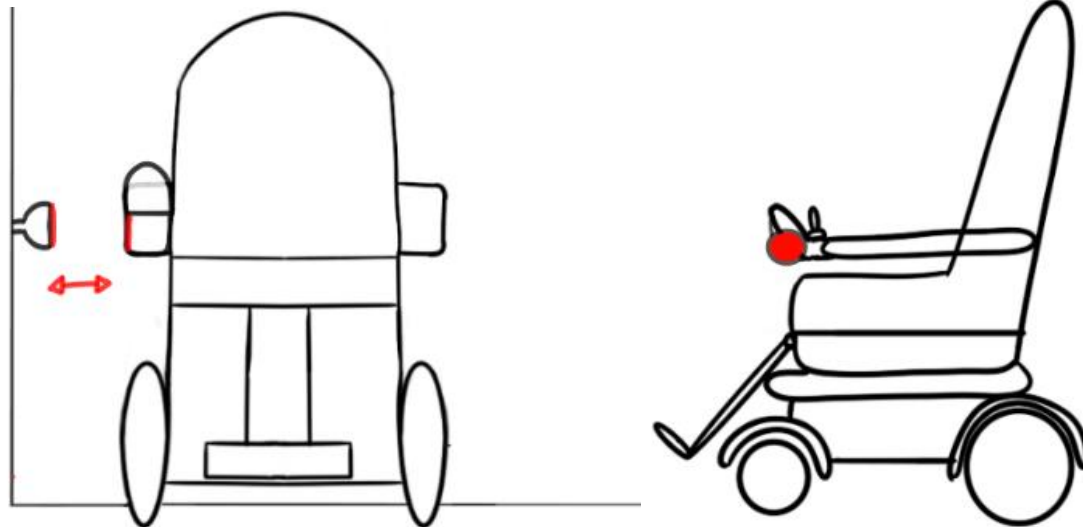
Inger

Inger likte denne idéen. Hun kommenterte at stativet må være enkelt tilgjengelig og at man må sørge for at det er stor treffsikkerhet ved tilkobling. Hun nevnte også at det var fare for at stativet kunne ta noe gulvplass, men dette var noe hun mente skulle gå fint for henne (Stubsjøen Martinsen, I.L, Personlig kommunikasjon, 05.03.2021).

Kirsten

Kirsten mente denne idéen var god, og at det var fint at man hadde muligheten for å flytte på ladeløsningen rundt i rommet. Det eneste hun mente kunne være en liten ulempe, var at ledningen til stikkkontakten blir liggende på gulvet (Damholen-Berg, K, Personlig kommunikasjon, 10.03.2021).

Idé 2



Figur 47 – Idé 2. Kilde: eget materiell.

Denne idéen baserer seg på at det skal monteres et adapter som er koblet til kontrollenheten og dermed flytter kontaktpunktet ut til siden for rullestolen. Her kan man for eksempel benytte magnet for å koble på et motstykke som enten står eller henger i riktig høyde i forhold til kontaktpunktet. Motstykket er festet på vegg.

Fordeler med idé 2:

- Få eller ingen modifikasjoner på rullestolen.
- Samsvarer med De 7 prinsipper for universell utforming: *Like muligheter for bruk* (1) *Fleksibel i bruk* (2), *Enkel og intuitiv i bruk* (3) *Forståelig informasjon* (4), *Tolleranse for feil* (5), og *Lav fysisk anstrengelse* (6).
- Ladeløsningen er liten og dermed tar liten plass.
- Ladeplaten er diskret og skjult for rullestolbrukeren når den ikke er i bruk.

Ulemper med idé 2:

- Avhengig av en viss grad av presisjon for å kjøre seg inn til riktig plassering.
- Man må kjøre tett inntil veggen, og man er avhengig av å stå plassert på et fast sted under ladeprosessen.
- Kan oppfattes lite intuitiv, siden det ikke finnes noe likt på markedet.
- Krever modifikasjoner av hjemmet.

Tilbakemeldinger på idé 2:

Oppdragsgiver og ergoterapeut

Det som var positivt med denne idéen, er at man kan koble til laderen på siden av rullestolen, under armlenet. Dette gjør lademottakeren i større grad skjult, noe som er gunstig med tanke på elementer som vær og vind, og at den generelt ikke skal komme i kontakt med objekter og bli ødelagt.

Arne og ergoterapeuten fortalte også at plassering av lader på vegg er uheldig. Hovedgrunnen er at man som sekundærbruker har lite tilgang til å komme seg rundt rullestolen. Fra primærbrukerens perspektiv, kan det bli utfordrende å komme seg ut av rullestolen etter at den er satt på lading. Man er også avhengig av å stå «låst» inntil veggen når man lader (Hansen, A, ergoterapeut (ikke navngitt), Personlig kommunikasjon, 23.03.2021).

Remi

Remi sine tilbakemeldinger, baserer seg på det samme som oppdragsgiver fortalte. Om ladepunktet hadde vært fleksibelt, og ikke festet fast i veggen, hadde dette vært en meget god idé (Johansen, R, Personlig kommunikasjon, 08.03.2021).

Inger

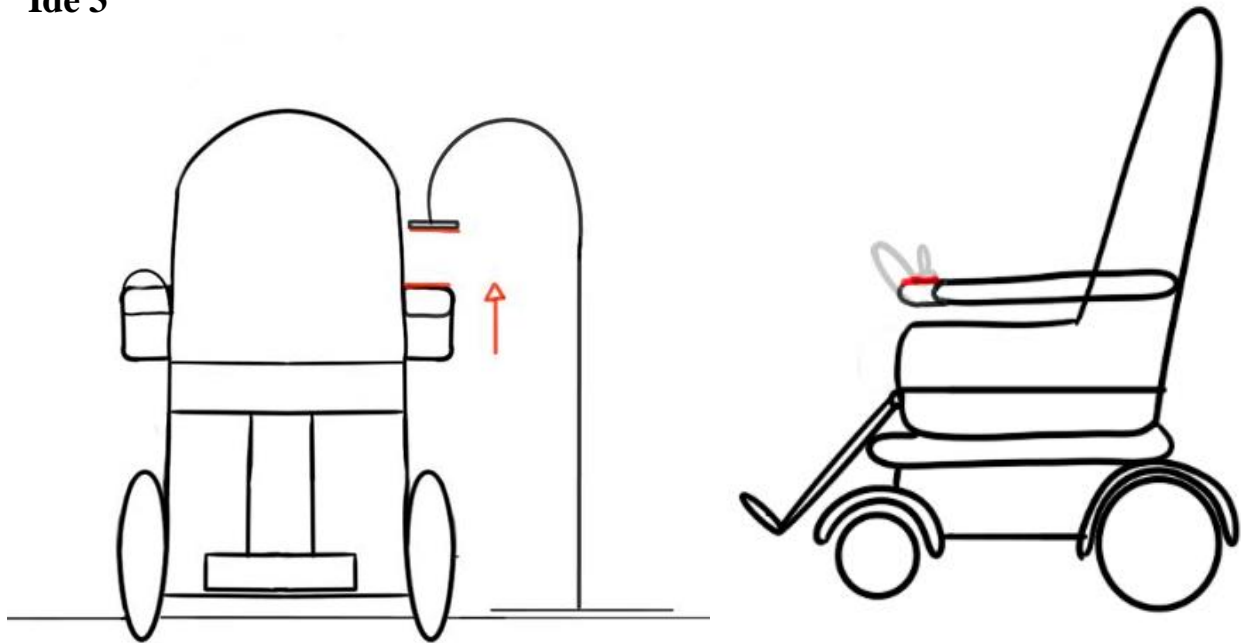
Det at denne idéen tok liten plass, var noe som engasjerte Inger. For hennes del var en vegghengt idé noe hun kunne tenke seg i sitt eget hjem.

«Om ladeløsningen hadde vært integrert i veggen og kommet ut når det skulle lades, hadde dette vært optimalt» (Stubsjøen Martinsen, I.L, Personlig kommunikasjon, 05.03.2021).

Kirsten:

Kirsten mente denne idéen var den beste. Den er lettvin og intuitiv for de som for eksempel har vanskeligheter med finmotorikk i hender (Damholen-Berg, K, Personlig kommunikasjon, 10.03.2021).

Idé 3



Figur 48 - Idé 3. Kilde: eget materiell.

Denne idéen baserer seg på et kontaktpunkt som kan monteres på motsatt armlene fra der kontrollpanelet sitter. Man skal da bruke samme innfestningsbrakett som på kontrollpanelet. Inn- og utkobling av lader fungerer ved å benytte høydejusteringsfunksjonen på rullestolen, hvor man da heiser mottakerplaten opp i giverplaten på stativet. Når ladingen er ferdig, senker man seg ned igjen.

Fordeler med idé 3:

- Få eller ingen modifikasjoner på rullestolen.
- Man eliminerer bruk av håndgrep.
- Man bruker de allerede eksisterende funksjonene på rullestolen for å kunne lade.
- Samsvarer med De 7 prinsipper for universell utforming: *Enkel og intuitiv i bruk* (3), *Lav fysisk anstrengelse* (6), og *Størrelse og plass for tilgang og bruk* (7).

Ulemper med idé 3:

- Ikke mulighet for å ta opp armlene ved lading.
- Ikke mulighet til å justere høyden på rullestolen ved lading.
- Kan oppfattes lite intuitiv da det ikke finnes noe likt på markedet.
- Stativet kan oppfattes som ustødig.

Tilbakemeldinger på idé 3:

Oppdragsgiver og ergoterapeut

Hovedfokuset i tilbakemeldingen var funksjonen rundt hev og senk for til- og frakobling av laderen. Flere brukere er avhengig av å heise rullestolen til sin maksimale utstrekning for å kunne stige ut av setet, og tilsvarende hvis man trenger å senke den. Dette kan bli en utfordring ved at idéen ikke tillater disse nødvendighetene. Siden lademottakeren er vendt oppover, er den utsatt for elementer som vær og vind, i tillegg til sammenstøt med objekter som kan føre til skader. Det er også en nødvendighet å kunne løfte opp armlenet når brukeren skal ut av rullestolen. Dette vil ikke kunne utføres med denne idéen (Hansen, A, ergoterapeut (ikke navngitt), Personlig kommunikasjon, 23.03.2021).

Remi

Remi fortalte at han syntes idéen virket god, men at det var uheldig for noen brukere at man ikke har muligheten for å løfte opp armlenet ved lading (Johansen, R, Personlig kommunikasjon, 08.03.2021).

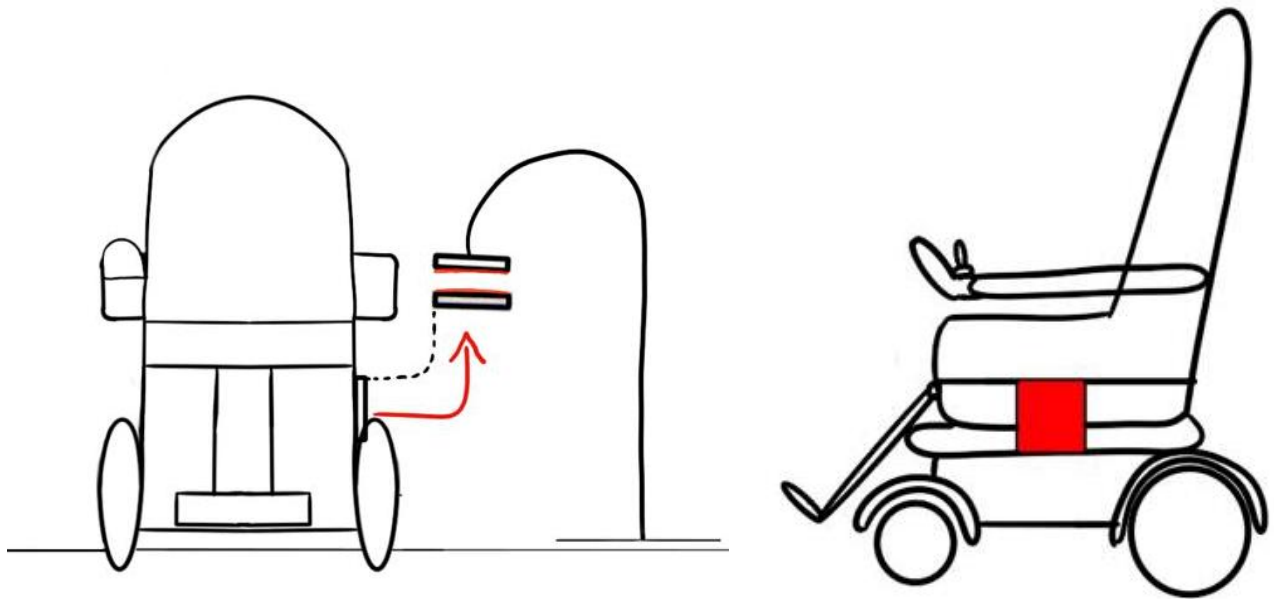
Inger

Inger syntes at fleksibiliteten ved idéen var en stor fordel. Hun kom med forslaget om å ha muligheten til å snu og vende på stativet når det ikke er i bruk, slik at det ikke tar stor plass i hjemmet (Stubsjøen Martinsen, I.L, Personlig kommunikasjon, 05.03.2021).

Kirsten

Kirsten mente at det ikke var positivt at man er avhengig av å benytte rullestolens eksisterende funksjoner for å kunne lade. Hvis det skulle oppstå en situasjon der rullestolen går helt tom for strøm, eller at heisefunksjonen ikke skulle fungere, så får man ikke ladet (Damholen-Berg, K, Personlig kommunikasjon, 10.03.2021).

Idé 4



Figur 49 - Idé 4. Kilde: eget materiell.

Denne idéen baserer seg på en versjon der ladeplaten er montert vertikalt på siden av rullestolen. Når ladingen starter, trekkes ladeplaten opp ved hjelp av motorisert kraft, for eksempel med et trykk på en knapp montert rundt kontrollpanelet. Den trekkes så ned igjen når man er ferdig med ladeprosessen. Denne versjonens motstående giverplate er lik som beskrevet i idé 3.

Fordeler med idé 4:

- Man eliminerer bruk av håndgrep.
- Samsvarer med De 7 prinsipp for universell utforming: *Enkel og intuitiv i bruk* (3), *Lav fysisk anstrengelse* (6), og *Størrelse og plass for tilgang og bruk* (7).
- Ladeplaten er diskret og skjult for rullestolbrukeren når det ikke lades.

Ulemper med idé 4:

- Implementering av motorisert lademottaker kan bli utfordrende å gjennomføre uten store modifikasjoner på rullestol.
- Kan oppfattes lite intuitiv, da det ikke finnes noe likt på markedet.
- Stativet kan oppfattes som ustødig.
- Krever svært presis kjøring for å kunne sikte seg inn mot ladeplaten på stativet.

Tilbakemeldinger på idé 4:

Oppdragsgiver og ergoterapeut

Tilbakemeldingene ved denne idéen baserte seg på tilbakemeldingene på idé 3. Disse ble snakket om som to versjoner av samme idé. Arne kommenterte at hvis teknologien rundt den motoriserte lademottakeren hadde vært rimelig priset, så kunne dette vært en god idé. Det at det må gjøres omfattende modifikasjoner på rullestolen, kunne bli en stor utfordring med tanke på kostnad (Hansen, A, ergoterapeut (ikke navngitt), Personlig kommunikasjon, 23.03.2021).

Remi

Remi synes denne idéen virket grei. Han likte at lademottakeren var montert langt nede på rullestolen, slik at den ble skjult. Et element han derimot mente var negativt, er at man er avhengig av å sikte seg inn mot ladestativet i forkant av at ladeplaten heises opp (Johansen, R, Personlig kommunikasjon, 08.03.2021).

Inger

Inger fortalte at denne idéen var ideell for henne, fordi man eliminerer behovet for håndgrep. Det kan derimot være negativt at man er avhengig av å modifisere rullestolen i stor grad. Hun kommenterte også faktoren rundt presisjonskjøring for å treffe ladestativet (Stubsjøen Martinsen, I.L, Personlig kommunikasjon, 05.03.2021).

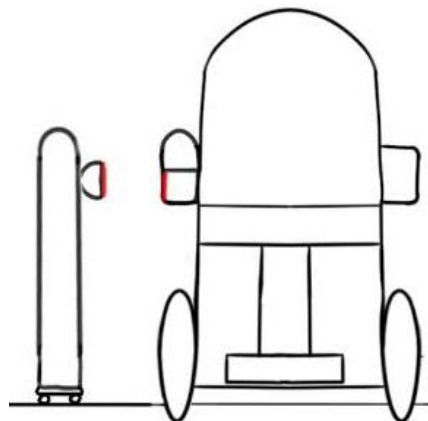
Kristen

Her mente Kirsten det samme som hun fortalte på idé 3. Hun la også til at det er upraktisk at man er avhengig av å modifisere rullestolen i så stor grad (Damholen-Berg, K, Personlig kommunikasjon, 10.03.2021).

3.3.3 Total evaluering av idéer

Basert på tilbakemeldinger og oppkobling av idéer til kravspesifikasjonen, velges det en sammenkobling av idé 1 og idé 2 som utgangspunkt for videre arbeid. Dette baserer seg da på:

- sidemontert lademottaker på rullestol (idé 2)
- motstående ladeplate montert på stativ (idé 1)
- magnettilkobling (idé 2)
- «plug-and-play» når det kommer til montering av ny løsning (idé 1)
- stativet er mobilt (hjul) (tilbakemelding fra idé 2)



Figur 50 - Valgt idé for videre arbeid.
Kilde: eget materiell.

Det er også ønskelig fra oppdragsgiver at ledningen til ladeløsningen er justerbar i lengden. Dette med tanke på at flere brukere er avhengig av å justere høyden på rullestolen eller ta opp armlenet for å komme seg ut av den. Ved at ledningen er fleksibel, vil det føre til at idéen får et større nedslagsområde blant primærbrukere (Hansen. A, Personlig kommunikasjon, 23.03.2021).

Idé 3 ble forkastet på grunn av:

- Idéen utelukker de som er avhengig av å løfte opp armlenet eller justere rullestolen under lading.
- Om rullestolen er helt tom for strøm får man ikke ladet.
- Plassering av ladeinntak er utsatt for vær og vind.

Idé 4 ble forkastet på grunn av:

- Idéen krever svært presis innkjøring. Dette menes med at man ser ikke hvor ladeplaten skal treffe før man har stoppet for å aktivere den.
- Idéen krever omfattende modifikasjoner av rullestolen.
- Ladeinntaket kan gi feil vektfordeling ved tunge komponenter, altså at rullestolen blir sidetung.

3.3.4 Kritisk synspunkt ved valgt idé

Etter samtaler med oppdragsgiver og representanter fra brukergruppen ble den nye, valgte idéen vurdert fra en kritisk synsvinkel. Metoden *scenariospill* ble her benyttet for at idéen skulle bli satt inn i gitte situasjoner fra primær- og sekundærbrukers perspektiv. På denne måten kunne gruppen i større grad sette seg inn i reelle situasjoner, og da dukket eventuelle og potensielle fallgruver rundt idéen opp (Lerdahl, 2007).

Eksempler på scenarioer fra primærbrukerens perspektiv:

- «Magneten er for sterk, så jeg klarer ikke å løse ut ladepluggen selv».
- «Jeg må selv bruke håndkraft for å dytte inn ladepluggen mot slutten av innfestningen, siden ladeinntaket ikke «smettes» på plass av seg selv».
- «Kontrasten mellom ladeplugg og mottaker på rullestolen er for liten og det blir dermed vanskelig å se laderen».
- «Hjulene/føttene er for små/ustødig i forhold til dimensjonene på stativet».
- «Ladepluggen kan bli ødelagt hvis man kjører i dårlig vær».
- «Ledningen kan falle ut av inntaket hvis man tar opp armlene med laderen plagget i».
- «Om ledningen er for kort drar man med seg stativet eller ladepluggen kan falle av når man tar opp armlenet».
- «Jeg får ikke sett TV- samtidig som jeg lader».

Eksempler på scenarioer fra sekundærbrukers perspektiv:

- «Laderen kan komme i veien når primærbrukeren trenger assistanse i form av personløfter».
- «Jeg må ikke være avhengig av å sette meg i rullestolen til primærbrukeren for å klare å sette den på lading».
- «Kan være utfordrende å utføre ladeprosessen når en selv står oppreist».
- «Stativet kan være vanskelig å flytte på i rommet, slik at jeg ikke klarer å utføre min arbeidsoppgave».
- «Kontrasten mellom ladeplugg og mottaker på rullestolen er for liten og det blir dermed vanskelig å se laderen».

3.4 Idéforedling

I foreldingsfasen skal idéen fra tidligere fase videreutvikles, bearbeides og foredles til fremtidige konsepter. Det er ofte i denne fasen de virkelig gode løsningene oppstår. Dette er fordi man har noe konkret å jobbe ut ifra, og man kan enkelt bearbeide, utvikle, koble sammen, spisse og foredle løsningsforslagene (Lerdahl, 2017). De beste løsningsforslagene vil bli presentert som konsepter.

Faktorer som påvirket arbeidsperioden:

- MANULAB ble stengt i 14 dager (01.04.21-14.04.21) grunnet økt smitte av Covid-19. Dyrebare tid gikk tapt for utvikling og fysisk testing. Denne tiden ble i stedet disponert til annet arbeid som ikke krevde tilstedeværelse i lab.
- Situasjonen med Covid-19 førte også til at det ikke ble gjennomført en fysisk designprosess med alle inkluderte interessenter i prosjektet. Dette er noe gruppen ønsket for å oppnå en mer inkluderende designprosess.

3.4.1 Fremgangsmåte for idéforedling

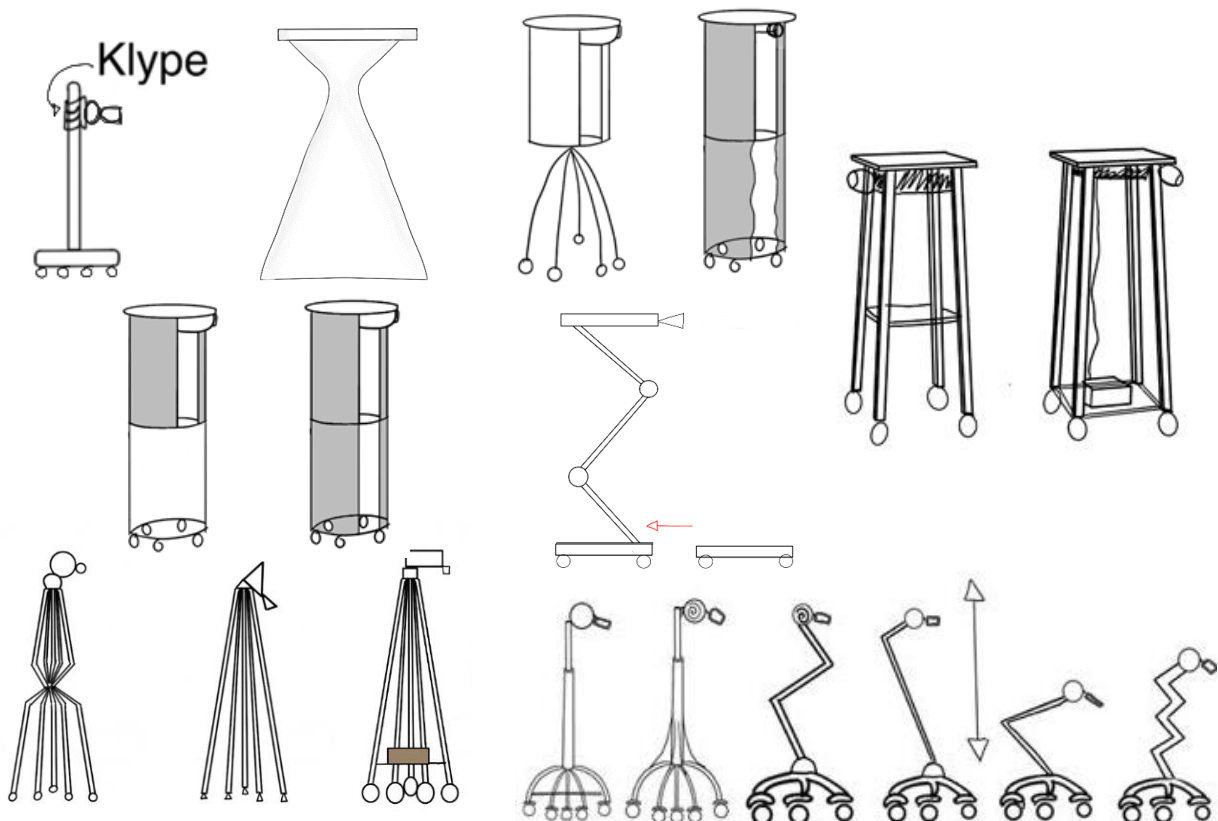
Ladeløsningen skal plasseres i et hjem, og derfor er det viktig å kunne integrere den som en del av interiøret. På denne måten unngår man at løsningen kan oppfattes som et fremmedelement, og dette er dermed med på å hindre stigmatisering (Vaes, K. 2014). Nedenfor er det utarbeidet et ***tankekart*** over inspirasjonselementer som er basert på andre eksisterende produkter fra et hjem.

Et hjem er et oppholdssted som har individuelle særpreg, stiler og variasjoner. De ulike stilene som gruppen bruker som inspirasjonskilde er «funky-stil», «bohem-stil», «minimalistisk stil», «natur-stil» og «retro-stil».



Figur 51 - tankekart for "Inspirasjon fra hjem". Kilde: eget materiell.

Etter **brainstorming** innad i gruppen oppsto det flere variasjoner av løsninger. Denne metoden ble gjennomført for å ikke låse tankesettet tidlig i fasen. Flere variasjoner illustreres i Vedlegg 9: *Skisser av idéer og løsninger*.



Figur 52 - Skisser av potensielle løsninger 2. Kilde: eget materiell.

Innenfor samlebetegnelsen *Iterativ design* brukes **Rapid prototyping**, eller hurtig modellframstilling. Dette er flere ulike metoder for å forenkle fremstilling av tredimensjonale modeller (Lerdahl, 2007). Slike modeller har som hensikt å få interessentene i prosjektet til å bruke sansene til å «ta og føle» på løsningene.

Et negativt aspekt ved *rapid prototyping* er at det kan oppstå et høyt materialforbruk, som igjen fører til mye svinn. Dette har i prosjektets tilfelle blitt en nødvendighet, siden det har vært lite tilgang på ekstern forskning, noe gruppen kunne ønske seg mer av. Likevel har det konsekvent blitt brukt restmaterialer fra andre prosjekter for å redusere bruk av nye materialer. Dette ansvaret støtter opp mot FNs sitt 12. bærekraftsmål, som omhandler ansvarlig bruk og produksjon. For nærmere beskrivelse av dette målet, henvises det til kapittel 2.5.2 *Bærekraft*. Gruppen satte opp en oversikt over kostnader knyttet til modellbygging i prosjektet. Denne ligger i Vedlegg 10: *Kostnader i prosjektet*.

Tabell 11 - modellering

Hva?	Hvorfor og hvordan?
Plastelina	Ved bruk av plastelina blir det enkelt å visualisere tanker, og raskt gjøre små endringer og forandre på uttrykk.
Styrofoam	Materialet kan brukes som startversjon for å visualisere tanker og løsninger.
Trevirke, metall, plast og magnet	Brukes til utvikling av fysiske og tredimensjonale modeller i blant annet 1:1-skala.
Plast til 3D-printing	Til 3d-printing blir det brukt bioplasten PLA (polymelkesyre). Hver 3d-print baserer seg på tredimensjonal CAD-modellering ved bruk av programmet <i>Solidworks</i> . 3D-printing er en additiv metode hvor modellen blir laget ved å legge en bestemt mengde smeltet filament lag for lag i et forhåndsbestemt mønster.
I henhold til HMS-reglementet, blir nødvendig verne- og smittevernsutstyr benyttet ved arbeid i MANULAB.	

3.4.2 Utvikling av delkomponenter

Metoden *idégenerering på delelementer* har blitt anvendt som inspirasjonskilde for videre arbeid i prosjektet. Det har blitt undersøkt om delelementene i løsningene er optimale med tanke på funksjonalitet. Det estetiske vil også bli tatt for seg senere i denne utviklingen. Delelementene som har blitt undersøkt, bearbeidet, spisset og dypere forsket på er; «forlengelse av ledning», «ladekontakt», og «stativ». Metoden *brainstorming* og *rapid prototyping* har kontinuerlig blitt benyttet.

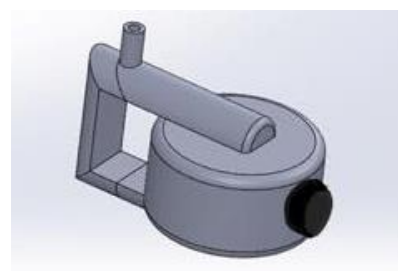
Forlengelse av ledning

Ledningen på ladeløsningen må være justerbar i lengden. Dette er fordi det er ønskelig at ladekontakten ikke skal bli dratt ut ved justering av rullestolens høyde og ved oppløft av armlene. Dette er også ønskelig for å slippe å være avhengig av å kjøre rullestolen helt inntil ladepunktet for at kontaktpunktene skal «smette» på plass. Om rullestolen heises opp i «stående» stilling, bør det minimum være 1,5 meter med tilgjengelig ledning (Hansen, A. Personlig kommunikasjon, 23.03.2021).

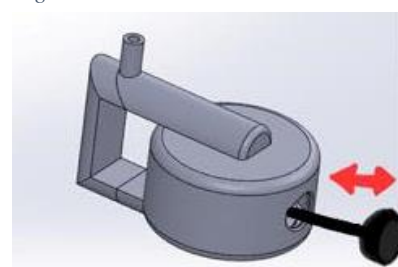
Gruppen har forkastet to av tre løsninger for forlengelse av ledning. Hovedargumentet for forkastelse er komplisert monteringsprosess. De forkastede løsningene er nærmere beskrevet i Vedlegg 11: *Forkastede funksjonløsninger*.

Løsningen som ble tatt med videre i prosessen har blitt utformet med inspirasjon fra uttrekksmekanismen som blant annet finnes på hageslangeopprullere (Slangetrommel, u.å.). I MANULAB ble størrelsesforhold og kraftbehov for det gruppen fra nå av i rapporten kaller «ledningsoppruller», undersøkt.

Det ble tatt en avgjørelse om å ikke 3D-printe en egen versjon av ledningsopprulleren. Dette på grunn av materialforbruk, tidsforbruk og usikkerhet om de faktiske modifikasjonene ville fungere optimalt. Dermed ble det kjøpt inn en ferdigprodusert kabeloppruller.



Figur 53 Ledningsoppruller. Kilde: eget materiell.



Figur 54 Uttrukket ledningsoppruller. Kilde: eget materiell.

For mennesker med nedsatt håndfunksjon, skal det være mulig å kjøre unna ladeløsningen uten noen form for fysisk interaksjon. Dette vil da si at kontakten ved frakobling skal «falle av» når brukeren kjører fra ladestativet. For at ledningen ikke skal dras ut av opprulleren og følge rullestolen, vil en fysisk låsemekanisme bli en del av løsningen.

Mekanismen må kunne aktiveres og deaktiveres slik at opprullerens funksjonalitet er tilpasset personlige preferanser og behov. Har man for eksempel ikke nedsatt håndfunksjon, men er avhengig av å ta opp armlenene for å komme ut av rullestolen, så kan man ha mekanismen ulåst. Låsemekanismen skal festes i nærheten av utdragningspunktet på opprulleren.

Testing av kraftbehov i ledningsoppruller

For å kartlegge hva slags kraftbehov som er optimalt for at ledningsopprulleren skal kunne brukes av flest mulig mennesker, ble det utført testing ved Norsk forskningslaboratorium for universell utforming.

Ved bruk av digital kraftmåler (BFG 1000N) fra *Mecmesin*, fikk gruppen kartlagt hvor mye kraft, oppgitt i Newtonmeter (NM), som skulle til for å åpne ei dør. Grunnen for at det ble valgt å bruke ei dør for sammenligning, var fordi dette er noe som kan minne sterkt om opprullerens uttrekksfunksjon. Testen viste at den mest optimale motstanden ligger på mellom 4,4 og 6,2 NM. Testen ble utført 25 ganger.

Denne testen kunne gi feilaktige resultater. Nærmere bestemt kunne utøverens bruk av eksplosiv muskelkraft når døren skulle trekkes ut, påvirke resultatet. Dette var grunnen til at testen ble utført flere ganger, i tillegg til at gruppen fikk veiledning fra fagpersonell.

Faktorer ved ladepluggen, som for eksempel tyngden, kunne påvirke hvor mye styrke som trengtes for å kunne trekke ladekontakten inn igjen i opprulleren. Dette fikk ikke gruppen testet grunnet mangel på ressurser.



Figur 55 Kraftmåler. Kilde: eget bilde.

Utvikling av ladekontakt

Det ble i idégenereringsfasen bestemt at magnet var en løsning gruppen så potensiale i for til- og frakobling av de to ladekontaktene. Inspirasjonskildene for denne bestemmelsen var i hovedsak laderen til den utgåtte versjonen av *Macbook Air* og *Polar* sine pulsklokker. Her henvises det til kapittel 3.1.2 *Markedsanalyse* for nærmere beskrivelse.

Gruppen var inne på tanken om å vurdere elektromagneter som tilkoblingsmetode, men dette ble forkastet på bakgrunn av blant annet ineffektivitet. Dette står beskrevet nærmere i Vedlegg 11: *Forkastede funksjonsløsninger*.

Når det kommer til type magnet, kartla gruppen at det var typen *neodym* som var den sterkeste (*A comparison of magnetic materials- at a glance*, u.å).

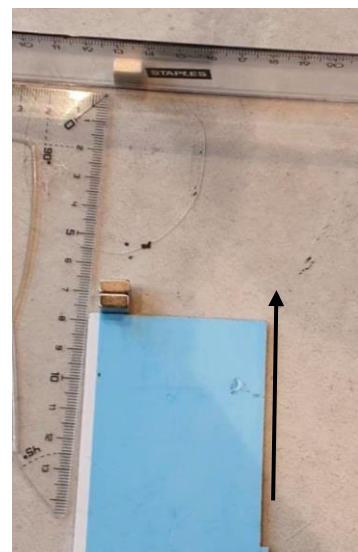
Testing av magnet:

- Test 1: Hvordan kontaktpunktene med så lang avstand som mulig skal trekke seg mot hverandre, og hvordan kontaktpunktene skal holde seg sammen under lading.
- Test 2: Hvordan kontaktpunktene skal være forholdsvis enkle å trekke fra hverandre.

Test 1: Hvordan kontaktpunktene med så lang avstand som mulig skal trekke seg mot hverandre, og hvordan kontaktpunktene skal holde seg sammen under lading.

For å kartlegge avstanden de ulike magnetene trenger for å kunne trekke seg sammen, ble det utført en testserie. I tabellene under er det vist frem hvor lang avstand to og to magneter på hver sin side av et hinder trenger for å kunne trekkes mot hverandre. Det ble prøvd ut hinder på 1,3 mm, 2 mm og 2,5 mm. Hindrene på 2 mm og 2,5 mm ga minimal differanse. Derfor skrives de som samme resultat.

En av fallgruvene ved denne testen var at det kunne være vanskelig for den som utførte den å gjenta prosedyren helt likt hver gang. Den ga allikevel en god indikasjon på hvilke faktorer som ville gi det beste resultatet.



Figur 56- Avstandstesting av magnet. Kilde: eget bilde.

Tabell 12 - Magnet-test 2-2,5 mm

Type magnet	Rund 8mm (0,7 kg)	Rund 10 mm (1 kg)	Rund 16 mm (7 kg)	Firkant 10*10 mm (2,3 kg)
Avstand test 1 med 2-2,5 mm	4 cm	4,5 cm	2,5 cm	5,5 cm
Avstand test 2 med 2-2,5 mm	3,5 cm	4,5 cm	3 cm	7 cm
Avstand test 3 med 2-2,5 mm	4 cm	4,5 cm	2 cm	6,5 cm
Avstand test 4 med 2-2,5 mm	4,5 cm	5 cm	3 cm	5,5 cm
Avstand test 5 med 2-2,5 mm	4 cm	4,5 cm	2,5 cm	6,5 cm
Gjennomsnitt	<u>4 cm</u>	<u>4,6 cm</u>	<u>2,6 cm</u>	<u>6,2 cm</u>

Tabell 13 - Magnet-test 1,3 mm

Type magnet	Rund 8 mm (0,7 kg)	Rund 10 mm (1 kg)	Rund 16 mm (7 kg)	Firkant 10*10 mm (2,3 kg)
Avstand test 1 med 1,3 mm	3,5 cm	5 cm	3,5 cm	7 cm
Avstand test 2 med 1,3 mm	4 cm	4,5 cm	4 cm	7,5 cm
Avstand test 3 med 1,3 mm	3,5 cm	5,5 cm	3,5 cm	8,5 cm
Avstand test 4 med 1,3 mm	3,5 cm	5 cm	4,5 cm	8 cm
Avstand test 5 med 1,3 mm	4 cm	5,5 cm	3,5 cm	7,5 cm
Gjennomsnitt	<u>3,7 cm</u>	<u>5,1 cm</u>	<u>3,8 cm</u>	<u>7,7cm</u>

Testresultatene viser styrken de ulike magnetene har på avstand. Selv om man skulle tro magneten med 7 kilo hefteevne var den som hadde tiltrekning fra lengst avstand, viser det seg at det er motsatt. Denne magneten er meget sterk når den er sammenkoblet, men blir svak så

fort det blir litt avstand. Dette er et viktig element å ta med seg videre, siden den ene oppgaven til magnetene er å trekke de to ladepunktene mot hverandre på avstand. Utfallet av testen, viser at det er den firkantede magneten på 2,3 kg hefteevne som gjorde det best.

For å teste ut hvorvidt tiltrekningskraften økte ved å legge til flere magneter i høyden, ble testen utført både ved å legge til en, to og tre ekstra magneter. Dette utgjorde ingen merkbar forskjell i akkurat denne testen. Dette er fordi magneter kun øker styrken fram til høyden er like stor som bredden/diameteren av magnetene (performance, u.å.).

Test 2: Testing av kraft for adskillelse av magneter

Forsøket ble gjennomført med parvis like magneter. Den ene magneten er festet med teip på kroken av den samme kraftmåleren som ble brukt til å teste kraftbehovet for ledningsoppuller. Den andre magneten ble holdt fast under materialer av ulike tykkelse. Magnetene på kraftmåleren ble ført ned til platen og så trukket horisontalt vekk. Målingene viser den gjennomsnittlige kraften som virker mellom magnetene. Testen ble utført 6 ganger per magnettype.

Tabell 14 - Magnet-test med trekkraft

Type magnet	Rund 8mm (0,7 kg)	Rund 10 mm (1 kg)	Rund 16 mm (7 kg)	Firkant 10*10 mm (2,3 kg)
Tykkelse på hinder = 4.47mm	0.6 NM	0.8 NM	1.4 NM	5.4 NM
Tykkelse på hinder = 2.13mm	2.2 NM	2.8 NM	3.8 NM	11.8 NM
Tykkelse på hinder = 2.20mm	1.4 NM	2.2 NM	3.4 NM	11.2 NM

Testen viser også her at det er den firkantede magneten på 2,3 kg som har den sterkeste tiltrekningskraften, uavhengig av hvilken avstand de to magnetene har fra hverandre.

Potensielle feilkilder ved denne testen kan være:

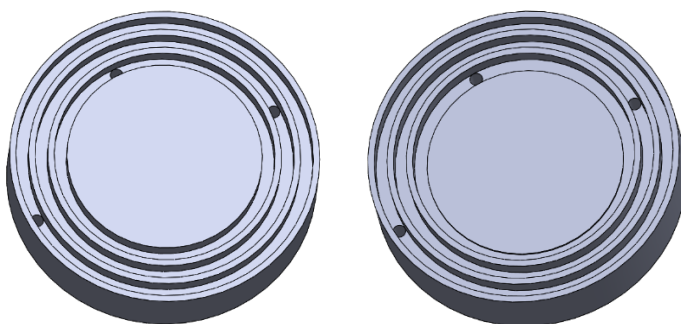
- Toleranser på måleapparat
- Vinkel på magnet i forhold til måler
- Sentrering av magneter
- Variasjoner i materialtykkelse

Versjoner av koblingspunktet

Tilkoblingspunktet på dagens lader må orienteres inn i ladeinntaket på en retningsbestemt måte. Dette er noe gruppen vil forbedre ved den nye ladeløsningen, og dette er et ønskelig krav i kravspesifikasjonen. Flere grunnformer ble vurdert som utgangspunkt for tilkoblingspunkter, men det var rund grunnform som ble valgt. Dette var fordi det ga muligheter til fri orientering uten behov for retningsbestemmelse.

Versjon 1

Kontaktpunktene er utformet som ringer med ulike diametere. I 90-graders sporene mellom ringene, skulle det loddet på ledninger som blir trukket gjennom hullene, vist på figurene til høyre. Disse ledningene skulle være loddet fast i kobberringer, som da ville fungere som kontaktflater for strømovertføring.



Figur 57 - Versjon 1, ladekontakt.
Kilde: eget materiell.

Versjon 2

På versjon 2 har kontaktsporene blitt utformet som halvsirkler. Ved testing både i CAD-programmet *Solidworks* og i MANULAB, fant gruppen ut at dette skapte bedre kontakt. Ringene ble også laget større, slik at det ikke oppstår unødvendig friksjon mellom koblingene. Den ytterste ringen på rullestolens kontaktpunkt forsegler kontaktpunktene fra omgivelsene ved at den overlapper den ytterste ringen på stativets kontaktpunkt.



Figur 58 - versjon 2, ladekontakt.
Kilde: eget materiell.

Prinsippet for hvordan strømføringen til ladepunktene foregår, er det samme som ved versjon 1.



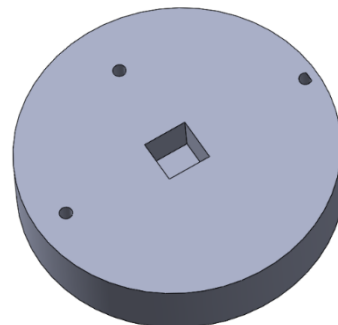
Figur 59 - Tverrsnitt av versjon 2. Kilde: eget materiell.

Versjoner av magnetplassering

Etter testing av styrkeforhold på ulike magneter, i tillegg til hvordan utformingen av koblingspunktene skal være, har det blitt forsket på flere ulike versjoner av hvordan magneten kan plasseres.

Versjon 1

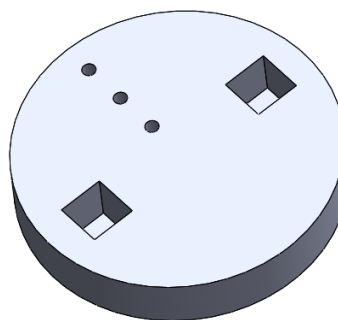
Første versjon av magnetplassering baserer seg på at magnetene er plassert i senter av kontakten. Her brukes kraften til å dra koblingspunktene rett fra hverandre.



Figur 60 - Magnetplassering V1.
Kilde: eget materiell.

Versjon 2

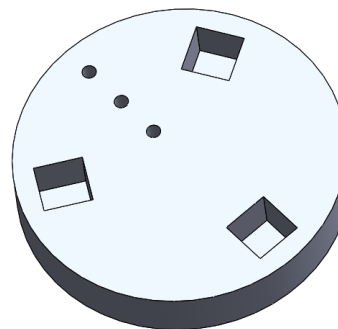
Andre versjon av magnetplasseringen baserer seg på at magnetene er fordelt i to punkter tvers ovenfor hverandre. Dette gjør at kontakten vil søke mot å vri seg maksimalt 90 grader ved tilkobling. Idéen er at brukeren kan vri kontakten mellom 20 og 45 grader for å fjerne tiltrekningskraften. Dermed vil kontaktene støte fra hverandre, i stedet for å måtte bruke større kraft ved å dra rett ut slik som på versjon 1.



Figur 61 - Magnetplassering V2.
Kilde: eget materiell.

Versjon 3

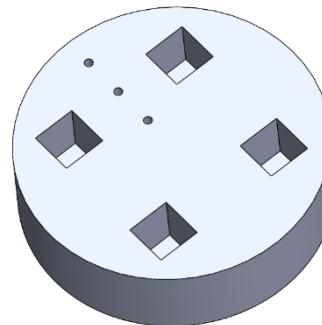
Tredje versjon av magnetplasseringen baserer seg på at magnetene er fordelt i tre punkter.



Figur 62 - magnetplassering V3.
Kilde: eget materiell.

Versjon 4

Fjerde versjon av magnetplasseringen baserer seg på at magnetene er fordelt i fire punkter tvers ovenfor hverandre.



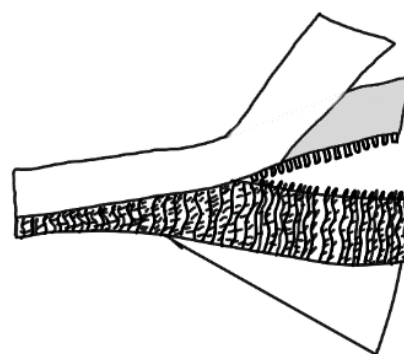
Figur 63 - magnetplassering V4.
Kilde: eget materiell.

Plassering av ladekontakt på rullestol

Plasseringen av ladekontakten på rullestolen, var fastsatt fra tidligere i rapporten at skulle være i området rundt armlenet. Under samtale med oppdragsgiver og brukere, kom det derimot fram at dette er noe kunden individuelt må kunne velge basert på egne behov. Ladekontakten er formet slik at det er mulig å plassere den under armlenet slik at den ikke er utsatt for ytre faktorer som søl og regn. Det har det blitt satt opp noen varianter av innfestningsmåter som gjør løsningen fleksibel og flyttbar. I Vedlegg 11: *Forkastede funksjonsløsninger* ligger forkastede varianter.

Variant 1 - Sterk borrelås

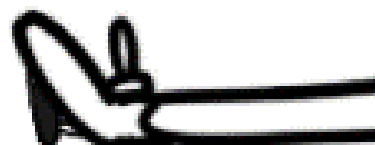
Denne varianten gir en meget sterk hefteevne, samtidig som det muliggjør enkel flytting av lademottakeren rundt på rullestolen hvis behovet for plassering forandrer seg. Det finnes ulike typer borrelås, og noen av de har en festeevne på opptil 5 kg. Slike typer borrelås er meget slitesterke. Ytre elementer som regn og støv tåler borrelåsen også godt (Jernia, u.å).



Figur 64 - Borrelås. Kilde: eget materiell.

Variant 2 - Innfestning i eksisterende ladeinntak

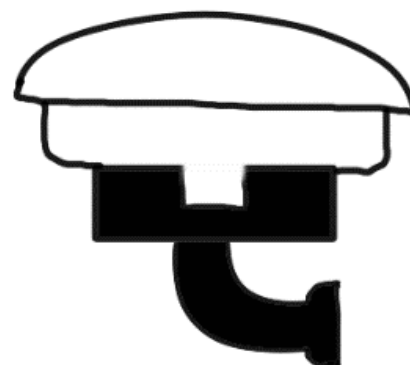
Et ønske fra oppdragsgiver, var at man får muligheten til å feste den nye lademottakeren direkte på en XLR-plugg, og dermed inn i det allerede eksisterende ladeinntaket på rullestolen.



Figur 65 - Innfestning med XLR, sett fra siden. Kilde: eget materiell.

Variant 3 - Innfestning ved hjelp av brakett

Denne varianten baserer seg at det skal tillages braketter eller andre tilsvarende mellomstykker. Disse må være tilpasset hver enkelt rullestol (Hansen, A. Personlig kommunikasjon, 03.05.2021).



Figur 66 - Brakett sett forfra. Kilde: eget materiell.

Ergonomi på gripedel og utforming av kontaktpunkt

Inspirasjonskilder i denne prosessen var ulike redskaper som for eksempel kjøkkenredskaper, snekkerutstyr og skriveutstyr. Undersøkelsene har basert seg på ulike vinkler/ kurver, størrelser, retninger, og uttrykk som tyngdefordeling, letthet og stabilitet. Det henvises her til kapittelet 2.4 *Hånd- og grepsfunksjon*.

I samtalen med oppdragsgiver og ergoterapeut, som tidligere nevnt, ble det framlagt at «gripemønster» for fingre ikke er anbefalt. Plassering av fingergrep er veldig individuelt, siden mennesker har ulike preferanser og behov. Derfor gikk gruppen bort fra gripemønster, siden det kunne virke mot sin hensikt og være en kilde til forvirring (Ergoterapeut (ikke navngitt), personlig kommunikasjon, 23.03.2021).

Versjonene som er illustrert under har blitt presentert for to andre ergoterapeuter og to mennesker med nedsatt håndfunksjon (ledd- og muskelsmerter i hender). Disse er ikke rullestolbrukere, og kommer heller ikke til å bli navngitt grunnet personvern.



Figur 67- Versjon 1, gripedel. Kilde: eget bilde.



Figur 68- Versjon 2, gripedel. Kilde: eget bilde.



Figur 69- Versjon 3, gripedel. Kilde: eget bilde.



Figur 71 - Versjon 4, gripedel. Kilde: eget bilde.



Figur 70- Versjon 5, gripedel. Kilde: eget bilde.



Tidlige skisser av ulike grepsvarianter ligger i Vedlegg 9: *Skisser av idéer og løsninger*.

Ifølge en PDF utgitt av ergoterapeuter ved *Revmatologisk avdeling* på Haukeland universitetssjukehus, så er store grep det mest optimale for å avlaste ledd når noe skal gripes rundt (Mehl Eide, Hoegh Matre, 2014). Dette var noe ergoterapeutene gruppen var i kontakt med, i tillegg til menneskene med nedsatt håndfunksjon, kunne bekrefte. Det kom også fram at friksjon på gripe-delen var veldig sentralt for å kunne oppnå et godt grep (Ergoterapeuter (ikke navngitt), personlig kommunikasjon, 15.04.2021).

Når brukerne skal gripe rundt ladekontakten, er riktig utførelse viktig for å minske belastningen på håndleddet (Ergoterapeuter (ikke navngitt), personlig kommunikasjon,

15.04.2021). I tabellen under vises først det optimale bevegelsesmønsteret, før det vises et par eksempler på ugunstige grep.

Tabell 15 - Vinkling av håndledd

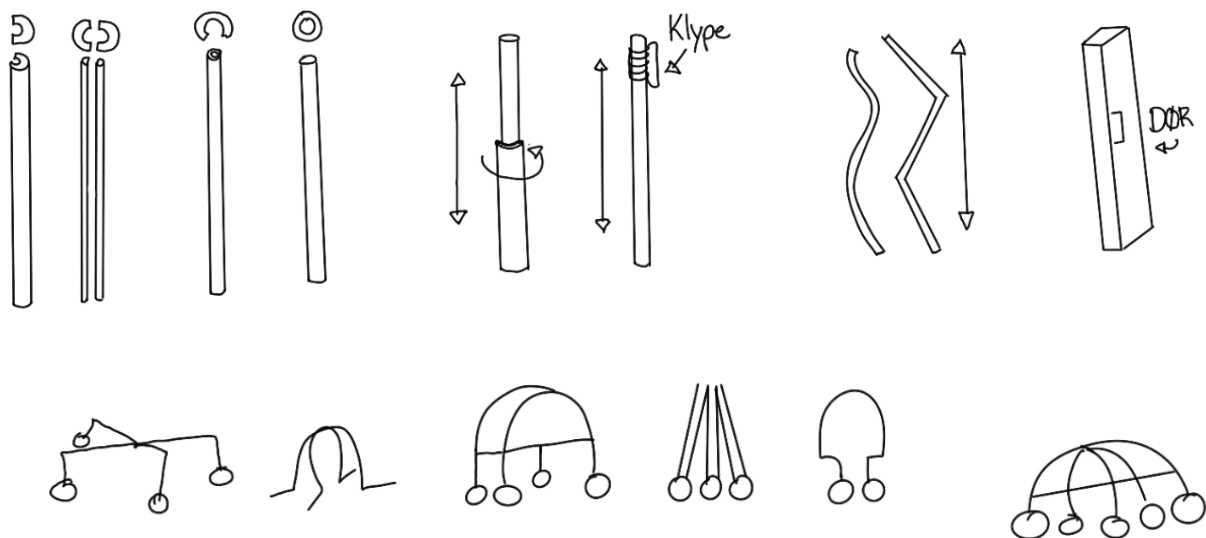
<p>Riktig hånd-bevegelse</p>	 <p>Figur 72 - Beskrivelse av gunstig håndgrep. Kilde: eget bilde.</p>
<p>Ugunstig hånd-bevegelse</p>	 <p>Figur 73 - Beskrivelse av ugunstig håndgrep. Kilde: eget bilde.</p> <p>Navn på håndbevegelsene er håndleddsflexjon (venstre bildet) og håndleddsekstensjon (høyre bildet) (UIO, u.å.).</p>

Ved bruk av plastelina kunne ergoterapeutene og gruppemedlemmene i samarbeid modellere nye løsninger for å lettere kunne sette teorien rundt håndgrep ut i praksis. Mye av videre utarbeidelse baserte seg på versjon 5 (figur 72), grunnet stor omkrets, og dermed et bredt gripetak. Lengden på gripedelen ble utarbeidet og det ble sett på muligheter for å implementere en halvsirkel i form av en utvendig ring, for å sørge for bedre gripetak.



Figur 74 - Gripedel i plastelina. Kilde: eget bilde.

Utvikling av stativ



Figur 75 - Skisser av stativ. Kilde: eget materiell.

Stativets hovedfunksjon er å holde ladekontakten og ledningsoppruller oppe over gulvet, noe som sørger for bedre brukervennlighet og større tilgjengelighet. Et annet viktig fokus ved stativet, er at det skal være mobilt.

Fire av seks versjoner av stativ har blitt forkastet. Det største argumentet for forkastelse var at løsningene krevde stor grad av presisjonsgrep for justering og interagering. De forkastede versjonene er nærmere forklart i Vedlegg 11: *Forkastede funksjonløsninger*.

I forbindelse med at ladeløsningen skulle være mobil, dro gruppen på besøk hos *Kontorleverandøren Gjøvik AS* for inspirasjonsinnhenting. Dette ble gjort i forbindelse med utforming av foten på stativet. Gruppen fikk relevant fakta vedrørende et par eksemplarer av kontorstoler. På disse stolene var hjulene montert på en egen, separat «hjulvogn». Ved å koble dette opp mot et stativ for ladeløsning, kan brukeren selv velge om man vil ha hjul eller ikke, kun ved å enkelt løfte stativet ut og inn av «hjulvogna». *Kontorleverandøren Gjøvik AS* er en profesjonell aktør på kontormøbel-markedet og har god innsikt innen dette fagfeltet (Kontorleverandøren, u.å.).

De to versjonene av stativ som har blitt undersøkt nærmere er:




- Ledd-basert stativ
- Flerfunksjonelt stativ

Ledd-basert stativ

Inspirasjonskilden til dette stativet basere seg på leddede stå- og veggglamper. Fordelen med akkurat dette stativet er at man enkelt kan slå det sammen, slik at det tar liten plass og er partisk å ta med seg.

Noen usikkerhetsmomenter rundt dette stativet er blant annet at det består av mange mindre delkomponenter. Det kan også oppfattes som ustødig ved at tyngden ikke er sentrert over midtaksen. Ved bygging og testing av stativet i MANULAB, vår målet å lage en funksjonsriktig modell. Gruppen undersøkte flere variasjoner av dette stativet.

Tabell 16 - Ledd-basert stativ.

Beskrivelse av versjon	Versjon 1: Basert på 2-ledd (30 cm)	Versjon 2: Basert på 3 ledd (30 cm)	Versjon 3: Basert på 2 ledd med ulik lengde (60-og 30 cm)
Bilde	 <p><i>Figur 76 - Stativ med 1 ledd. Kilde: eget bilde.</i></p>	 <p><i>Figur 77 - Stativ med 3 ledd. Kilde: eget bilde.</i></p>	 <p><i>Figur 78 - Stativ med 2 ledd, forskjellig lengde. Kilde: eget bilde.</i></p>
Evaluering	Funksjonen er gunstig. Denne versjonen vil bli tatt med videre i prosessen etter sammenligning med de andre versjonene.	Funksjonen er gunstig, men det er negativt med tre ledd, siden dette gir større materialforbruk enn ved to ledd, som også gir samme funksjon. Den blir også mer kompleks, med flere bevegelige deler.	Funksjonen med å være sammenleggbar utgår. Den er mer ustabil enn de andre, siden tyngdepunktet er høyere.

En parallellogrambasert løsning vil være mer brukervennlig og stødigere enn hvis løsningen bygges som en enkeltstående stang som på bildene over. Ved en slik enkeltstående løsning, er det et behov for å kunne låse fast leddene fysisk for at den skal holde seg oppreist. Dette er det ikke behov for i en parallellogrambasert løsning. Her vil det i stedet være to doble stenger som går parallelt om hverandre med dreiepunkter i hvert ledd (Baune, R, 2014).

Det skal også monteres to parallelle fjærer mellom hvert ledd. Beveges stengene, vil kreftene i fjærene holde stativet oppe og ledningsopprulleren og gripedelen vil hele tiden holde seg vannrett (stabil) (Baune, R, 2014).

Flerfunksjonelt stativ

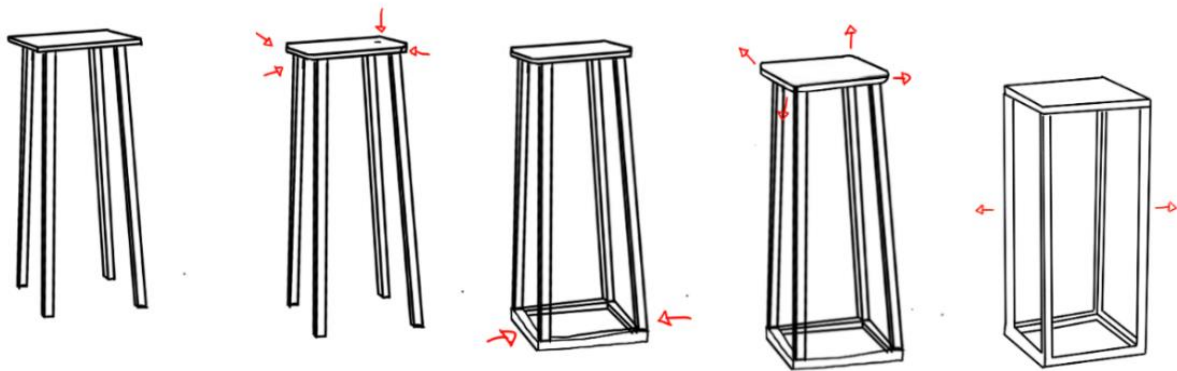
Ved et flerfunksjonelt stativ er tanken at ladeløsningen også skal kunne brukes som oppbevaring og/eller bord. Inspirasjonskilden er møblelement som pedestaller, lysestaker, bord og kommoder. Usikkerheten rundt dette stativet, er at det mest sannsynlig ikke vil kunne være sammenleggbart, og at noen variasjoner kan oppfattes som store i størrelse.

Under bygging i MANULAB var målet å lage en funksjonsriktig modell. Det ble der undersøkt hvordan vinkelrette og vertikale bein kontra det å ha en større vinklingsgrad på beinene påvirket helheten av stativet. Ved å montere beinene tettere i toppen, med vinkling ut mot bunnen, ga dette et mer stabilt uttrykk. Dette uttrykket blir dermed basisen for utviklingen av flere variasjoner av det flerfunksjonelle stativet.

Kjente monumenter med lignende utforming, er for eksempel pyramidene i Egypt og Eiffeltårnet i Paris.



*Figur 79 - Startfase av funksjonsriktig modell.
Kilde: eget bilde.*



Figur 80-Bruk av Tjalves metode (kvantitativ struktur) for stativ. Kilde: eget materiell.

Ved bruk av **Tjalves metode**; *kvantitativ struktur*, undersøkes det hvordan små endringer forandrer uttrykket ved stativet. Proporsjonering av volum, antall, former og størrelse påvirker uttrykket til stativet, noe gruppen ønsker skal være stabilt og harmonisk (Lerdahl, 2007).

Hjul

Siden hjul som brukes til kontormøblelement stort sett er standardisert på markedet, valgte gruppen å ikke undersøke ulike varianter av disse noe nærmere. Ved en eventuell produksjon, må hjulene bestilles fra en grossist.

Etter samtale med *Kontorleverandøren Gjøvik AS*, fikk gruppen informasjon om at på kvadratiske former, var fire hjul gunstig. Dette var fordi det er mest praktisk å montere et hjul i hvert hjørne. Man kunne eventuelt montere et midt under, men dette ga ingen økt stabilitet, kun økt styrke. Ved rund form av stativet vil 5 hjul være gunstig (Kontorleverandøren, personlig kommunikasjon, 15.04.2021).

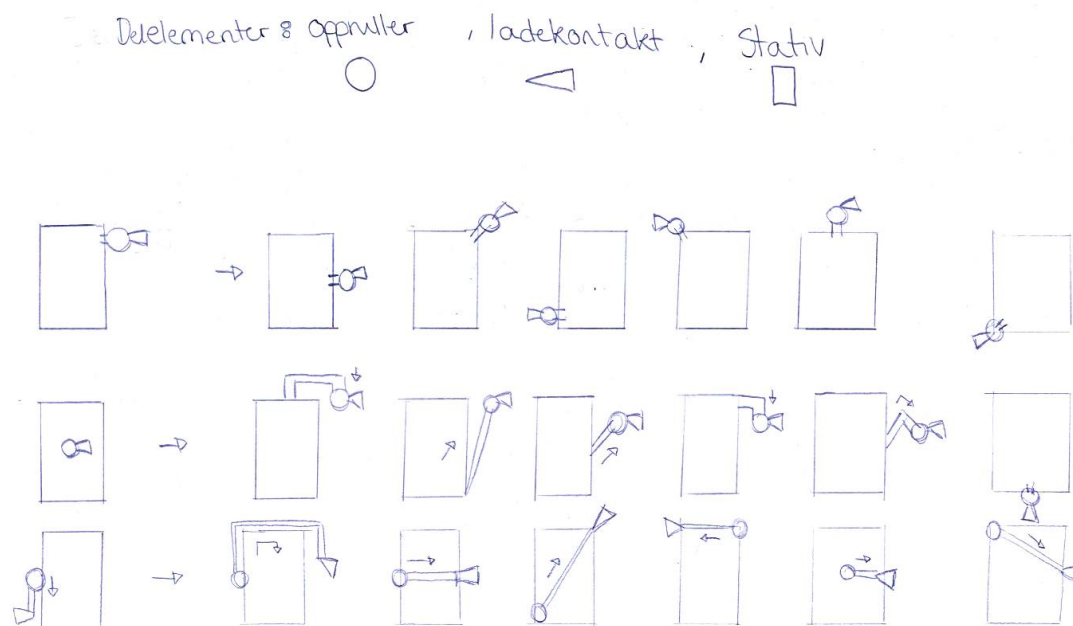
Utvikle oppbyggingen og utsende av ladeløsningen

Tidligere har det ikke blitt lagt stor vekt på å undersøke utseende til de enkeltstående del-elementene, siden alle disse i stor grad vil påvirke hverandres uttrykk i ladeløsningen.

Ordet «flyt» har gjennomgående blitt brukt internt i gruppen i utviklingsprosessen. Grunnen til dette er fordi selve til- og frakoblingen av laderen skal oppfattes som sømløs. Funksjonene skal utfylle hverandre slik at ladeprosessen uttrykkes helhetlig.

Med tanke på at ladeløsningen skal bestå av mange delementer, ble en tilnærming av **Tjalves metode**; *prinsipiell struktur* anvendt. Her er grunntanken at man skal kombinere de ulike funksjonene ved delementene sammen på ulike måter. Det blir benyttet symboler for å uttrykke sammenkoblingene (Lerdahl, 2007).

Flere av variasjonene som denne metoden resulterte i, kunne virke håpløse og urealistiske. Realiteten derimot, er at det ofte er disse «tenke ut av boksen-variasjonene» som gjør at tankesettet åpnes for nye og kreative løsninger for videre arbeid (Lerdahl, 2007).



Figur 81 - Bruk av Tjalves metode (prinsipiell struktur) for stativ. Kilde: eget materiell.

Brainstorming ble anvendt med hovedfokus på å hente ut elementer fra allerede eksisterende produkter i et hjem. Flere av skissene av variasjonene illustreres i Vedlegg 9: *Skisser av idéer og løsninger*.

Når det kommer til hvordan mennesker oppfatter estetikk, er dette veldig individuelt fra person til person. Derfor har gruppen presentert 23 ulike versjoner av ladeløsninger i form av en muntlig og visuell **spørreundersøkelse**. På denne måten fikk gruppen håndfaste svar på hvilke versjoner som majoriteten foretrakk.

Denne undersøkelsen baserte seg kun på det estetiske og hva en selv kunne tenke seg å ha i eget hjem. Størrelsesforholdet mellom løsning og annen innredning i et rom ble visualisert for deltakerne av undersøkelsen. 57 tilfeldige personer fra ulike aldersgrupper ga svar på 1-3 variasjoner som de likte best.



Figur 82 Versjoner av løsninger. Kilde: eget materiell.

Tabell 17 - Resultater av spørreundersøkelse.

Variasjon nr	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
Antall stemmer	4	3	2	2	3	8	13	7	0	3	3	4	3
Variasjon nr	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23			
Antall stemmer	6	9	2	15	2	0	4	8	2	26			

En faktor som ble observert under samtaler i forbindelse med spørreundersøkelsen, var at mange kommenterte at de ulike modellene så ut som lamper, stoler eller kommoder. Dette er svært positivt for løsningen sin del, siden målet er at den naturlig skal blende inn i et hjem og se ut som et møbel.

Basert på undersøkelsens resultater, så var det variant 7, 17 og 23 som fikk over 10 stemmer hver. Derfor velges disse til å tas med videre som en basis i prosjektet, og skal dermed videreutvikles i enda større grad, før de presenteres som konsepter.

Coronavennlig brukertesting

Ved å benytte seg av **brukertesting** fikk gruppen testet ut om versjonene holdt mål for sluttbrukerne (Lerhdal, 2017).

Metoden er et hjelpemiddel for å avdekke mangler på versjonene, samtidig som man får muligheten til å enklere sette seg inn i brukers situasjon.

På grunn av situasjonen med Covid-19, kunne ikke gruppen gjennomføre en ønsket, fysisk brukertesting. Derfor ble det arrangert en digital brukertesting.



Figur 83 Funksjonsriktige modeller. Kilde: eget bilde.

Testen baserte seg i hovedsak på bruk av det funksjonsriktige og flerfunksjonelle stativet. Med funksjonsriktig menes det at alle delkomponentene er satt sammen til en tilnærmet fullverdig versjon. Ved modifisering av kabelopprulleren, ble funksjonen noe redusert. Prinsippet for hvordan den skulle fungere, var derimot på plass. Det ledd-baserte stativet var også med i brukertesten, men her ble kun heisemekanismen vist fram. Funksjonene ellers er den samme som på det flerfunksjonelle stativet.



Figur 84 - Digital brukertesting. Kilde: eget bilde

Antall magnetinnfestinger på ladekontakten hadde ikke blitt bestemt i forkant av denne testen. Inger (representant fra brukergruppen) «testet» ut de ulike variasjonene som påvirket vri-effekten. Testen ble gjennomført ved at et av gruppemedlemmene kjørte rullestolen mens Inger fortalte hva gruppemedlemmet skulle gjøre via et digitalt møte. Her kom det mange gode tilbakemeldinger, som blant annet:

- Tips til hvordan stativet i enda større grad kunne være flerfunksjonelt.

- Magneten må være sterkere for å sikre høy nok tiltrekningskraft og styrke til å holde seg på plass.
- Hjulene burde ha en form for stopper/låsemekanisme.
- Gripedel av ladekontakt må stå lagt nok utenfor stativet, slik at treffsikkerheten blir større.

Testing av stabilitet

For å teste ut stabiliteten på stativene, utførte gruppen et scenario der rullestolen ble kjørt inn i stativene med en hastighet på mellom 1 og 6 km/t. I innendørsmodus på testrullestolen er maksimal hastighet 6 km/t. Rullestolen kan kjøres raskere i utendørsmodus, men dette ses på som et urealistisk scenario innendørs i et hjem. I tabell 12 vises de gjennomsnittlige resultatene av testen. Hver test ble gjennomført 6 ganger per hastighet og per versjon av stativet. Det spesifiseres at dette kun gir en pekepinn på stabiliteten. Tyngde, materiale og motstand i hjulene er noen av faktorene som kan påvirke det endelige resultatet.

Tabell 18 - Stabilitetstesting

Stativ	Firkantet m/hjul	Firkantet u/hjul	Ledd basert u/hjul	Ledd basert m/hjul
Hastighet				
1 km/t	Ikke fall	Ikke fall	Ikke fall	Ikke fall
2 km/t	Ikke fall	Ikke fall	Ikke fall	Ikke fall
3 km/t	Ikke fall	Ikke fall	Ikke fall	Ikke fall
4 km/t	Ikke fall	Nesten fall	Ikke fall	Ikke fall
5 km/t	Ikke fall	Fall	Ikke fall	Ikke fall
6 km/t	Fall	Fall	Ikke fall	Ikke fall

Gruppen har vurdert en fysisk lås som låser stativet til «hjulvogna», men på bakgrunn av testing så sees ikke dette på som en nødvendighet. Grunnen er fordi det er ikke heldig å kjøre 5-6 km/t inne i et hjem. Ved denne hastigheten ville mest sannsynlig andre generelle gjenstander også bli skadet ved en kollisjon.

Total evaluering av ladekontakt

Alle evalueringene baserer seg på sammenligning med kravspesifikasjon, tilbakemeldinger fra brukergruppen (henviser til forrige avsnitt), ergoterapeuter og flere samtaler med oppdragsgiver.

Magnet-testing

Ut ifra testene som ble utført på magnetene, var det den firkantede magneten på 2,3 kg hefteevne som hadde best utfall. Dette betyr derimot ikke at disse hadde blitt valgt ved en eventuell produksjon, siden det finnes andre magneter som er bedre tilpasset dette prosjektet og bruksområdet. Et større spekter av magneter var ikke mulig å anskaffe innenfor oppgavens rammer.

Ladekontakt

Her var det *versjon 2* som overgikk *versjon 1*. Grunnen til dette er større grad av brukervennlighet, i hovedsak med tanke på at ladepunktene «smettet» enklere inn i hverandre. Det henvises til Vedlegg 19: *Video av magnettilkobling ved inn- og frakobling*.



Figur 85 - Evaluering av ladekontakt. Kilde: eget materiell.

Lademottaker på rullestolen

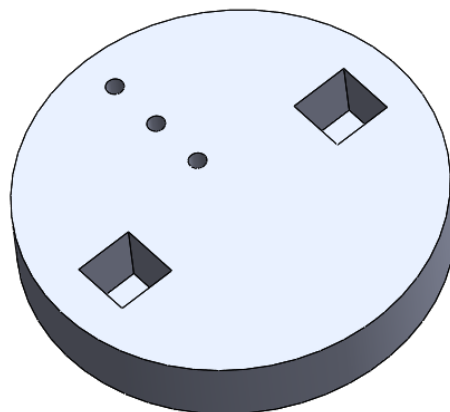
Lademottakeren på rullestolen er tilpasset ladekontakten på stativet i funksjon og form. Når formene er repeterende og har en sammenheng vil det logisk oppfattes at delene hører og skal kobles sammen. En annen faktor som kan påvirke den logiske oppfatningen er at innmaten ved ene delen er konveks mens den andre er konkav, noe som gjør at de går inn i hverandre. Elementer fra Gestalt-teorien ble benyttet som et hjelpemiddel under utviklingen, blant annet for at menneskets sanseinntrykk skal oppfatte ladeløsningen som sammenhengende (perseptuell organisering) (Riskedal Staurland, Dahl, Sporaland, Nevby, 2020).



Figur 86 - Evaluering av lademottaker. Kilde: eget materiell.

Magnetplassering

Det var *variant 2*, altså kontakten med to tverrstilte magneter som utpekte seg som den mest optimale. Grunnen var at *variant 1* (en magnet) ikke ga like stor brukervennlighet som de andre, siden man er avhengig av å dra den horisontalt ut ved frakobling. *Variant 3* og *4* (tre og fire magneter) hadde for mange magneter som var plassert for tett. Dette resulterte i at man ikke kunne vri magneten særlig mer enn 1-2 cm før den hoppet over på neste magnetiske tiltrekningsfelt og låste seg igjen.



Figur 87 - Valgt magnetplassering. Kilde: eget materiell.

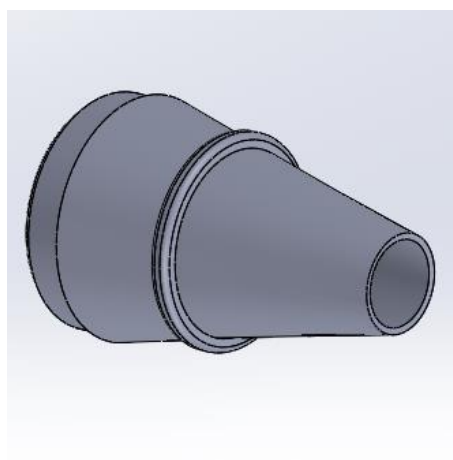
Ergonomi på gripedel og utforming

Versjonen som er illustrert til høyre er ladepluggen som oppfylte kriteriene best, og i tillegg fikk flest positive tilbakemeldinger. Begrunnelsene for dette er:

- Passer flere håndstørrelser.
- Passer et bredt spekter av grep.
- Den utvendige ringen plassert på midten gjør at man kan få bedre tak med fingrene.
- Man kan bruke ringen til å skyve på kontakten om man ikke har mulighet for bruk av håndgrep.
- Ingen harde kanter.
- Man fordeler trykket på fingerflatene.



Figur 88 - Grep rundt valgt ladekontakt. Kilde: eget bilde.

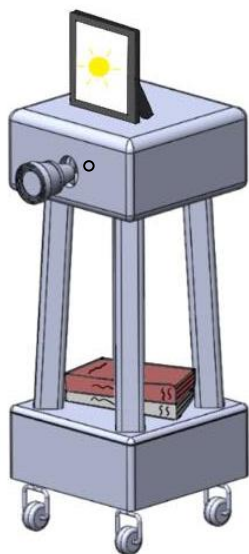


Figur 89 - Gripedel. Kilde: eget materiell.

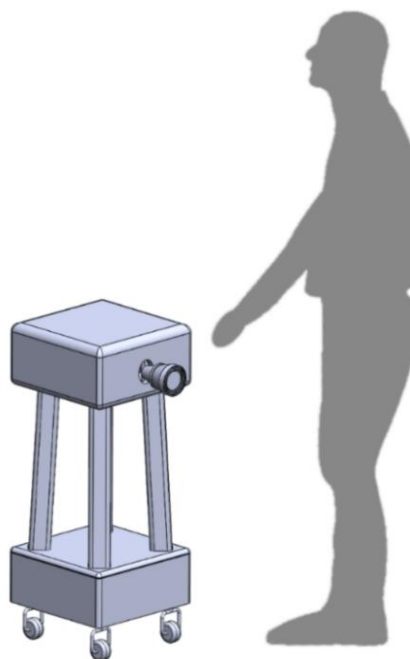
3.4.3 Presentasjon av konsepter

Konsept 1: Funky-stil

En multifunksjonell ladeløsning med et tidløst design som gir et symmetrisk uttrykk med flere repetisjoner av samme grunnform. Tykkelsen og vinklingen på beina er med på å gi uttrykk av at ladeløsningen er stabil.

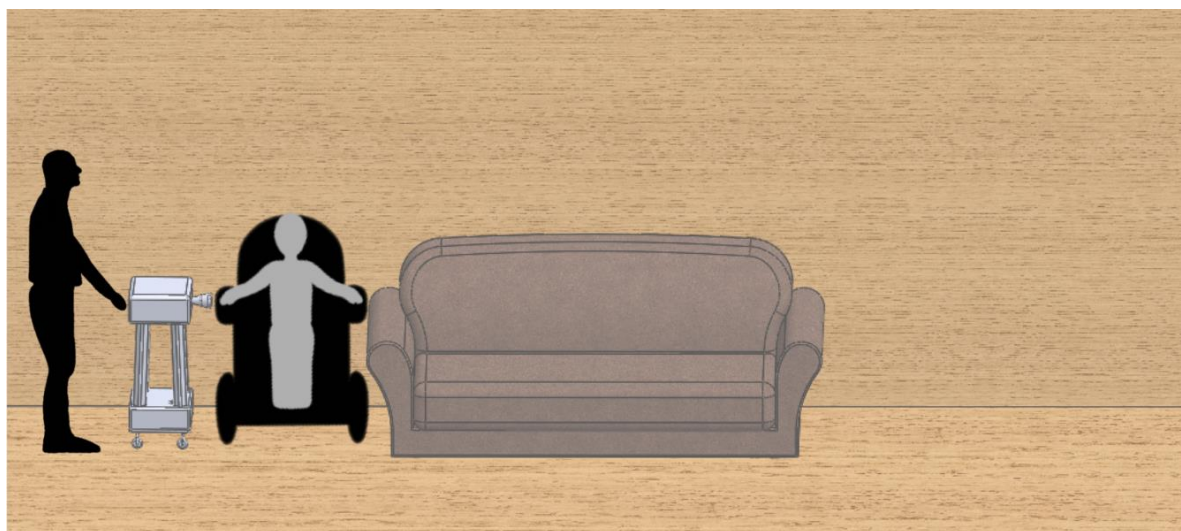


Figur 90 - Funky-stil med gjenstander. Kilde: eget materiell.



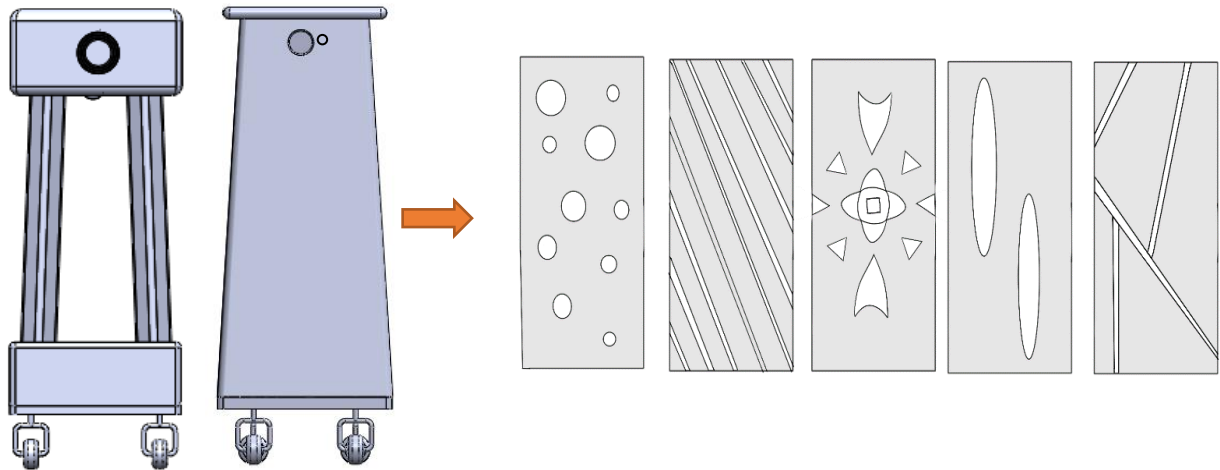
Figur 91 - Funky-stil med interaksjon av sekundærbruker. Kilde: eget materiell.

Ladeløsningen kan også brukes som et møbel i form av et lite bord.



Figur 92 - Funky-stil satt inn i rom. Kilde: eget materiell.

Kunden kan selv velge om stativet skal være kledd inn eller ikke. Velges dette alternativet, kan kunden også velge flere mønstre som igjen gir et nytt utseende.

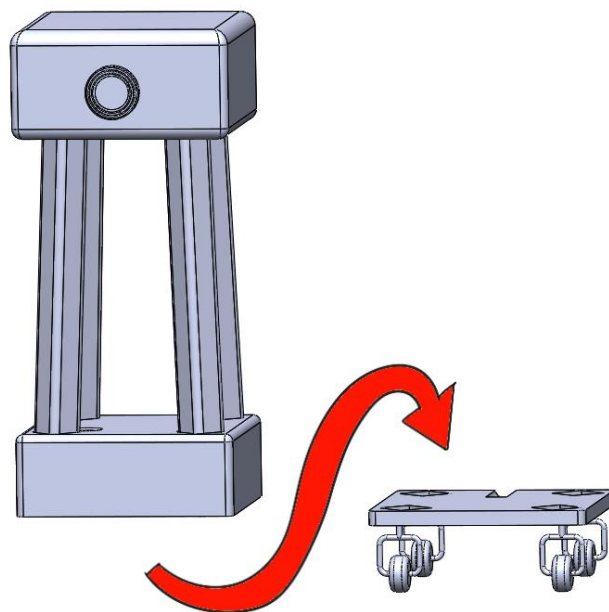


Figur 93 - Funky-stil med ulike kledninger. Kilde: eget materiell.

Konseptet er flyttbart og mobilt.

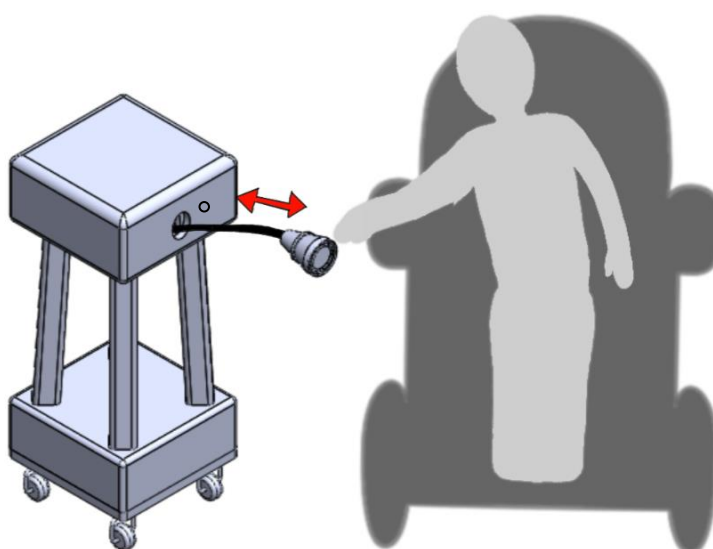
Hjulene har kulelager, slik at de ruller lett, men allikevel har en viss motstand til når brukeren skal kjøre unna ladepunktet. Hjulene har en integrert stopper.

Om kunden ønsker å bruke stativet uten hjul, så er det er mulig å ta av platen som hjulene er montert på.



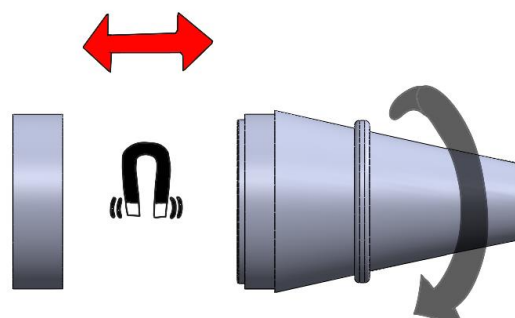
Figur 94 - Funky-stil med avtagbar hjulvogn. Kilde: eget materiell.

Under topplaten er det montert inn en fjærbelastet ledningsoppruller. Denne gjør at ledningen kan forlenges om det trengs. Ledningen trekkes da automatisk tilbake når den ikke er i bruk lenger. Det er plassert en knapp på innkledningskassen, der funksjonen er å låse snellefunksjonen etter brukerens behov.



Figur 95 - Funky-stil i interaksjon med primærbruker. Kilde: eget materiell.

Ladepunktene på stativet og rullestolen kan selv ved hjelp av magneter trekke seg på plass uten fysisk interaksjon fra bruker. Om ønskelig, så er det mulig å ta tak i den ergonomiske ladekontakten og føre den på plass. Når laderen skal kobles fra rullestolen, kan man enten kjøre unna stativet, vri ladekontakten slik at magnetene løsner eller bruke ringen rundt ladekontakten til å «vippe» den av lademottakeren.

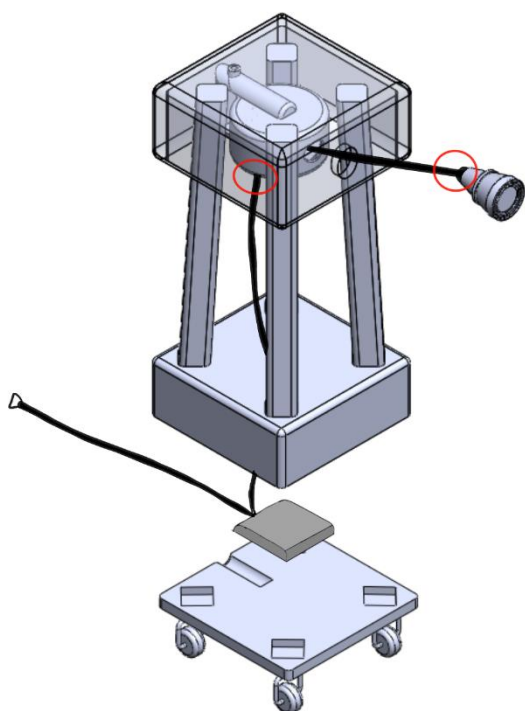


Figur 96 - Funksjon ved ladekontakt. Kilde: eget materiell.

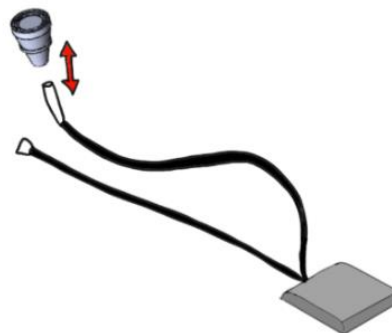
Lademottakeren på rullestolen kan plasseres der kunden selv ønsker, etter egne preferanser. Denne er koblet til det eksisterende XLR-ladeinntaket på kontrollboksen, og forlenges med et mellomstykke til dit brukeren ønsker den montert.



Figur 97 - Mottakerplate på rullestol. Kilde: eget bilde.



Figur 99 - Funky-stil med avkobling av eksisterende lader. Kilde: eget materiell



Figur 98 - Eksisterende lader med ny ladekontakt. Kilde: eget materiell.

Når man skal på reise, kan man koble ut den eksisterende laderen fra stativet og ledningsoppulleren. Ladekontakten kan også kobles fra, og dermed kan man anvende eksisterende lader sammen med den nye ladekontakten. De røde sirklene på figuren over illustrerer hvor tilkoblingspunktene befinner seg.

Det funksjonelle ved alle konseptene er like, og forklares dermed kun på dette konseptet.

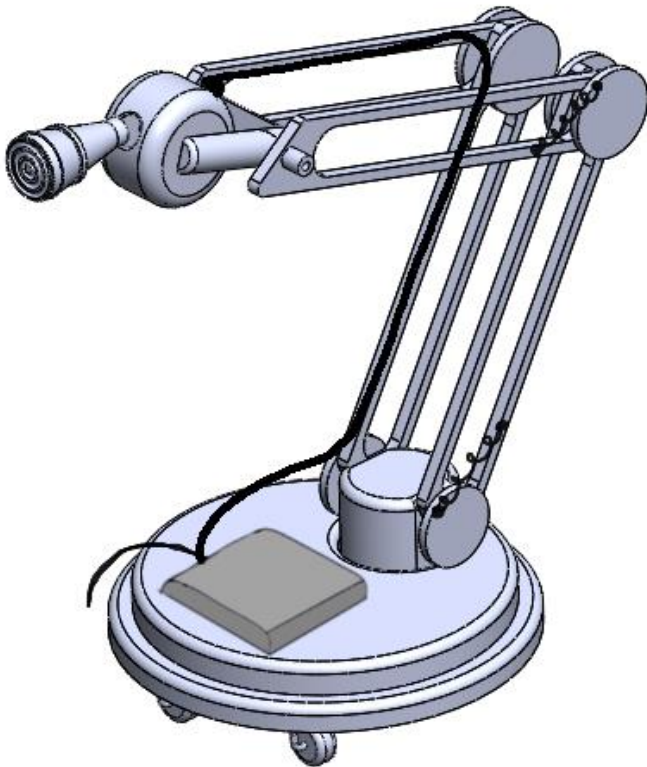
Styrker og svakheter, konsept 1: Funky-stil

Tabell 19 - fordeler og ulemper, konsept 1

Styrker	Svakheter
<ul style="list-style-type: none"> • Er flerfunksjonelt. • Er mobilt. • Legger til rette for individuelle preferanser. • Kan sammenlignes med et møblement. 	<ul style="list-style-type: none"> • Ikke sammenleggbart. • Valg av fullstendig kledning kan gjøre det vanskeligere å montere ledning i ledningsoppulleren. • Kan oppfattes som plasskrevende.

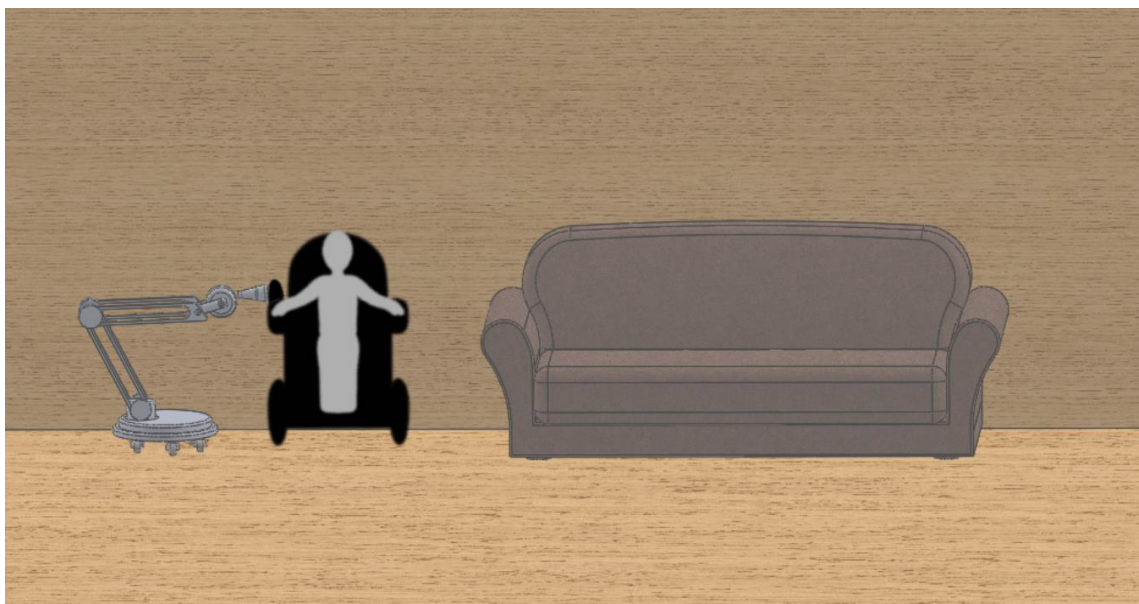
Konsept 2: Industriell stil

Dette konseptet gir en et uttrykk av industri, med enkle og funksjonelle former. Det skaper et asymmetrisk uttrykk sett fra ulike vinkler. Dette fører til at konseptet er lekent og utradisjonelt.

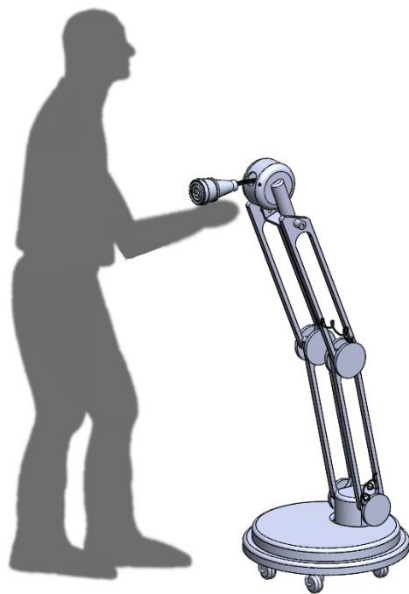


Konseptet baserer seg på parallellogramteknikk. Det vil si at det er fjærer som holder stativet oppe, og dette fører til at det blir en trinnløs regulering. Stativet stopper dermed på det punktet man stiller det inn på.

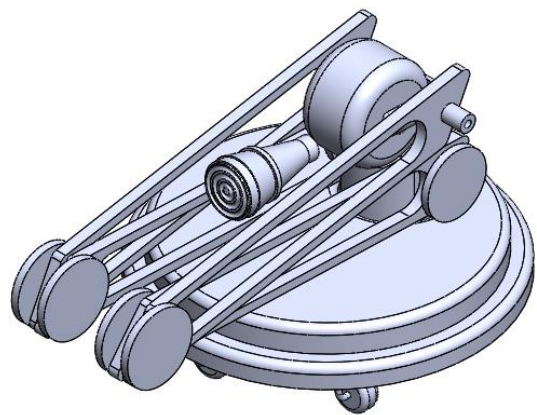
Figur 100 - Industriell stil. Kilde: eget materiell.



Figur 101 - Industriell stil satt inn i rom. Kilde: eget materiell.



Figur 103 - Industriell stil med interaksjon av sekundærbruker. Kilde: eget materiell.



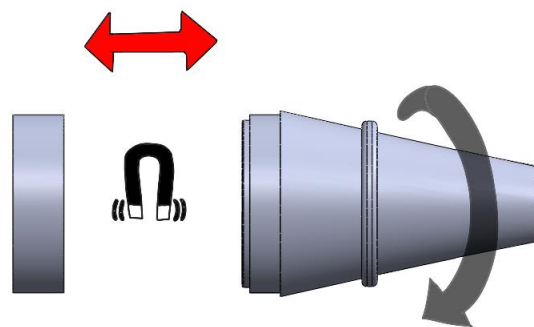
Figur 102 - Industriell stil i sammenlagt posisjon. Kilde: eget materiell.

Konseptet er sammenleggbart, og dermed tar det meget liten plass hvis man ønsker å gjemme det bort, ta det med på reise eller bare gjøre det mindre mens det står framme.

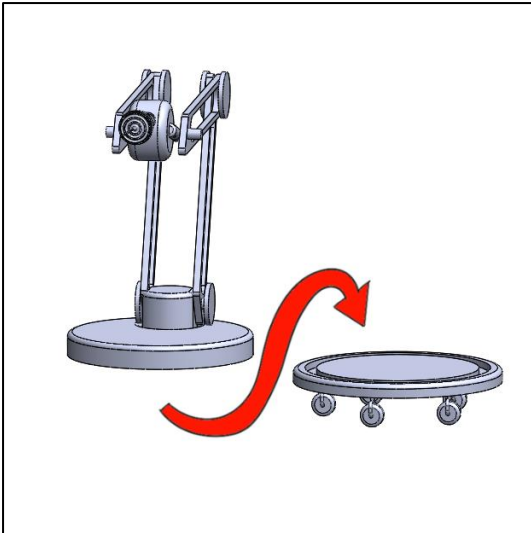
Funksjonene rundt ledningsopprolleren, avtagbare hjul, ladepunktet ved stativet og lademottaker på rullestol, og mulighet til å koble fra den eksisterende laderen er de samme som ved konsept 1.



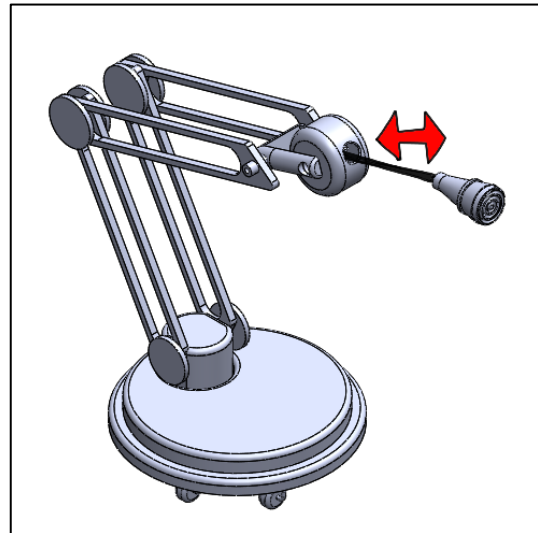
Figur 105 - Mottakerplate på rullestol. Kilde: eget bilde.



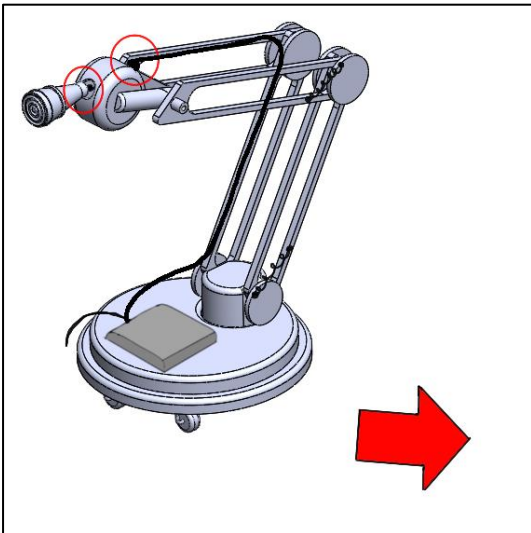
Figur 104 - Funksjon ved ladekontakt. Kilde: eget materiell.



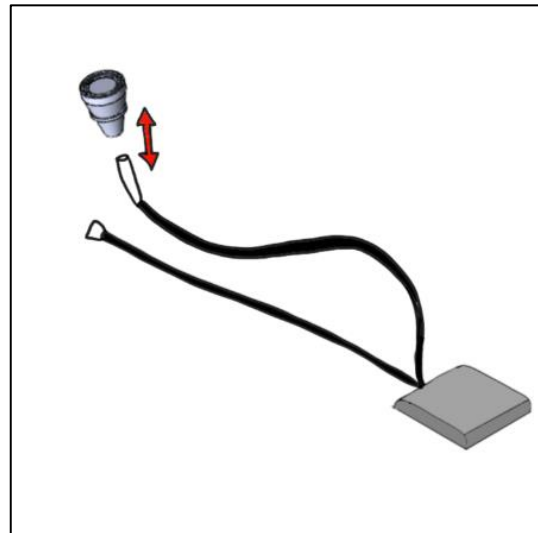
Figur 106 - Industriell stil med avtagbar hjulvogn. Kilde: eget materiell.



Figur 107 - Industriell stil, utdraging av ledning. Kilde: eget materiell.



Figur 108 - Industriell stil med avkobling av eksisterende lader. Kilde: eget materiell.



Figur 109 - Industriell stil, eksisterende lader med ny ladekontakt. Kilde: eget materiell.

Styrer og svakheter, konsept 2: Industriell stil

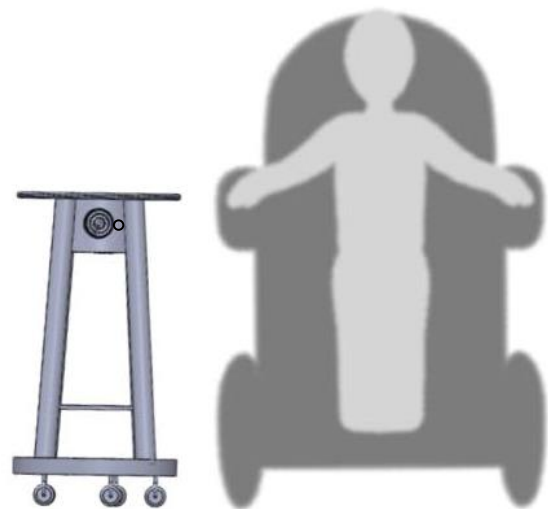
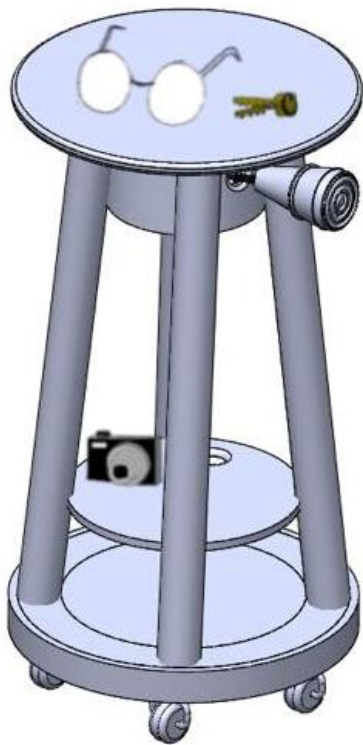
Tabell 20 - fordeler og ulemper, konsept 3

Styrker	Svakheter
<ul style="list-style-type: none"> • Er sammenleggbart. • Er mobilt. • Legger til rette for individuelle preferanser. • Kan sammenlignes med et møblement. 	<ul style="list-style-type: none"> • Ikke mulig å skjule omformer og ledningsoppruller. • Kan være utfordrende for primærbruker å justere høyde. • Samsvarer ikke med De 7 prinsipp for universell utforming; <i>Forståelig informasjon</i> (4).

Konsept 3: Tradisjonell stil

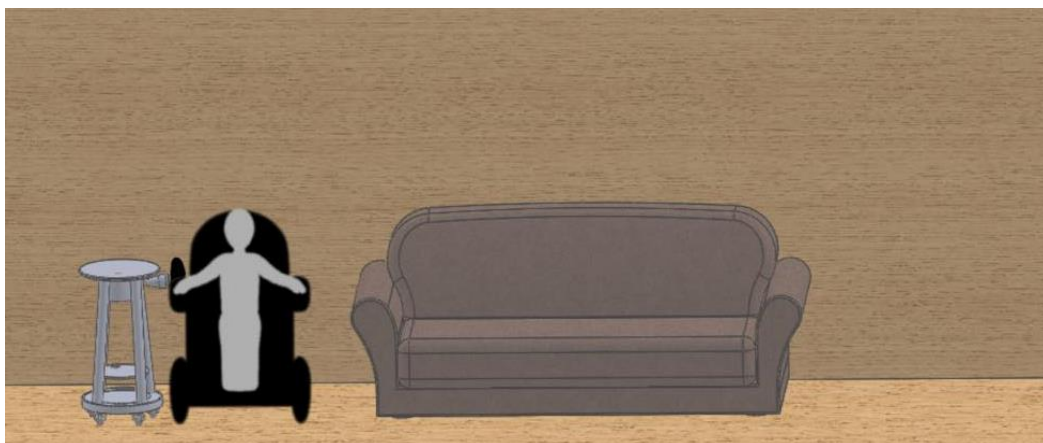
Dette konseptet gir et behagelig, helhetlig og tradisjonelt uttrykk. Konseptet har avrundede hjørner, som minsker sjansen for skader hos mennesker ved sammenstøt.

Ladeløsningen kan også brukes som et møbel i form av et lite bord. Ladeomformeren er ment at skal plasseres under hyllen som er illustrert med rød pil på bildet under.



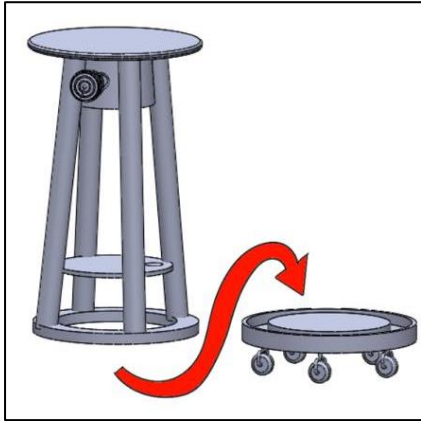
Figur 110 - Tradisjonell stil. Kilde: eget materiell.

Figur 111 - Tradisjonell stil i interaksjon med primærbruker. Kilde: eget materiell.

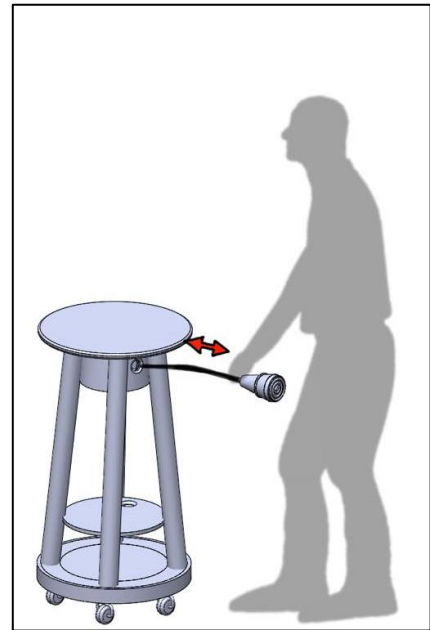


Figur 112 - Tradisjonell stil satt inn i rom. Kilde: eget materiell.

Funksjonene rundt ledningsopprulleren, avtagbare hjul, ladepunktet ved stativet og lademottaker på rullestol, og mulighet til å koble fra den eksisterende laderen er de samme som ved konsept 1.



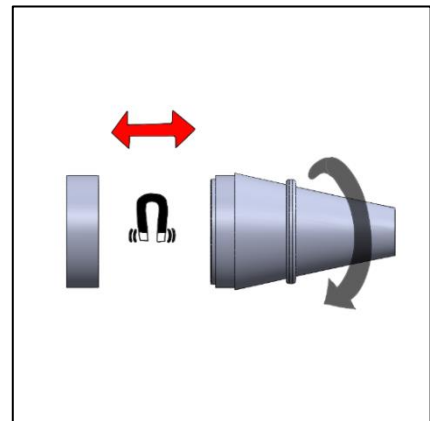
Figur 114 Tradisjonell stil med avtagbar hjulvogn. Kilde: eget materiell.



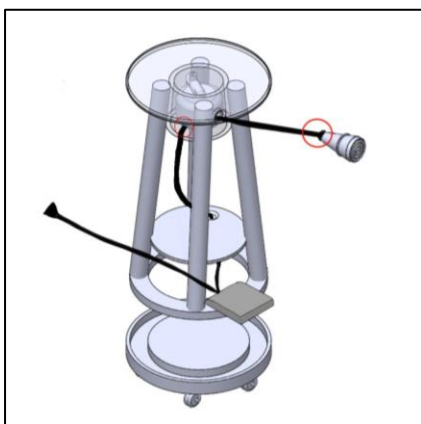
Figur 113 Tradisjonell stil med interaksjon av sekundærbruker. Kilde: eget materiell



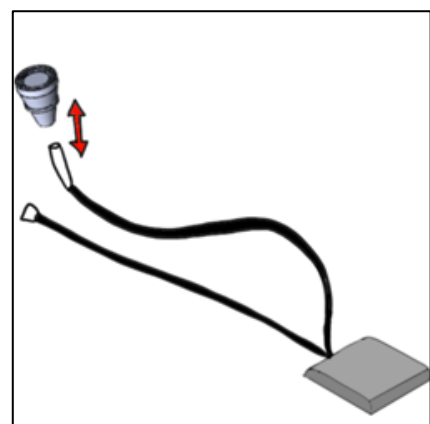
Figur 116 - Mottakerplate på rullestol. Kilde: eget bilde.



Figur 115 - Funksjon ved ladekontakt. Kilde: eget materiell.



Figur 117 - Tradisjonell stil med avkobling av eksisterende lader. Kilde: eget materiell.



Figur 118 - Tradisjonell stil, eksisterende lader med ny ladekontakt. Kilde: eget materiell.

Styrker og svakheter, konsept 3: Tradisjonell stil

Tabell 18 - fordeler og ulemper, konsept 2

Styrker	Svakheter
<ul style="list-style-type: none">• Er flerfunksjonelt.• Er mobilt.• Legger til rette for individuelle preferanser.• Kan sammenlignes med et møblement.• Avrundede kanter.	<ul style="list-style-type: none">• Ikke sammenleggbart.• Kan være oppfattet som plasskrevende.

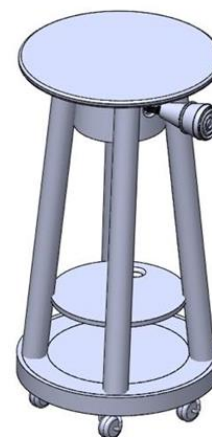
3.4.4 Total evaluering av konsepter

Oppdragsgiver likte at alle konseptene var fleksible og at de tok hensyn til et vidt spekter av preferanser for brukere (Hansen, A, Personlig kommunikasjon, 03.05.2021). Inger fortalte at hun likte at konsept 1; *Funky-stil* og konsept 3; *Tradisjonell stil* var flerfunksjonelle (Stubsjøen Martinsen, I.L, Personlig kommunikasjon, 29.04.2021).

Kirsten syntes konsept 3; *Tradisjonell stil*, var det mest estetisk tiltalende, i tillegg til at det var positivt at det kunne brukes som et møbel. Hun la også til at konsept 2; *Industriell stil*, var praktisk ved at den lett kunne tas med på turer og den tok liten plass i et hjem (Damholen-Berg, K, Personlig kommunikasjon, 10.05.2021).

Etter samtale med oppdragsgiver, i tillegg til tilbakemeldinger fra brukergruppen, var det en enighet om at konsept 3; *tradisjonell stil* var konseptet som overgikk de andre. Estetikken var det som skilte konseptene fra hverandre. Oppdragsgiver fortalte at det lignet på et nattbord, og dette var noe han trodde ville falle i smak for flere brukere (Hansen, A, Personlig kommunikasjon, 03.05.2021).

De ulike konseptene har blitt sammenlignet opp mot kravspesifikasjonen. Denne sammenligningen ligger i Vedlegg 12: *Konseptene satt opp mot kravspesifikasjonen*. Utfallet av sammenligningen var at konsept 1; *Funky-stil* fikk 22/32, konsept 2; *Industriell stil* fikk 21/32 poeng mens konsept 3; *Tradisjonell stil* fikk 24/32 poeng. Grunnen til at de ikke kan oppnå full poengsum, er fordi noen av kravene ikke er relevante på dette stadiet av prosjektet.

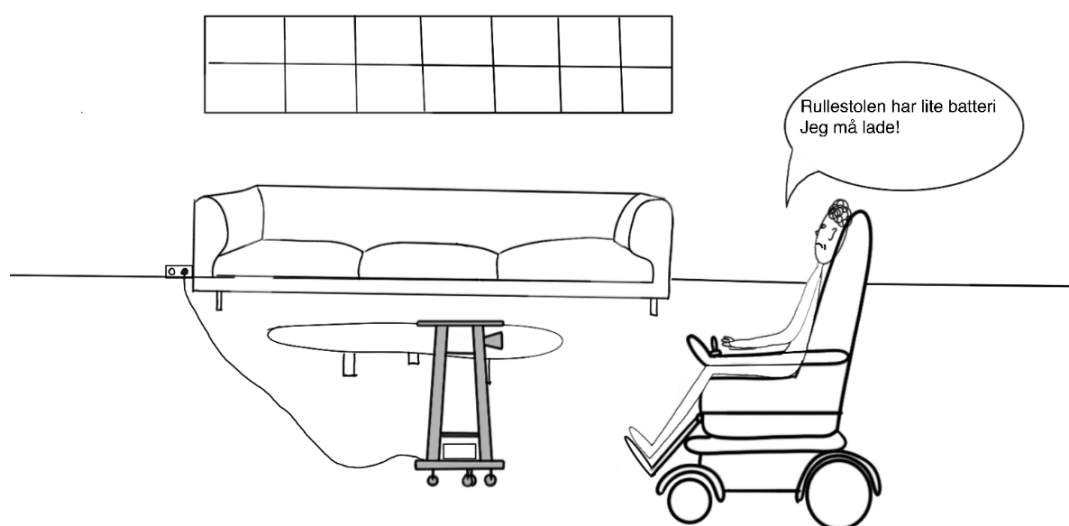


Figur 119 - Konsept 3; *Tradisjonell stil*.
Kilde: eget materiell.

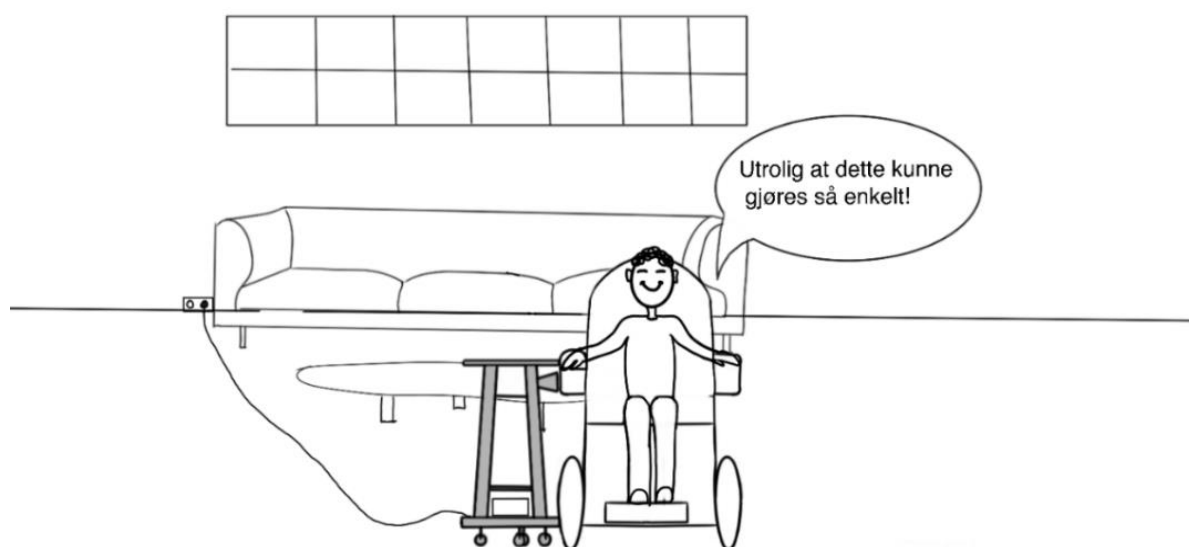
3.4.5 Valgt konsept satt i situasjon

Ved bruk av metoden **storyboard** har det valgte foreløpige konseptet blitt satt inn i en reell brukersituasjon. Ved å lage enkle skisser av et handlingsmønster, vil gruppen få økt innsikt og avdekke i enda større grad styrker og mangler. Dette brukerscenarioet vil sette søkelys på primærbrukerens brukerperspektiv (Lerdahl, 2007).

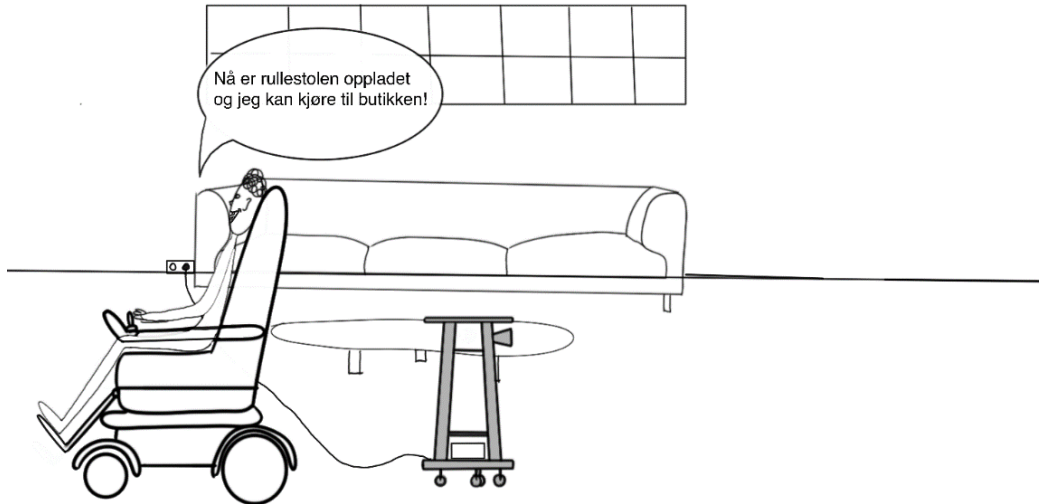
Introduksjon: Dette er Pål, han har nedsatt håndmotorikk og sliter med til- og frakobling på den allerede eksisterende ladeløsningen. Igjennom Hjelpemiddelsentralen har han fått mulighet til å teste ut en ny ladeløsning som akkurat har kommet ut på markedet.



Figur 120 - Storyboard "Pål kjører til ladestativ". Kilde: eget materiell.



Figur 121 - Storyboard "Pål lader rullestolen". Kilde: eget materiell.



Figur 122 - Storyboard "Pål kjører enkelt fra ladestativet". Kilde: eget materiell.

3.5 Detalj utvikling

I denne fasen ble det satt fokus på å optimalisere det foreløpig valgte konseptet fra idéforedlingen. Målet var å undersøke konseptet ned på detaljnivå slik at ladeløsningen skulle oppfattes fullstendig og i enda større grad uttrykkes harmonisk. Detalj utviklingsfasen ble gjennomført på bakgrunn av tilbakemeldinger som kom ved presentasjon av de ulike konseptene tidligere i prosjektet. Tilbakemeldingene var:

- Det burde være et oppheng av ledning mellom ladeomformer og ledningsoppruller.
- Det burde være en anordning som holder ladekontakten (på stativ) i riktig posisjon når den ikke er i bruk.
- Det burde være en kant rundt topplaten på stativet, slik at gjenstander ikke faller av bordet.

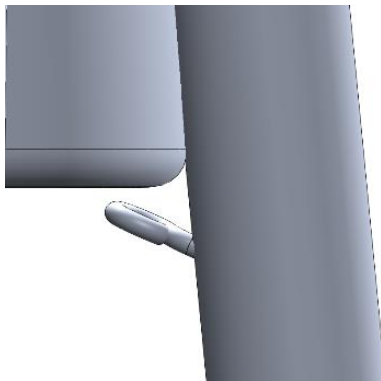
3.5.1 Fremgangsmåte for detalj utvikling

Brainstorming og generelle søketeknikker i ulike litterære verk for inspirasjonsinnhenting er grunnmetodene som har blitt anvendt i denne fasen.

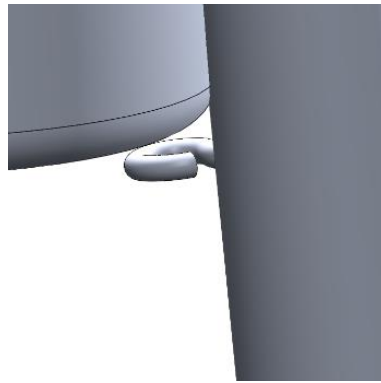
Oppheng av ledning

Ledningen som går fra omformeren og opp til ledningsopprulleren skal i så stor grad som mulig integreres og skjules. Det har blitt forkastet tre versjoner av løsning grunnet større behov for presisjonsgrep. Disse kan leses om i Vedlegg 11: *Forkastede funksjonløsninger*.

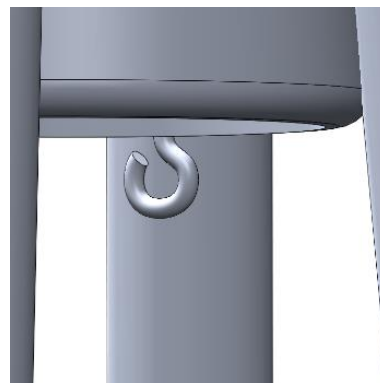
Løsningen som gruppen valgte å gå for, var en standardisert krok. Grunnlaget for utvelgelsen var basert på brukervennlighet. Gruppen har også undersøkt den mest optimale plasseringen og retningen av denne kroken i forhold til at den skal skjule ledningen så godt som mulig. Det ble forsøkt å plassere den i underkant av kledningen, i tillegg til to ulike retninger med innfestning i det ene beinet.



Figur 123 - Innfestning av krok i bein. Kilde: eget materiell.



Figur 124 - Innfestning av krok, skrått i bein. Kilde: eget materiell.

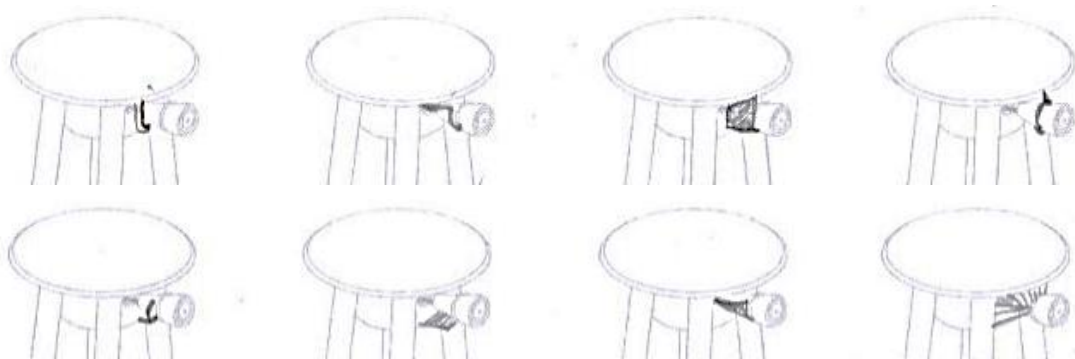


Figur 125 - Innfestning av krok i kledning. Kilde: eget materiell.

Holder til ladekontakt

Ladekontakten skal stå 90 grader ut fra stativet, slik at den hele tiden er tilgjengelig for brukeren når vedkommende skal lade. Som tidligere nevnt må ledningen være lett å dra ut fra opprulleren. Ved å sørge for dette, vil man mest sannsynlig måtte gjøre et kompromiss i forhold til at ladekontakten ikke vil kunne klare å holde seg selv oppe. En løsning på dette problemet, kan være en holder til ladekontakten.

Gruppen baserte denne holderen på allerede eksisterende utmatingsmekanisme i brannslangetromler. Etter tilbakemeldinger fra representant fra brukergruppen og oppdragsgiver, antok gruppen at denne mekanikken også ville fungere på ladeløsningen (Trykkluftteknikk, u.å.).

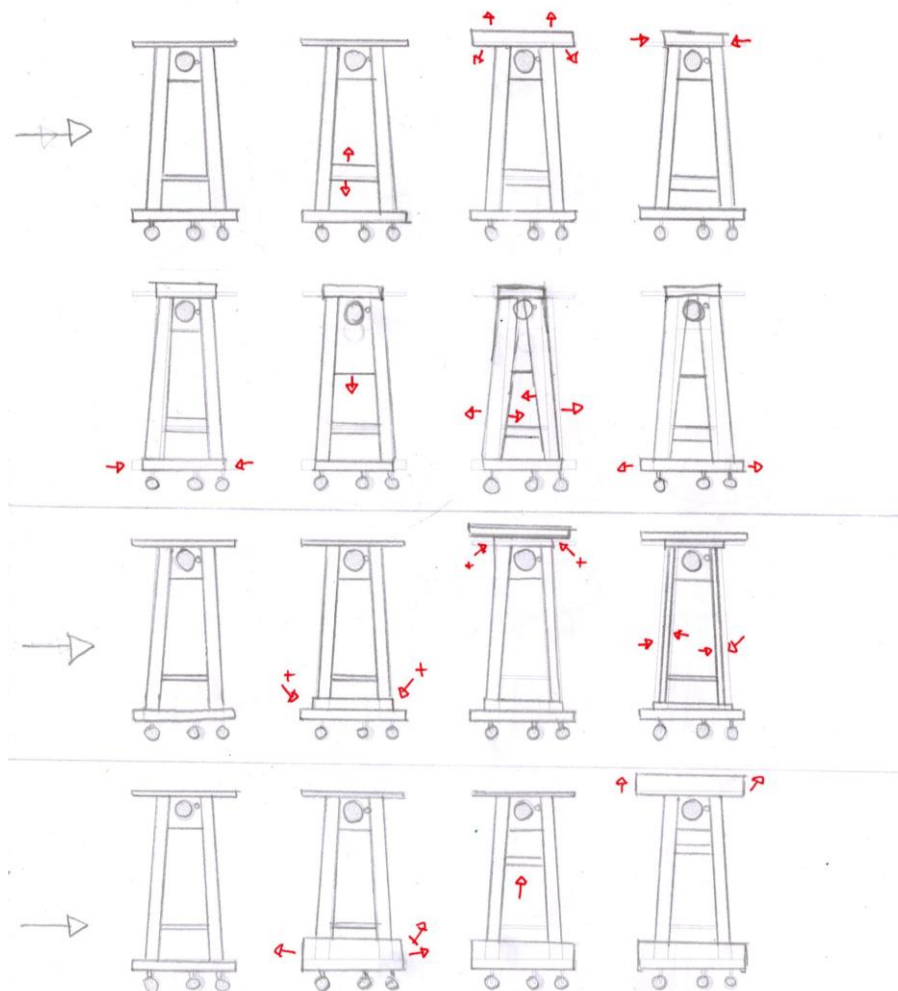


Figur 126 - Ulike varianter av kontaktholder. Kilde: eget materiell.

Bordkant og massefordeling på delelementer

Tjalves metode, *kvantitativ struktur* har her blitt anvendt for å undersøke hvordan små endringer påvirket helheten av ladeløsningen (Lerdahl, 2017). Fellestrekk for alle delelementene, var at de baserte seg på repeterende former. Dette vil si at det ikke ble utført endringer av former, men heller et større fokus på massefordeling rundt delelementene. Det ble også undersøkt hvorvidt en kant rundt toppflaten hadde påvirkning for brukervennligheten.

De store, grå pilene til venstre illustrerer at Tjalves metode har blitt gjennomført tre ganger. Utfallet ble da tre retninger som påvirker helhetsinntrykket. De røde pilene illustrerer forandringene som blir gjort for hver enkelt delkomponent.



Figur 127 - Tjalves metode, for kvantitativ struktur, endelig konsept. Kilde: eget materiell.

3.6 Detaljundersøkelse

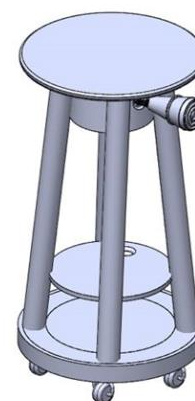
I detaljundersøkelsen vil materialer, produksjonsmetoder, klimaavtrykk og vurdering av farger redegjøres. I dette kapitlet har gruppen benyttet seg av ulike søketeknikker og metoder for å kunne redegjøre rundt materialer, produksjonsmetoder og farger.

3.6.1 Materialer og produksjonsmetoder

For at det endelige konseptet skal kunne lages på en effektiv måte med de rette egenskapene, har det blitt undersøkt hvilke produksjonsmetoder og materialer som er mest hensiktsmessige for å utfylle disse kriteriene.

Materialvalg og produksjonsmetoder må sees i sammenheng fordi fremstillingsmetoden avhenger av materialets formbarhet, og delens geometri kan kreve en spesifikk produksjonsmetode for bearbeiding (Nicolaisen, 2018).

Det har derfor blitt gjort en helhetlig vurdering av hver komponent eller gruppe av komponenter med de samme egenskapene, og valgene har blitt tatt basert på *elimineringsmetoden*. Denne metoden går ut på å eliminere alternativer i et utvalg, til man til slutt sitter igjen med det/de mest egnede alternativet/ene.

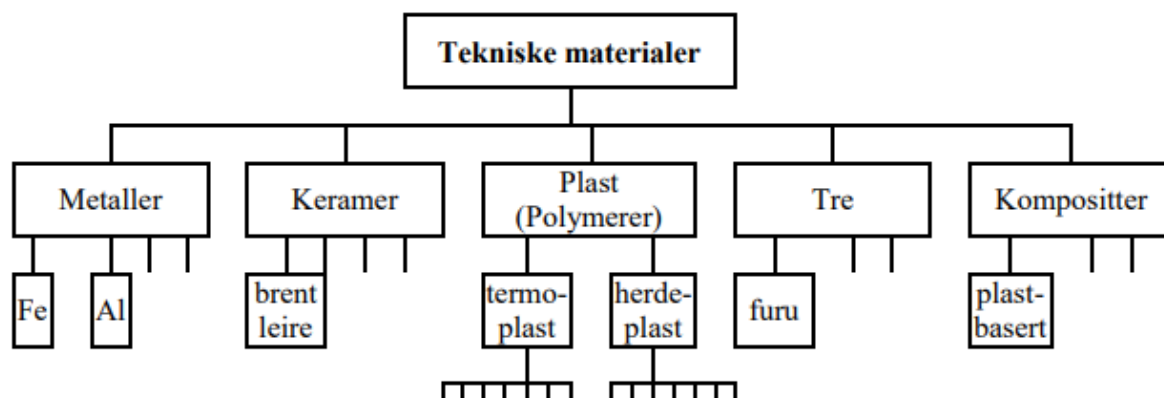


Figur 128 – Det foreløpig valgte konseptet. Kilde: eget materiell.

Konstruksjonsmaterialer

De siste hundre årenes utvikling innen spesielt metall-legeringer og kompositter har ført til at det i dag finnes tusenvis av materialer å velge imellom når man skal konstruere et produkt.

Disse materialene kan i hovedsak deles opp i metaller, keramer, plast, tre og kompositter (Grøndalen, 2008).



Figur 129- Tekniske materialer og undergrupper. Kilde: (Grøndalen, 2008).

For å velge riktig materiale til hver komponent i det endelige konseptet, har det blitt sett på de generelle egenskapene for materialklassene metaller, keramer og glass, polymerer og kompositter. Egenskapene er beskrevet i Vedlegg 13: *Egenskaper i materialklasser*. Det har også blitt sett på ulike egenskaper til treverk som et mulig materiale til bruk på det endelige konseptet.

Disse egenskapene er satt opp mot kravene som er utarbeidet i rapportens kravspesifikasjon. For å finne et spesifikt egnet materiale innenfor den valgte materialklassen, ble det gjort søk i åpne, nettbaserte materialdatabaser hos flere ulike distributører.

Alle materialer har en livssyklus. For å kunne kartlegge den spesifikke miljøpåvirkningen av hvert materiale, finnes det ulike analyse-metoder. En metode som er mye brukt, er LCA (life cycle assessment, livssyklusanalyse). Her kartlegges miljøpåvirkningen av et produkt gjennom hele livsløpet. Dette innebærer altså alle aspektene fra råvarer, produksjon av produktet, bruk, og gjenvinning/avhending. Man medregner også energiforbruk og transport (NTNU, 2020).

Gruppen gjennomførte en bærekraftsanalyse av det foreløpige valgte konseptet ved hjelp av *Solidworks sustainability tools*, som benytter seg av CML-metoden utviklet av universitetet i Leiden (*CML - Department of Industrial Ecology*, 2016). Rapporten inneholder et forslag av materialer og denne ligger i sin helhet i Vedlegg 14: *Bærekraftsanalyse*.

Produksjonsmetoder

Om det endelige konseptet skal masseproduseres, er det viktig å finne de metodene som gir en rask og kostnadseffektiv fremstilling av komponentene, uten å skape unødvendig svinn eller farlig avfall. Det har derfor blitt undersøkt en rekke produksjonsmetoder som kunne være aktuelle. Additive produksjonsmetoder egner seg i hovedsak til produksjon i lave volumer (Nicolaisen, 2018). Gruppen velger derimot å undersøke disse metodene, siden det er stor usikkerhet rundt produksjonsvolumer ved en eventuell produksjon.

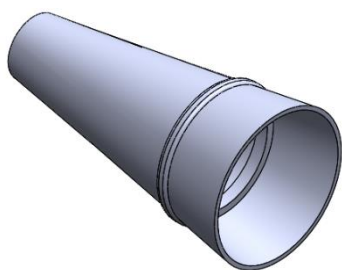
Tabell 21 - Generelle produksjonsmetoder

Metode	Varianter	Bruksområde	Utfordringer
Støping	<ul style="list-style-type: none"> • Sandstøping • Sprøytstøping 	Skape kompliserte former av materialer som kan varmes over smeltepunktet.	Krever dyrt og spesialtilpasset utstyr for masseproduksjon
Plastisk forming	<ul style="list-style-type: none"> • Åpen smiing • Lukket smiing 	Omgjøre et materiale i flytsonen til en spesifikk form	Fungerer kun på solide emner. Eventuelt kan plater brettes for å skape hule produkter.
Sponskjærende bearbeiding	<ul style="list-style-type: none"> • Fresing • Dreining 	Få et produkt ut av et emne, ved å fjerne materiale fra overflaten	Inkrementell metode, som betyr at mye materiale er bortkastet
Additive metoder	<ul style="list-style-type: none"> • 3D-printing 	Enkelt skape detaljerte former, med lite svinn. Produsere små delkomponenter	Er kun formålstjenlig å benytte på små komponenter og ved lave produksjonsvolumer.

Dette er en forenklet fremstilling av metodene som er undersøkt. Flere av variantene har underkategorier som ikke beskrives ytterligere i rapporten.

Eksempler på spesifikke produksjonsmetoder som kan benyttes på de ulike delkomponentene ligger i Vedlegg 15: *Forslag til produksjonsmetoder av komponenter*, og vil dermed ikke beskrives noe nærmere i hovedrapporten.

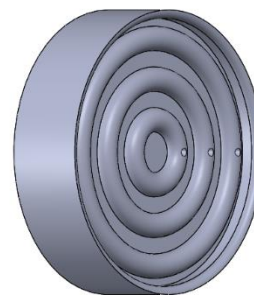
Gripedel og ladekontakter



Figur 131 – Gripedel. Kilde: eget materiell.



Figur 132 - Kontakt for stativ. Kilde: eget materiell.



Figur 130 – Kontakt for rullestol. Kilde: eget materiell.

Både gripdelen, ladekontakten på stativet og lademottakeren på rullestolen kan produseres i samme materiale. Dette er fordi begge delkomponentene er grunnleggende like. Det gir også like toleranser ved produksjon og et korresponderende utseende. Gripdelen bør kunne overflatebehandles, grunnet behov for en overflate med høy friksjon.

Tabell 22 – Materialer ved gripedel og ladekontakt

Krav til materiale	Hensikt
Formbarhet	Må kunne bearbeides til kompliserte, tredimensjonale former på en kostnadseffektiv måte
Lav vekt	Slik at kontakten er lett å håndtere
God friksjon på overflate	Krever lite styrke i hender for å vri kontakten
Varmebestandig	Må tåle monteringsprosessen med lodding av kontaktpunkter
Elektrisk isolerende	Må skjerme brukeren fra strømførende kontakter og ledninger slik at man unngår jordfeil eller kortslutning
Styrke	Materialet må tåle hardhendt bruk
Vannbestandig	Materialet må tåle vann og søl
Hygiene	Overflaten må være lett å vedlikeholde
Brennbarhet	Materialet må ikke være brannfarlig
UV-bestandig	Kontakten må tåle sollys

Estetikk	Bør gjenspeile omgivelsene
----------	----------------------------

I de overnevnte delene kan herdeplast være gunstig. Grunnen til dette er fordi det er en type polymerere som kan smeltes og støpes til rett form. Positive egenskaper for herdeplaster er at de er elektrisk isolerende og høy toleranse for varme. De gir også stor frihet i design, og kan gi fine og hygieniske overflater (BRP, 2021).

Kontaktringer for strømoverføring

Kontaktringene skal lede strømmen fra laderen til kontakten på rullestolen. Dette krever at materialet har egenskapene til en elektrisk leder, og at det kan formes til buede ringer. Kontaktene er også relativt utsatt for omgivelsene, noe som stiller spesielle krav til materialet.



Figur 133 - Kontaktringer. Kilde: eget materiell.

Tabell 23 - Materialer ved kontaktringer

Krav til materiale	Hensikt
Elektrisk ledeevne	Materialet må lede strøm effektivt for å unngå varmegang og tap i ladespenning
Motstand mot slitasje	Kontaktringene utsettes for friksjon ved vridning. Noe som ikke må slite dem ut
Motstand mot oksidasjon og korrosjon	Materialer utsettes for blant annet fuktighet. Dette må ikke skape et belegg som skader ledeevnen
Mottakelig for lodding	Materialet må gi god heft til lodding av ledninger
Formbarhet	Må kunne formes til tynne buede ringer
Estetikk	Bør gjenspeile omgivelsene

Bein på stativ

Beinene på stativet skal bidra til å gi konstruksjonen stabilitet og styrke, i tillegg til hovedfunksjonen rundt å holde stativet oppreist. Derfor er det viktig at beinene tåler høy kompresjon. Forslag til materialer som kan benyttes, er aluminium, varmforsinket stål eller treverk som furu eller eik. De to sistnevnte finnes i stor grad over hele Norden, som fører til at treverket blir kortreist. Disse er bærekraftige råvarer som er lett å anskaffe (Vestre, u.å).



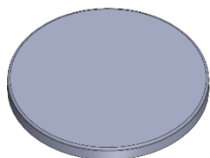
Figur 134 - Bein. Kilde: eget materiell.

Tabell 24 - Materialer ved bein

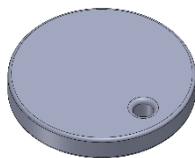
Krav til materiale	Hensikt
Formbarhet	Må kunne bearbeides et rør eller en sylinder.
Styrke	Må tåle høy belastning
Estetikk	Bør gjenspeile omgivelsene

Topplate, hylle og «hjulvogn»

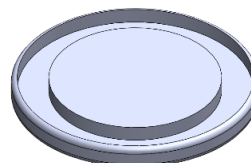
Det endelige konseptet består av to runde overflater, i tillegg til en bunnplate som hjulene er festet i. Disse overflatene kan utsettes for blant annet slag, riper og søl.



Figur 135 – Topplate. Kilde: eget materiell.



Figur 137 – Hylle. Kilde: eget materiell.



Figur 136 - Bunnplate/"hjulvogn". Kilde: eget materiell.

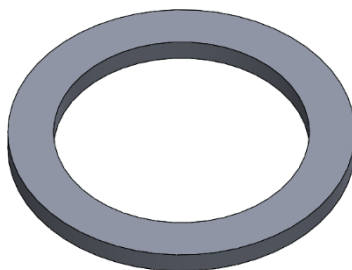
Tabell 25 - Materialer ved topplate, hylle og "hjulvogn"

Krav til materiale	Hensikt
Form	Må kunne bearbeides til en rund plate
Styrke	Må tåle slag og støt
Hygiene	Må være enkelt å rengjøre
Estetikk	Bør gjenspeile omgivelsene

Det er mange materialer som oppfyller kravene til disse komponentene. Noen av de aktuelle materialene er aluminium, varmforsinket stål eller treverk som furu eller eik.

Nedre base av bein

Basen på stativet skal være et solid fundament festet i beinene. Denne skal plasseres i «hjulvogna» når hjulene benyttes, også fungerer den som fot når man ikke benytter «hjulvogna». Den nedre basen kan lages i samme materiale som stolpene, altså aluminium eller varmforsinket stål. Det er også mulighet for å bruke en tresort med høy tetthet, da denne vil være tyngre enn furu eller eik.



Figur 138 - Nedre base for bein.
Kilde: eget materiell.

Tabell 26 - Materialer ved nedre base

Egenskap	Hensikt
Formbarhet	Materialet må kunne bearbeides til en komplisert tredimensjonal form
Styrke	Materialet må tåle meget høy belastning og ha gode innfestingsmuligheter.
Vekt	Høyere vekt kan gi bedre stabilitet.
Estetikk	Bør gjenspeile omgivelsene

3.6.2 Vurdering av farger

For teori rundt farger, henvises det til kapittelet 2.5.3 *Fargeteori*.

Når det skal vurderes hvilke farger og materialer som det endelige konseptet skal ha, blir det sett i sammenheng med omgivelsene rundt. Stiler og farger i et hjem er generelt veldig individuelle, men ofte blir nøytrale farger anvendt på store overflater som vegger. Ifølge boka «*En enkel fargelære*» blir det påpekt at i et oppholdsrom burde det ofte bli brukt mer duse, nøytrale og rolige farger. Grunnen er at for noen mennesker kan for mange og for sterke kulørte farger sammen skaper uro, som igjen gjør at det oppfattes masete. Generelt uthever nøytrale farger ofte andre resterende farger, former og lignende (Gundersen, Kjernsmo og Reinhardtsen, 1998, s 68). Vurdering av bruk av kontraster ved det endelige konseptet må som generelt ved fargene, bli sett i sammenheng med omgivelsene rundt.

4. Resultat

4.1 Det endelige konseptet

Flerfunksjonell ladeløsning for elektrisk rullestol



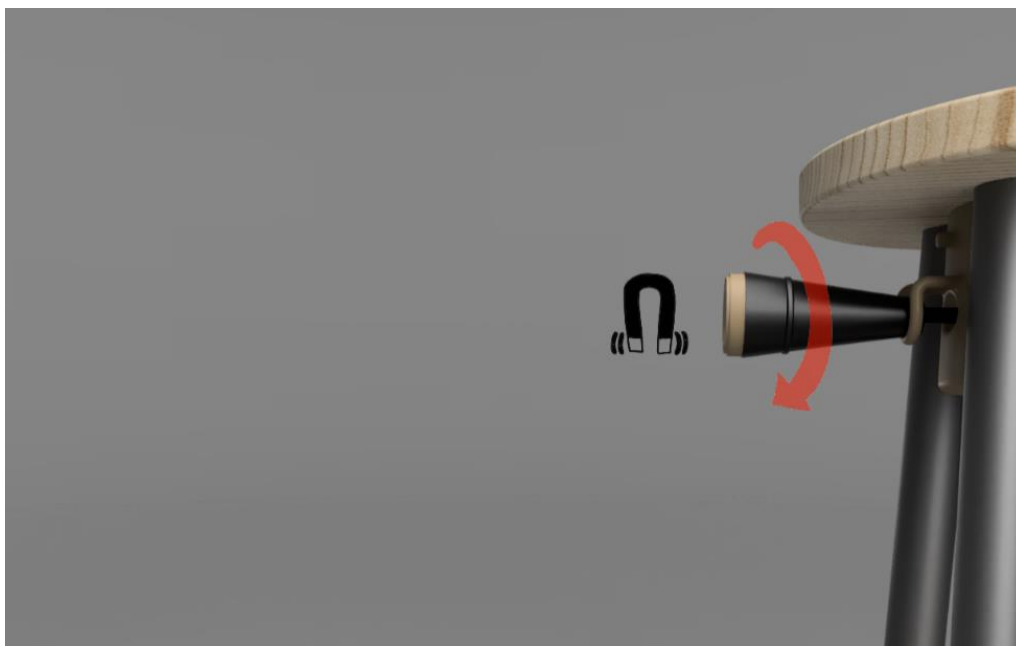
Figur 139 - Det endelige konseptet, fra siden. Kilde: eget materiell.



Figur 140 - Det endelige konseptet, skrått fra siden. Kilde: eget materiell.

NAV hjelpemiddelsentralen har fått flere tilbakemeldinger fra brukere om at dagens ladeløsning for elektriske rullestoler er tungvinn og lite brukervennlig både for primær- og sekundærbrukere (Hansen, A, Personlig kommunikasjon, 09.02.2021). I samarbeid med studenter fra NTNU har det blitt utviklet en ny og forbedret ladeløsning med fokus på til- og frakobling. Denne er tilpasset i så stor grad som mulig hver enkelt bruker.

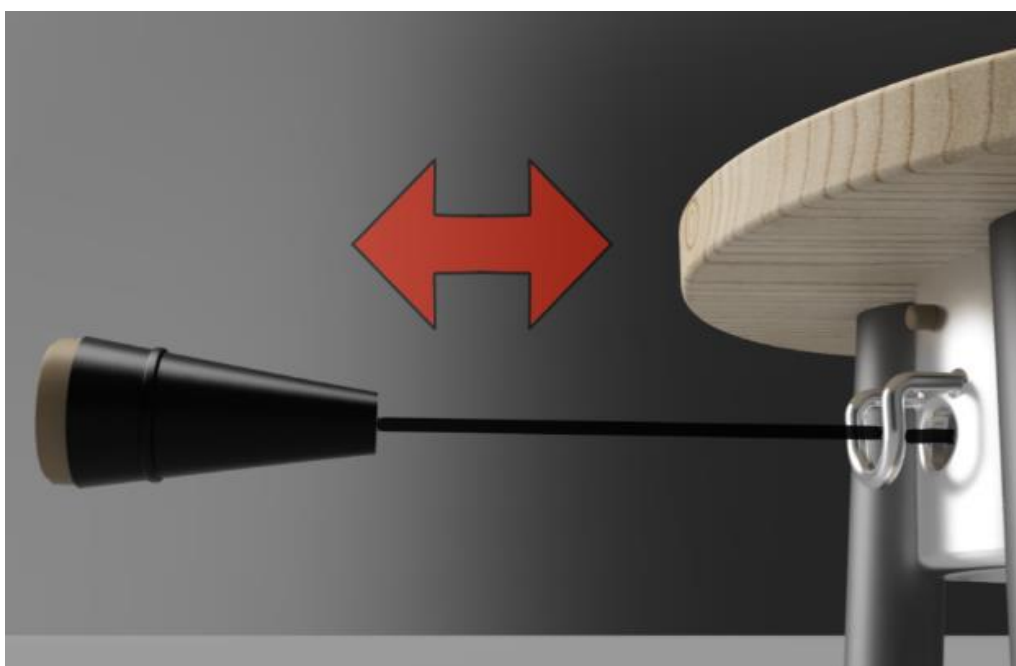
Det endelige konseptet er flerfunksjonelt, noe som vil si at det også kan benyttes som et bord eller en pedestall. Det endelige konseptet skal gjøre den daglige laderutinen for alle inkluderte av elektriske rullestoler enklere, mindre belastende og mer integrert.



Figur 141 - Det endelige konseptet, uten hjul. Kilde: eget materiell.

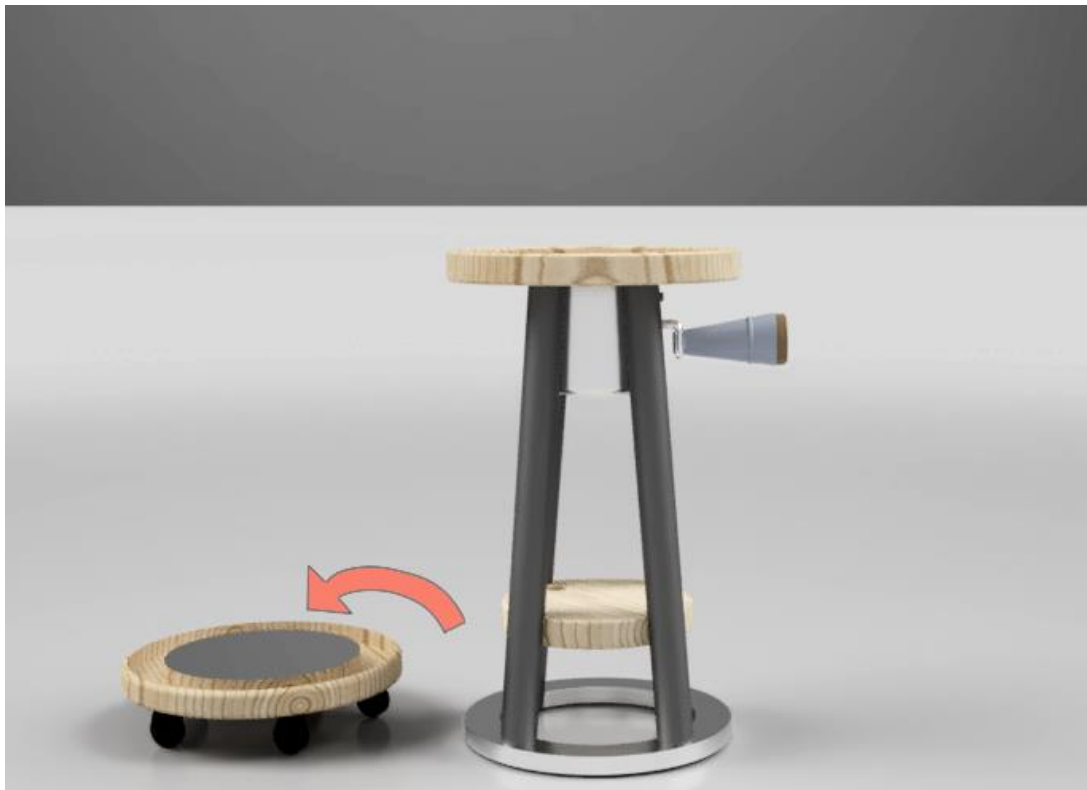
Magnet-tiltrekkingen mellom ladekontakten og lademottakeren sørger for enklere ladeprosess ved at ladepunktene «smetter» på plass når man kjører nærme nok. Når laderen skal kobles av, kan man enten kjøre unna stativet, vri ladekontakten slik at magnetene støter fra hverandre, eller bruke ringen rundt gripehåndtaket til å «vippe» den av lademottakeren. Dette gir brukeren frihet til å interagere etter personlige ferdigheter og preferanser.

Om man ønsker å benytte seg av håndgrep ved ladekontakten er denne tilpasset og ergonomisk utviklet slik at brukere med ulike håndstørrelser kan benytte seg av denne.



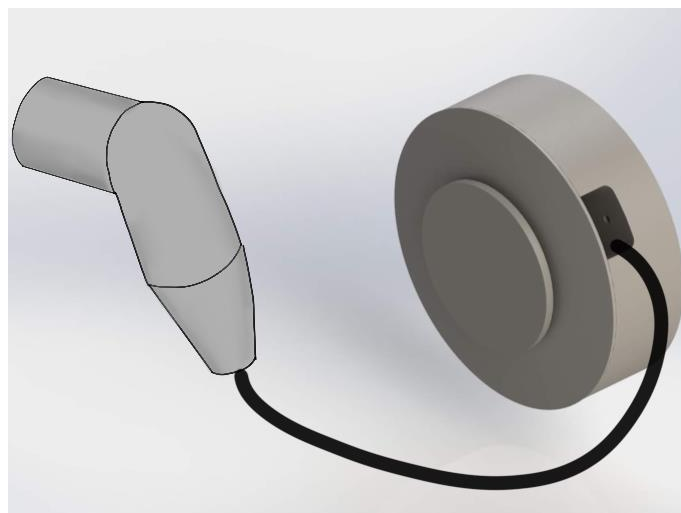
Figur 142 - Det endelige konseptet, uttrukket ladekontakt. Kilde: eget materiell.

Den innebygde ledningsopprulleren muliggjør enkel og fleksibel til- og frakobling. Om man har behov for å løfte opp armlenet, eller heise opp rullestolen, følger ladekontakten med. Hvis man derimot ikke har muligheten til å benytte seg av håndkraft for frakobling, kan man låse fast ledningsopprulleren i inntrukket posisjon. Dette gjøres ved hjelp av en følbart knapp montert rett under topplaten. Dermed kan man kjøre unna ladeløsningen, og frakoblingen skjer av seg selv. Ledningsopprulleren inneholder 1,5 meter med ledning.



Figur 143 - Det endelige konseptet, tatt ut av "hjulvogn". Kilde: eget materiell.

På det endelige konseptet, har man muligheten til å ha stativet stående på hjul. Om brukeren derimot ikke ønsker å benytte seg av hjulene, kan man løfte stativet opp fra «hjulvogna». Denne kan da enten skyves unna og gjemmes bort, eller benyttes som en vogn til å ha personlige eiendeler på. Hjulene kan også låses, slik at de ikke ruller.



Figur 144 - 90-graders XLR-kontakt. Kilde: eget materiell.



Figur 145 - Lademottaker på rullestol. Kilde: eget materiell.

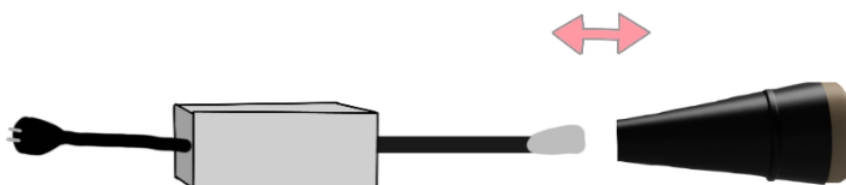
For å få benyttet den nye lademottakeren, er man avhengig av å koble den til rullestolens system. Dette gjøres her ved at man har en overgang mellom lademottaker og allerede eksisterende XLR-ladeinntak på rullestolen. XLR-ladepluggen vil naturlig vinkles ned mot gulvet grunnet ledningens kraft som drar den bakover. For at denne ikke skal bli dratt ut, eller påføres slitasje over tid, vil det benyttes en 90-graders XLR-ladeplugg. Dermed vil ledningen følge rullestolens og kontrollpanelets konturer.

Lademottakeren festes på rullestolen, individuelt etter brukerens preferanser og behov. Denne kan også flyttes i etterkant hvis det blir behov for det.



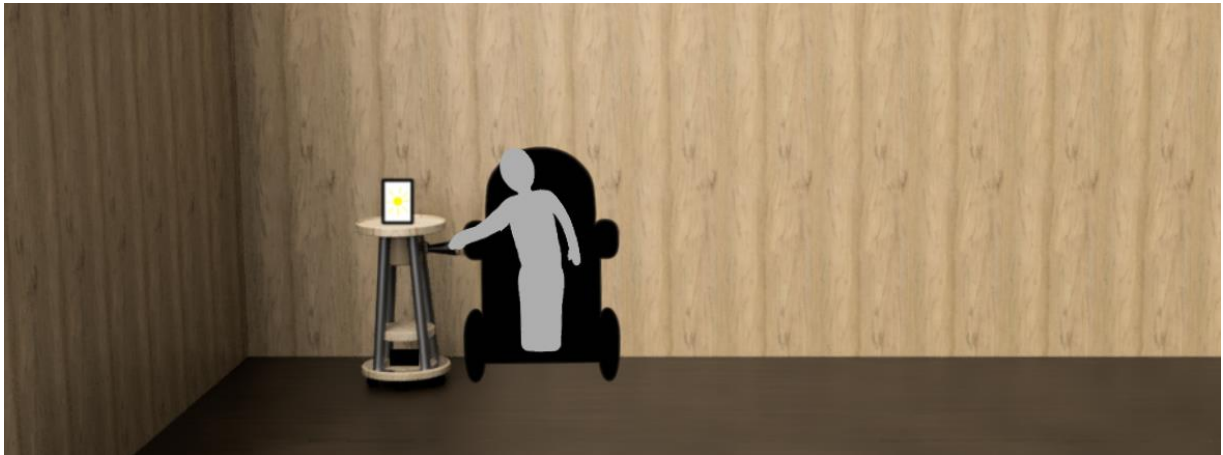
Når man skal på reise, kan man koble ut den eksisterende laderen fra stativet og ledningsopprulleren. Ladekontakten kan også kobles fra ledningen i opprulleren, og dermed kan man anvende eksisterende lader sammen med den nye ladekontakten. De røde sirklene på figuren til venstre illustrerer hvor tilkoblingspunktene befinner seg. Om brukeren kun skulle ha behov for ladekontakten, men ikke stativet, er dette en mulighet. Det vil altså si at ladekontakten kan tilbys som en separat løsning for brukeren.

Figur 146 - Det endelige konseptet, med koblingspunkter til eksisterende lader visualisert. Kilde: eget materiell.

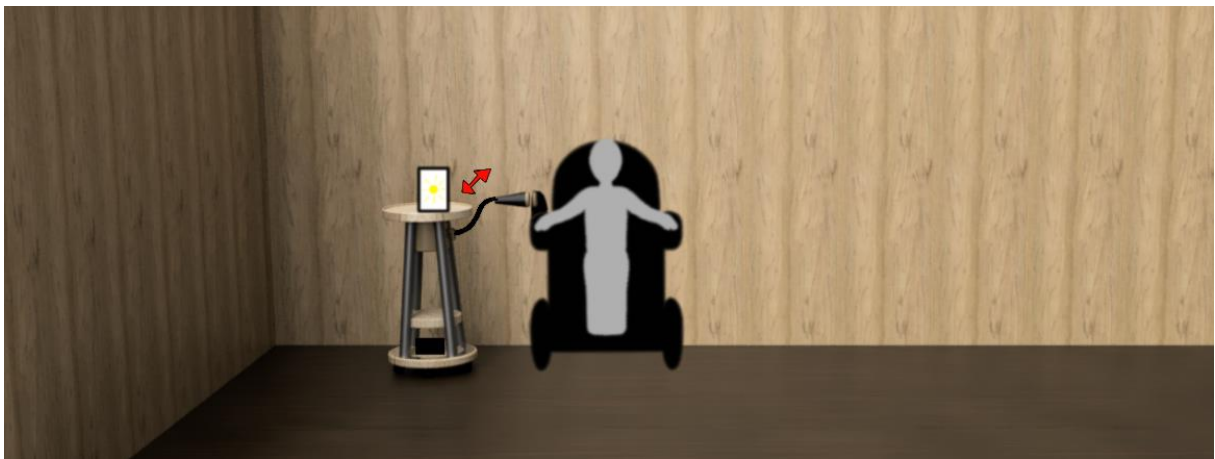


Figur 147 - Eksisterende lader med ny ladekontakt. Kilde: eget materiell.

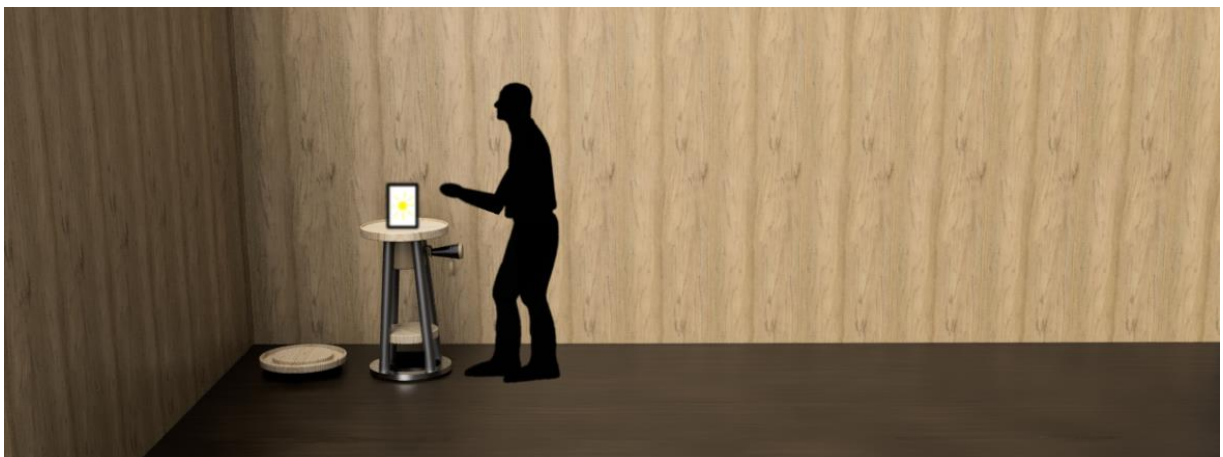
4.1.1 Det endelige konseptet satt inn i gitt miljø



Figur 149 - Det endelige konseptet, satt i gitt miljø. Kilde: eget materiell.



Figur 148 - Det endelige konseptet, med oppløftet armene. Kilde: eget materiell.



Figur 150 - Det endelige konseptet i interaksjon med sekundærbruker. Kilde: eget materiell

Dimensjoner på det endelige konseptet, oppgitt i cm

Tabell 27 - Dimensjoner på det endelige konseptet

Diameter topp- og bunnplate	40,0 cm
Innvendig diameter bunnplate (område for plasseringen av ladeomformereren)	30 cm
Diameter på bein	5,0 cm
Diameter på hylle	27,0 cm
Lengde på bein	65,0 cm
Høyde på stativ m/ hjul	76,2 cm
Høyde på stativ u/ hjul	69,7 cm
Lengde på ledning til ladekontakt	100 cm

Projeksjonstegninger av det endelige konseptet finnes i Vedlegg 16: *Projeksjonstegning av det endelige konseptet*.

4.1.2 Materialvalg på de ulike delkomponentene

Utgangspunktet for valg av materialer på det endelige konseptet baserer seg i hovedsak på møblene til den norske møbelprodusenten *Vestre AS*. Disse satser på bærekraftighet både ved materialer og produksjon. Denne bedriften baserer sitt møblement på en blanding av metall og treverk, og ofte en kombinasjon av aluminium og norsk furu. De tilbyr også tresorter som eik og ask. Ved å benytte seg av nordisk, kortreist treverk og metall, er dette med å på å redusere klimagassutslippene (*Vestre AS*, u.å).

Tabellen under viser de ulike materialene som er mulig å velge mellom på det endelige konseptet. Man kan altså spesifisere og blande materialer etter eget ønske. Disse kombinasjonene vil visualiseres senere i rapporten. Hjul, ledning og ledningsoppruller kjøpes inn fra grossist, og dermed kartlegges ikke disse nærmere i henhold til materialer.

Gripedelen av ladekontakten skal produseres i PBT (Polybutylentereftalat) og skal overflatebehandles med syntetisk gummi. Grunnen til at det ikke skal benyttes naturgummi, er fordi det inneholder proteiner som finnes i lateks, som noen personer kan være allergiske

mot (NHI, 2018). PBT er en slagfast termoplast som blir benyttet i mange elektriske komponenter og husholdsartikler (Helseth, 2021). Dette gir en slitesterk overflate, som samtidig har høy friksjon som sørger for et bedre håndgrep.

Materialpallettet til høyre illustrere tresortene ask øverst til høyre, furu øverst til venstre, eik nederst til venstre og metallet aluminium nederst til høyre.

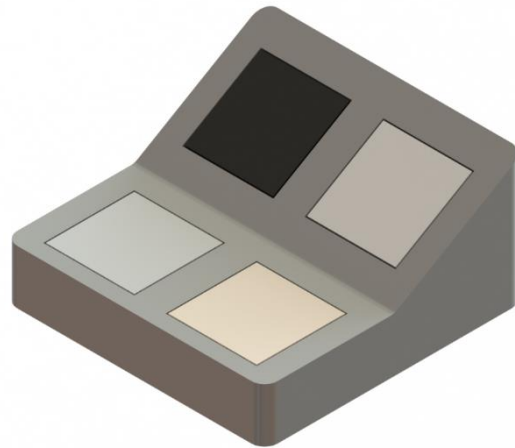


Figur 151 - Materialpallett. Kilde: eget materiell.

4.1.3 Fargevalg

Fargene det endelige konseptet vil tilbys i, er svart, hvit, grå og beige. Det endelige konseptet tilbys også i de naturlige og ubehandlede fargene som materialene har. Som for eksempel mørkebrun ved tresorten ask.

Fargene kan blandes etter personlige preferanser. Det er anbefalt å utføre knappen og ladeplaten i kontrast fra andre delementer, siden dette vil gjøre de mer synlige ved bruk. Nedenfor vises det et bildegalleri hvor farger og materialer er kombinert som forslag til kunden.



Figur 152 - Fargepallett til det endelige konseptet. Kilde: eget materiell.

4.2 Bildegalleri

Furu og aluminium



Figur 153 - Det endelige konseptet i furu og aluminium. Kilde: eget materiell.

Ask og aluminium



Figur 154 - Det endelige konseptet i ask og aluminium. Kilde: eget materiell.

Eik og aluminium



Figur 155 - Det endelige konseptet i eik og aluminium. Kilde: eget materiell.

Treverk

Furu



Figur 158 - Det endelige konseptet, i hel furu. Kilde: eget materiell.

Ask



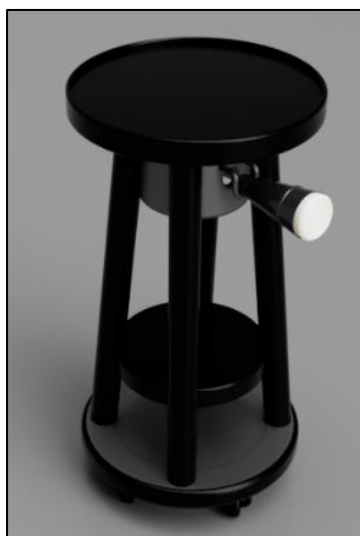
Figur 157 - Det endelige konseptet, i hel ask. Kilde: eget materiell.

Eik



Figur 156 - Det endelige konseptet, i hel eik. Kilde: eget materiell.

Svart



Figur 159 - Det endelige konseptet i svart. Kilde: eget materiell.

Hvit



Figur 160 - Det endelige konseptet i hvit. Kilde: eget materiell.

Grå



Figur 161 - Det endelige konseptet i grå. Kilde: eget materiell.

Bildegalleri av fysisk, utseenderiktig prototype i skala 1:4.



Figur 163 - Utseenderiktig modell av det endelige konseptet 1. Kilde: eget bilde.



Figur 162 Utseenderiktig modell av det endelige konseptet 2. Kilde: eget bilde.



Figur 164 Uteseenderiktig modell ladekontakter ved det endelige konseptet. Kilde: eget bilde.



Figur 165 - Uteseenderiktig modell av det endelige konseptet 3. Kilde: eget bilde.



Figur 166 Utseenderiktig modell av det endelige konseptet 4. Kilde: eget bilde.

5 Analyse/diskusjon

5.1 Gyldighet og pålitelighet

Sigma og sosial bærekraft

I dette prosjektet har det blitt lagt stor vekt på at det endelige konseptet skal blendes inn i valgt miljø og dermed oppfattes helhetlig. Dette vil altså si at det ikke skal se ut som et hjelpemiddel eller et fremmedelement. Det er viktig at ladeløsningen ikke trekker til seg uønsket oppmerksomhet, både når den er i bruk og ellers når den ikke er i bruk. Derfor har det blitt satt mye fokus på estetikk og at det skal ligne på allerede eksisterende møbel.

Gruppen er klar over at et fullverdig estetisk utsende på det endelige konseptet ikke nødvendigvis vil være avgjørende for å overvinne generell stigmatisering og diskriminering. Dette kan allikevel være en bidragsyter for å redusere følelsen av stigma i ulike situasjoner.

Siden det endelige konseptet tar større plass i oppholdsrommene enn dagens ladeløsning, er gruppen klar over at dette kan være en risikofaktor for at brukerne ikke blir tilfredsstillt. Dette kan i verstefall føre til at de ikke ønsker å benytte seg av ladeløsningen i det hele tatt. Derfor har gruppen utarbeidet det endelige konseptet til å være flerfunksjonelt, noe som vil si at det kan unyttes til mer enn bare en lading. I tillegg er det påmontert hjul på ladeløsningen, så om bruker ønsker å plassere den ute av syne er dette en mulighet. Disse løsningene fører til at hver enkelt bruker selv kan velge bruksmåte etter egne oppfattelser, følelser og preferanser.

Differensieringspunktet som skiller det endelige konseptet fra et bord eller pidestall er at ladekontakten stikker utenfor stativet. I idéforeldingsfasen var målet at kontakten i større grad skulle skjules under topplaten på stativet. Etter gjennomføring av brukertesten måtte plasseringen av ladekontakten undersøkes nærmere. Grunnen var fordi det kom tilbakemeldinger på at ladekontakten måtte være mer synlig og at den måtte være enklere å få tak i, slik at tilgjengeligheten ble så stor som mulig.

5.1.1 Designvalg

Et punkt i kravspesifikasjonen, er at estetikken ikke skal komme på bekostning av funksjonalitet og brukervennlighet ved det endelige konseptet. Derfor ble de valgte

funksjonene til deelementene et utgangspunkt, før man senere i prosessen implementerte det estetiske aspektet. Om estetikk og funksjon hadde blitt jobbet med parallelt i større grad gjennom hele prosessen, kunne utfallet blitt annerledes.

Når det kom til utviklingen av det estetiske, ble det gjennomført en spørreundersøkelse som fikk 57 bidrag. Gruppen er klar over at undersøkelsen hadde vært mest optimal om bidragene kom fra primær- og sekundærbrukerne, og ikke generelt mennesker som gruppen møtte «på gata». Det ble tatt en avgjørelse om at estetikk er såpass individuelt at alle mennesker kan svare på dette.

I idégenererings og -foredlingsfasen baserer totalevalueringen av idéene og konseptene seg på sammenligning med kravspesifikasjonen, tilbakemelding fra oppdragsgiver og tre representanter fra brukergruppen. I ettertid ser gruppen at et større spekter av tilbakemeldinger fra flere interessenter hadde vært gunstig for å styre validiteten.

Av personlige grunner ble brukertesting utsatt med en uke, og derfor kom brukertesting og presentasjonene av konseptene meget tett inntil hverandre. På bakgrunn av at oppdragsgiver og brukerne hadde spesifikke ønsker, ble det valgt å utføre en detaljutvikling. Om gruppen ikke hadde støtt på de personlige problemene, kunne presentasjonene av konseptene vært gjort større og mer omfattende.

For mennesker med nedsatt syn, kan riktig valg av fargekontraster gjøre opplevelsen enklere og mer forståelig. I det endelige konseptet gjøres dette ved å utføre ladekontakten i en annen farge enn gripedelen av ladekontakten. Dermed blir innkjøringen mot ladepunktet mer synlig.

Ulike øyesykdommer fører til ulike behov for kontraster. Derfor ønsker ikke gruppen å standardisere fargevalg på ladekontakt og -mottaker. Mennesker som ikke har behov for sterke kontraster, vil kanskje ønske å ha ladekontakten og -mottaker i lik farge som det resterende ved stativet.

5.1.2 Funksjonsvalg

Valg av magnetisme ved til- og frakobling av ladekontakten, baserte seg på inspirasjon fra kartleggingsfasen. Gruppen baserte til- og frakoblingsmåten (vri-mekanisme, motpol-effekt) på egen logisk tenkning og i tillegg til samtaler med kompetente fagpersoner. Dette måtte gjøres fordi det ikke var tilstrekkelig med ekstern forskning rundt fagfeltet.

Av denne grunn, måtte prinsippet testes ut fysisk et stort antall ganger. Det positive med denne forskningen, var at gruppen enkelt kunne ta med testobjekter til oppdragsgiver. På denne måten fikk vedkommende «ta og føle» på mekanismen. Ingen representanter fra brukergruppen fikk testet disse grunnet Covid-19 situasjonen. Dette var noe gruppen kunne ønsket seg for å oppnå en mer inkluderende utviklingsprosess.

Om gruppen hadde funnet ut at magneter var en god løsning for tilkoblingsmåte på et tidligere stadiet i prosjektet, hadde det vært mulig å gjøre nærmere undersøkelser rundt optimale magnetstyrker. Grunnen for at dette ikke lot seg gjøre, var mangelen på tilgang av magneter som var mulig å anskaffe innenfor prosjektets rammer.

Et annet element gruppen tok for seg, var ledningsopprulleren. Her fantes det mye ekstern inspirasjon, både i form av kabeltromler, brannslanger, støvsugere, etc. Planen var å selv utvikle en oppruller, for så å 3d-printe den. Dette ble derimot forkastet, siden tidsforbruket for modellering av denne, ville vært høyere enn nytteverdien. Derfor ble en eksisterende kabeloppruller modifisert og tilpasset. Tanken var at ledningen skulle være meget enkel å trekke ut, men allikevel ha nok kraft til å kunne trekke seg inn igjen på egen hånd. Utfallet av denne modifikasjonen derimot, var at ledningsopprulleren delvis mistet sin funksjon. Gruppen valgte å ikke utføre nærmere forskning rundt dette, siden prinsippet for hvordan den skulle fungert var på plass.

Delelementene ledningsoppruller, hjul, ladekontakt og lademottaker lot seg ikke teste ut som funksjonsriktige elementer under prosjektet. Gruppen ser derfor i senere tid at disse elementene ikke fungerte i samspill med hverandre, og at dette kunne redusere opplevelsen rundt brukertesting. Man kunne allikevel si at det ga det en god indikasjon rundt hvordan et eventuelt samspill ville ha fungert ved å vise prinsippene.

5.2 Vurderinger

Innledningsvis i prosjektet, kom gruppen opp med fem delproblemstillinger. Disse har vært et hjelpemiddel for å veilede gruppen mot oppfyllelse av prosjektets satte mål. For å evaluere hvorvidt gruppen har nådd disse målene, ble delproblemstillingene besvart. Den komplette besvarelsen ligger i Vedlegg 17: *Svar på delproblemstillinger*. Grunnen for at disse har blitt lagt i vedlegg, er fordi svarene overlapper i stor grad svarene på det endelige konseptet satt

opp mot kravspesifikasjonen. Dette blir naturlig, siden kravspesifikasjonen delvis baserer seg på disse delproblemstillingene.

5.2.1 Kravspesifikasjon

Her blir det endelige konseptet sammenlignet opp mot kravspesifikasjonen innen kategoriene funksjon, design, sikkerhet, ergonomi/brukervennlighet og klima og miljø.

Funksjon

I kravspesifikasjonen ble det stilt funksjonelle krav om at det endelige konseptet skal gjøre bruken enklere for både primær- og sekundærbrukere. Det endelige konseptet har lagt stor vekt på fleksibilitet som blant annet plassering av ladekontakt, ulike til- og frakoblingsmåter, mobilitet og flerfunksjonalitet. Det endelige konseptet skal også kunne tilpasses alle elektriske rullestoler med kontrollpanel uten at dette krever omfattende modifikasjoner. Ladepunktet på det endelige konseptet kobles til allerede eksisterende ladeinntak ved hjelp av en overgang.

Ladekontakten skal kunne opereres med minimal bruk av muskelkraft og skal ikke være mulig å plugge i feil. Det endelige konseptet er tilrettelagt for mennesker med nedsatt håndfunksjon ved at man minimerer nødvendigheten av å flytte hendene fra kontrollpanelet. Dette krever dog at rullestolen er justert i riktig høyde i forhold til stativet og at man klarer å kjøre nærme nok inntil lademottakeren. De implementerte magnetene i ladepunktene er med på å gjøre denne prosessen mulig, ved at kontaktpunktene trekkes mot hverandre. Brukere med større styrke og mobilitet i hender trenger ikke å kjøre like presist, da de kan hjelpe kontakten slik at den «smetter» på plass.

Design

Det ble stilt krav til at designet skulle være tilpasset hjemmet til brukeren. Dette for at det endelige konseptet ikke skulle framstå stigmatiserende og som et fremmedelement. Det var også krav til at uttrykket skulle være helhetlig og intuitivt, med fargekontraster på interaktive deler. Det endelige konseptet inneholder et repeterende uttrykk hvor blant annet toppplate, hylle og «hjulvogn» har lik tykkelse. For mennesker med nedsatt syn, er bruk av sterkere kontrastfarger på interaktive deler gunstig. Dette er noe hver enkelt bruker må kunne bestemme selv etter egne preferanser og behov, men det kunne igjen fått negative konsekvenser for det helhetlige inntrykket.

Sikkerhet

Sikkerhet er tatt med som et eget punkt i kravspesifikasjonen fordi det er flere risikomomenter rundt strømførende produkter og at konsekvensene for brukerne i dette tilfellet kan bli store. Kravene som ble satt opp var blant annet å sikre god ventilasjon rundt laderen, godt dimensjonerte kabler og god kontakt i koblinger. Laderen er ment å ligge på basen av stativet. Dette gir like god ventilasjon som om den hadde ligget på gulvet eller på et møbel. Ved å løfte denne opp fra gulvet unngår man også at den tiltrekker like mye støv. I koblingspunktene er det benyttet originale XLR-kontakter som sørger for at det ikke kreves modifikasjoner på rullestolen eller laderen. I det egenutviklede kontaktpunktet er det tatt hensyn til å skjerme omgivelsene med isolerende materiale. Selve kontaktringene har en stor og god kontaktflate med klaring innerst på hver ring som gjør at smuss ikke legger seg imellom området der ringene har kontakt.

En bekymring er at metallet skal utvikle et belegg i kontakt med omgivelsene som kan skape dårlig kontakt og varmgang. Dette motvirkes så godt som mulig ved å bruke en legering som ikke oksiderer lett. Tanken er også at friksjon fra vridning av kontakten skal skrape av eventuelt belegg på overflaten. Dette har ikke gruppen fått mulighet til å teste ut, grunnet testen ville vedvart over en lang tidsperiode som hadde overgått prosjektets rammer.

Det ble også satt som krav at det endelige konseptet ikke skal endre tyngdepunktet på rullestolen, eller ha komponenter som stikker utenfor rullestolens ytterpunkter.

Lademottakeren på rullestolen er derfor så kompakt som mulig og kan plasseres på ønsket sted etter brukerens egne preferanser. Det vil da si at det er mulighet for at lademottakeren kan havne utenfor rullestolens ytterpunkter, men dette er et kompromiss som må gjøres hvis nødvendig. Den vinklede XLR-kontakten som skal stå i rullestolens originale ladeinntak sørger for å minimere faren for skader ved sammenstøt.

Ergonomi/Brukervennlighet

Etter råd fra fysioterapeuter er det endelige konseptet utviklet for å tillate flere typer grep fra ulike håndstørrelser. Det finnes derimot funksjonsnedsettelse som ikke tillater manuell bruk av ladekontakten. Brukere i denne gruppen må benytte seg av presisjonskjøring inn mot ladekontakten for å unngå manuell interaksjon.

Det er ikke gjennomført tester som kan bekrefte at det endelige konseptet er mindre tidkrevende i bruk enn dagens ladeløsning. Basert på intervjuer, samtaler med oppdragsgiver og egne forsøk vil den økte synligheten og friheten rundt orientering av ladekontakten, samt

at den henger tilgjengelig i riktig høyde, føre til en raskere og smidigere til- og frakoblingsprosess for de som er i stand til å benytte seg av dagens ladeløsning. For de som ikke er i stand til å bruke dagens ladeløsning, er det uansett en forbedring om de bruker litt tid på presisjonskjøring.

Klima og miljø

Et nødvendig krav for det endelige konseptet, var at den var minst like energieffektiv som dagens løsning. Et eksempel på en forkastet forslag til løsning, var induksjonslading. Én av grunnene for forkastelse denne ladeteknologien har lavere virkningsgrad enn kablet lading. Dette hadde ikke utgjort noen ekstreme mengder strøm på hver enkelt rullestol, men om dette ble standarden kunne det totale energitapet på verdensbasis blitt vesentlig. Dette er blant annet en bekymring når det kommer til trådløs lading av biler og smarttelefoner. Det er derfor ønskelig at induksjonslading kun benyttes der dette er nødvendig. Det endelige konseptet utfyller dette kravet ved at det ikke utgjør forskjell i strømforbruk kontra dagens ladeløsning.

Når det gjelder materialer er det tatt hensyn til allergier, kvalitet og gjenbruk. Det endelige konseptet kan blant annet bestå av treverk og aluminium. Lokalt treverk i dette omfanget er biologisk nedbrytbart og har et minimalt klimaavtrykk. Aluminium produseres også i Norge. Selv om dette materialet krever mye energi å utvinne, kan det enkelt sorteres og smeltes om til nye produktet. Dette har i prosjektet blitt basert på inspirasjon innhentet fra den norske møbelprodusenten *Vestre AS*, som har et stort fokus på bærekraftig produksjon og materialbruk.

Komponentene som skal kjøpes inn ferdig fra grossist, har ikke gruppen kjennskap til om er bærekraftige eller ikke. Disse er ledningsopprulleren, ledninger, XLR-kontakter og hjul. Den spesialutviklede kontakten vil være produsert i PBT (Polybutylentereftalat) og skal overflatebehandles med syntetisk gummi. Dette er vanskelig å gjøre noe med, da disse materialene har spesielle egenskaper som er nødvendige for komponentenes funksjonalitet og sikkerhet.

Det ble tidligere i prosjektet utført en bærekraftsanalyse ved hjelp av *Solidworks sustainability tools*, som benytter seg av CML-metoden utviklet av universitetet i Leiden (CML - Department of Industrial Ecology, 2016). Tanken var at gruppen skulle benytte seg av denne for å øke validiteten av svarene på kravspesifikasjonen. Det viste seg derimot at det ble vanskelig å få konkrete og nøyaktige svar ut av dette verktøyet. Et eksempel er produksjonsland, der det ikke var mulig å snevre seg nærmere inn enn Europa.

5.2.2 SWOT-analyse

En SWOT-analyse blir benyttet for å belyse styrker, svakheter, muligheter og trusler rundt det endelige konseptet. Styrker og svakheter er interne blant det endelige konseptet (produktet), mens muligheter og trusler er eksterne og blir satt opp mot markedet (Lerdahl, 2007).

Tabell 28 - SWOT-analyse på det endelige konseptet

Styrker	Svakheter
<ul style="list-style-type: none"> • Gir brukere bedre tilgang for ladekontakt • Magnettilkobling gjør til- og frakoblingen enklere, både med og uten fysisk interaksjon • Det endelige konseptet fungerer på alle ladere og rullestoler som benytter XLR • Plassering av lademottaker på rullestolen kan tilpasses brukerens egne preferanser • Brukeren kan tilpasse designet til å passe eget hjem • Det endelige konseptet er flerfunksjonelt og mobilt • Er tilpasset flere ulike ladeomformere 	<ul style="list-style-type: none"> • Tar større plass enn dagens ladeløsning • Kan være krav for noe presisjonskjøring • Er kun beregnet til innendørs bruk • Stativet er stort og tungt å frakte med seg hvis brukeren skulle ønske å gjøre dette • Potensiale for at det mekaniske ved ledningsoppnulleren kan feile • Ikke sammenleggbar
Muligheter	Trusler
<ul style="list-style-type: none"> • Løsningen kan tilpasses flere rullestoler og rullestoltyper • Samarbeid med hjelpemiddelsentralen kan få produktet ut på markedet • Relativt stort marked med få eller ingen konkurrenter • Det endelige konseptet kan videreutvikles med mer automatisering etter behov • Kan utvikles til å bli enda i enda større grad flerfunksjonelt 	<ul style="list-style-type: none"> • Mer brukervennlige løsninger som kommer ferdig integrert på rullestolen, fra produsent • Trådløs ladeteknologi kan utkonkurrere det endelige konseptet i funksjonalitet • Produktets kostnad kan overgå nytteverdien hos mange brukere, som da fører til unødvendige kostnader for NAV • Brukergruppen som er mest avhengig av en ny og forbedret ladeløsning, har som oftest personlig assistent som løser flere oppgaver

5.2.3 FMEA (Failure mode and effects analysis)

For å analysere eventuelle risikoer ved det endelige konseptet, og effektene disse risikoene kan ha, har gruppen utført en FMEA (Failure mode and effects analysis). Det henvises her til Vedlegg 18: *FMEA-skjema* for å se analysen i sin helhet.

5.3 Gjennomførbarheten av prosjektet

I løpet av prosjektet har situasjonen med Covid-19 hindret arbeidsprosessens fremgang og gjennomførbarhet. MANULAB ble stengt i 14 dager (01.04.21-14.04.21) grunnet økt smittetrykk. Dyrebare tid i forbindelse med utvikling og fysisk testing gikk her tapt. Gruppen løste denne situasjonen med å i stedet disponere tiden til annet arbeid som ikke krevde tilstedeværelse i MANULAB. Den samme situasjonen førte også til at det ikke ble gjennomført en inkluderende designprosess i så stor grad som ønsket. Tiltak som ble igangsatt, var digital brukertest.

En annen faktor som påvirket gjennomførbarheten, var tilgangen på materialer. Som nevnt tidligere, hadde ikke gruppen tilstrekkelige magneter og heller ikke en riktig tilpasset ledningsoppruller. Gruppen fikk likevel undersøkt prinsippene og måtte se seg fornøyde med dette.

5.4 Videre forskning

Nedenfor er det listet opp ulike punkter som burde forskes nærmere på før man eventuelt skulle satt det endelige konseptet ut i produksjon.

- Riktig tiltrekningskraft på magnetene, og videre undersøke hvor nærme man er avhengig av å kjøre inntil stativet med de riktige og optimale magnetene
- Riktig inntrekkingskraft på ledningsopprulleren
- Riktig friksjon på hjulene
- Enda større grad av flerfunksjonalitet på stativ (f.eks. bord som kan dras over rullestolbrukeren, ladepunkt for pustemaskin, etc.)
- Taktilitet på knapp for låsemekanisme ved ledningsopprulleren

- Etter avtale med oppdragsgiver vil det ikke bli fokusert på støpseldelen av lader, altså delen som skal i stikkontakten. Hovedgrunnen til dette er fordi det er mange brukere som ikke tar laderen ut av veggen før og etter lading av rullestolen (Hansen, A, Personlig kommunikasjon, 09.02.2021). Dette bør forskes på ved en eventuell produksjon.
- Eventuell implementering av lys og lyd
- Kartlegge produksjonskostnader ved det endelige konsept
- Utført en livssyklusanalyse av det endelige konseptet

6. Konklusjon

I starten av prosjekt ble det utformet en problemstilling. Denne var som følger:

«Hvordan forbedre dagens ladeløsning på elektrisk rullestol i brukernes hjem, med fokus på brukervennlighet for alle som har utfordringer med til- og frakobling av ladekontakt?»

I prosjektet har det blitt utarbeidet et endelig konsept som har blitt visualisert både igjennom en utseenderiktig - og funksjonsriktig modell. Den funksjonsriktige modellen skulle være med på å besvare problemene rundt det funksjonelle med til og fra-kobling av ladekontakten. Denne modellen fungerte ikke optimalt, siden ledningsopprolleren og kraften fra magnetene ikke utførte den tiltenkte oppgaven helt som ønsket. Dette ga allikevel et innblikk i prinsippet for hvordan ladeløsningen kunne fungert hvis alle aspekter var på plass.

Den utseenderiktige modellen ga et innblikk i hvordan det endelige konseptet hadde sett ut estetisk, 3D-printet i skaleringen 1:4. Prosjektets utfall, var et konsept som forenkler ladeprosessen for mennesker som benytter seg av elektriske rullestoler, og det er spesifikt rettet mot til- og frakobling av ladekontakt. Dette vil altså si at resultatmålene i prosjektet har blitt oppfylt. Effektene som var ønsket å få ut av det endelige konseptet, var:

- Det endelige konseptet skal kunne gi økt selvstendighet for primærbrukere.
- Det endelige konseptet skal være fleksibelt i bruk slik at sekundærbrukere enklere kan bistå i ladeprosessen ved behov.
- Det endelige konseptet skal ikke være stigmatiserende for noen mennesker.
- Det endelige konseptet skal redusere belastningen hos omsorgssektoren.

Det er vanskelig å kommentere om det endelige konseptet ville oppfylle effektmålene. Det har blitt vektlagt stor grad av brukervennlighet for et vidt spekter av preferanser for alle mennesker som er inkludert i ladeprosessen. Siden det endelige konseptet ikke har blitt utprøvd av brukere over lengre tid, blir det vanskelig å svare på om ladeløsningen faktisk gir økt selvstendighet for primærbrukerne, og enklere bruk for sekundærbrukere. Det endelige konseptet vil mest sannsynlig redusere eller nøytralisere stigmatiseringen rundt lading av elektriske rullestoler. Grunnlaget for å anta dette, er at det endelige konseptet er flerfunksjonelt og har et utseende basert på et møbel. Dermed går det i ett med miljøet det skal plasseres i. Det blir vanskelig å gi en konklusjon rundt stigmatisering. Opplevelser rundt tematikken er meget individuelle, og derfor er man avhengig av å teste det endelige konseptet på brukere over lengre tid. Slik vil gruppen få innsikt og synspunkter fra brukerens perspektiv. Når det kommer til å redusere belastningen hos omsorgssektoren, blir dette en bi-effekt av større grad av selvstendighet for brukerne. Det vil altså si, at man er avhengig av at andre effektmål blir oppfylt før man kan se resultater innenfor dette effektmålet, og videre se den økonomiske gevinsten for omsorgssektoren.

Det endelige konseptet gir muligheter for videre utvikling av det tekniske aspektet rundt ladeløsningen. Dette vil si at det er mulighet for at mennesker med nødvendig kompetanse skal kunne utvikle et velfungerende og fullverdig produkt. Delelementene må modifiseres til å være tilpasset hverandre, siden disse påvirker hverandres funksjonalitet.

Til tross for at prosjektet ikke førte til et fungerende konsept, er det likevel et tiltak for helsefremming ved å inkludere alle som har utfordringer med til- og frakobling med allerede eksisterende ladeløsning.

7. Kildeliste

A comparison of magnetic materials- at a glance (u.å.) Tilgjengelig fra: [A Comparison Of Magnetic Materials At A Glance | First4magnets.com](#) (Hentet: 21.03.2021).

Apple (2020) *Slik lader du iPhone trådløs*. Tilgjengelig fra: <https://support.apple.com/no-no/HT208078> (Hentet: 04.03.2021).

Apple (u.å) *Apple 45W MagSafe 2 Power Adapter for MacBook Air*. Tilgjengelig fra: <https://www.apple.com/shop/product/MD592LL/A/apple-45w-magsafe-2-power-adapter-for-macbook-air> (Hentet: 04.03.2021).

Baune, R (2014) *Vektstenger*. Tilgjengelig fra: <https://www.naturfag.no/artikkel/vis.html?tid=2097552> (Hentet:01.05.2021).

Clasohlson (u.å) *Ladestasjon Worx Landroid*. Tilgjengelig fra: https://www.clasohlson.com/no/Ladestasjon-Worx-Landroid/p/51-1853?utm_source=google&utm_medium=organic&utm_campaign=google%20surfaces&gclid=CjwKCAjw7J6EBhBDEiwA5UUM2o860F_5MzKPoXgFJldvz6JJPlibMdkK7ObInYK_oZNFkMQ2YWEbHRoC_0UQAvD_BwE (Hentet: 04.03.2021).

CML - Department of Industrial Ecology (2016) *CML-IA Characterisation Factors*. Tilgjengelig fra: <https://www.universiteitleiden.nl/en/research/research-output/science/cml-ia-characterisation-factors> (Hentet 14.05.2016).

Eikhaug, O. (2020) *Innovating with people*. Utgiver: Design and Architecture Norway.

FN (2019) *Klimaendringer*. Tilgjengelig fra: <https://www.fn.no/tema/klima-og-miljoe/klimaendringer>. (Hentet: 09.05.2021).

FN-sambandet (2019) *Bærekraftig utvikling*. Tilgjengelig fra: [Bærekraftig utvikling \(fn.no\)](#) (Hentet: 20.04.21).

FN-sambandet (2020) *FNs bærekraftsmål*. Tilgjengelig fra: <https://www.fn.no/om-fn/fns-baerekraftsmaal> (Hentet: 20.04.21)

Forbrukerrådet (u.å) *Grunn til å klage?* Tilgjengelig fra: <https://www.forbrukerradet.no/forside/feil-ved-vare/> (Hentet: 15.03.2021).

Forskrift om formål og ansvar (1997) *Forskrift om hjelpemiddelsentralenes virksomhet og ansvar*. Tilgjengelig fra: [Forskrift om hjelpemiddelsentralenes virksomhet og ansvar - Lovdata](#) (Hentet: 13.02.21).

Full kontroll på ladingen (2020) Tilgjengelig fra: [Full kontroll på ladingen | Onn:time \(onnitime.no\)](#) (Hentet: 12.03.2021).

Grøn, Ø. (2020). *Induksjonlader*. Tilgjengelig fra: <https://snl.no/induksjonslader> (Hentet: 04.03.2021).

Grøndalen, Ø. (2002) *Materiallære*. 1. Utgave. Utgiver: Fagbokforlaget

Gundersen, A., Kjærsmo, D. og Reinhardttsen, B. (1998) *En enkel fargelære*. 4.utg., bokmål. utg. Oslo: Universitetsforl.

Halvorsen, K. (2014) *Å forske på samfunnet*. 5. utg, Oslo: J.W. Cappelen Forlag AS

Hansen, K.F (2020) *Den industrielle revolusjon*. Tilgjengelig fra: https://snl.no/den_industrielle_revolusjon (Hentet: 9.5.2021).

Husqvarna (2020) *THE AUTOMOWER® INNOVATION STORY*. Tilgjengelig fra: [The Automower® innovation story \(husqvarna.com\)](#) (Hentet: 12.03.21).

Høyte, F. (2020) elektrisk isolasjon, *Store Norske leksikon*. Tilgjengelig fra: https://snl.no/elektrisk_isolasjon (Hentet: 05.03.2020).

Japanphoto (u.å) *Nikon MH-63 lader for EN-EL10*. Tilgjengelig fra: <https://www.japanphoto.no/produkt/nikon-mh-63-lader-for-en-el10> (Hentet: 04.03.2021).

kontorleverandøren (u.å.) *Om oss*. Tilgjengelig fra: [Om oss - KONTORLEVERANDØREN GJØVIK AS](#) (Hentet: 15.04.2021).

Krajewski, L. Malhotra, N. Ritzman, L. (2018). *Operations Management: Processes and Supply Chains*. Utgave – 12. Sted: Ukjent sted. Utgiver: Pearson Education Limited.

Lerdahl, E. (2017) *Nyskapning*. 1.utgave. Oslo: Gyldendal Norsk Forlag AS.

Lerdahl, E.(2007) *Slagkraft*:6 utg. Oslo: Gyldendal.

Lid, I.M. (2018) *Universell utforming. Verdigrunnlag, kunnskap og praksis*. 1. utgave. Oslo: Cappelen Damm Akademisk

Likestillings- og diskrimineringsloven (2020) *Lov om likestilling og forbud mot diskriminering*. Tilgjengelig fra: [Lov om likestilling og forbud mot diskriminering \(likestillings- og diskrimineringsloven\) - Lovdata](#) (Hentet: 20.04.21).

Mehl Eide, R.E. Hoegh Matre, K. 2014. Ergonomi i hender. Tilgjengelig fra: <https://helse-bergen.no/seksjon/ergoterapiavdelingen/Documents/Ergonomi%20for%20hender.pdf>. (Hentet: 04.04.2021)

Moser, I. (2019) *Velferdsteknologi*. 1.utgave. Oslo: Cappelen Damm AS.

NAV. 2015. Elektriske rullestoler, En veiledning i formidling av elektriske rullestoler. Tilgjengelig fra: <https://www.kunnskapsbanken.net/wp-content/uploads/2017/09/Elektriske-rullestoler-151201.pdf>. (Hentet: 10.05.2021).

NHI (2018) *Lateksallergi*. Tilgjengelig fra: <https://nhi.no/sykdommer/allergi/hudallergi/lateksallergi/> (Hentet: 15.05.2021).

Nicolaisen, T.E. (2019) Fagintroduksjon, *Tek 2111 produksjonsmetoder*. Tilgjengelig fra: https://ntnu.blackboard.com/ultra/courses/_14634_1/cl/outline

Nicolaisen, T.E. 2019. Sammenføyende bearbeidingsprosesser. *TEK 2116*



Produksjonsmetoder. Tilgjengelig fra: F06 Sammenføyende bearbeidingsprosesser (Hentet: 11.05.2021).

NTNU (2020) *TEP4223 - Livssyklusanalyse*. Tilgjengelig fra: <https://www.ntnu.no/studier/emner/TEP4223/2020#tab=omEmnet> (Hentet: 11.5.2021).

Paulsen T.M, Bostad. T (2020) *Hva er etikk?* Tilgjengelig fra: <https://ndla.no/subject:24/topic:1:183717/topic:1:183520/resource:1:24486?filters=urn:filter:113986bb-9b00-42dc-b1ff-0b9a352369f4> (Hentet: 04.02.2021).

Performance (u.å.) Tilgjengelig fra: [Questions about magnets answered | First4magnets.com](#) (Hentet: 21.04.2021).

Polar (u.å) *Batteri*. Tilgjengelig fra: https://support.polar.com/e_manuals/ignite/polar-ignite-user-manual-norsk/content/batteries.htm (Hentet: 04.03.2021).

Riskedal Staurland, H, M. Dahl, Ø. Sporaland, G. Nevby, A. (2020) *Persepsjon*. Tilgjengelig fra: <https://ndla.no/nb/subject:7509b507-548d-48e1-bef3-a06758e4820c/topic:8abaed18-4dba-4c83-9d55-211b14624305/resource:6cb4a0eb-f364-4129-ae1c->

c6fa0f7fec33?filters=urn:filter:3381e296-04d5-4a3e-8a50-49eef8e56a15 (Hentet: 29.03.2021).

Roen, S (2021) *Ulike bilder av F-35 som tanker i lufta*. Tilgjengelig fra: <https://www.forsvaret.no/aktuelt-og-presse/aktuelt/unike-bilder-av-f-35-som-tanker-i-lufta> (Hentet: 04.03.2021).

SCOTCH 3M EXTREME BORRELÅS RF6730 2 PAR MED 2 STRIPS 25MMX75MM, 5KG (u.å) Tilgjengelig fra: <https://www.jernia.no/oppussing-og-vedlikehold/maling-og-oppussing/maleredskap/borrel%C3%A5s/scotch-3m-extreme-borrel%C3%A5s-rf6730-2-par-med-2-strips-25mmx75mm%2C-5kg/p/58014576> (Hentet: 03.05.2021).

Sikker Hverdag (2020) *HVA GJØR DU HVIS DU FÅR STRØM?* Tilgjengelig fra: <https://www.sikkerhverdag.no/strom/gjor-det-selv/hva-gjor-du-hvis-du-far-strom/> (Hentet: 04.03.2021).

Sikker Hverdag (2020) *UNNGÅ BRANN I ELEKTRISKE APPARATER*. Tilgjengelig fra: <https://www.sikkerhverdag.no/strom/el-produkter/unnga-brann-i-elektriske-apparater/> (Hentet: 04.03.2021).

Slangetrommel (u.å.) Tilgjengelig fra: [Grouw Slangetrommel auto 20 m | Felleskjøpet.no](http://Grouw.Slangetrommel.auto.20.m|Felleskjopet.no) (felleskjopet.no) (Hentet: 20.03.2021).

Sporaland, G. I, Fivelstad, I, Myhr, R (2021) *Ittens sju fargekontraster*. Tilgjengelig fra: <https://ndla.no/nb/subject:1/topic:1:172416/topic:1:186407/resource:aa20ceec-9681-4910-8cd8-4827d433c675?filters=urn:filter:980866f7-3bf5-429c-ba7a-f91a6cb37f9f> URL (Hentet: 11.05.2021).

Tesa dobbeltheftende monteringssteip, sterk (u.å) Tilgjengelig fra: https://www.clasohlson.com/no/Tesa-doppeltheftende-monteringssteip,-sterk/p/41-6012?utm_source=google&utm_medium=organic&utm_campaign=google%20surfaces&gclid=Cj0KCQjwp86EBhD7ARIsAFkgakgIwU0lKWpinRdYkBGKLQPj7DpzpuedF7XeHtmv0Rji_XcubJ6LY8aAuS5EALw_wcB (Hentet: 03.05.2021).

trykkluftteknikk (u.å.) *Branntrommel*. Tilgjengelig fra: <https://www.tbtrykkluftteknikk.no/produkt/branntrommel/> (Hentet: 05.05.2021).

UIO (u.å.) *Bevegelighet og muskelstyrke*. Tilgjengelig fra: <https://studmed.uio.no/elaring/fag/ortopedi/hand/bevegelighet.html> (Hentet: 21.04.2021).

Universell utforming AS. 2014. Kartlegging av rullestoler og rullatorer i forbindelse med revisjon av Byggteknisk forskrift – TEK10. Tilgjengelig fra:

[boligprodusentene_underlagsrapport_fra_universell_utforming_as.pdf \(regjeringen.no\)](#).

(Hentet: 03.03.21).

Vaes, K. (2014) *Product Stigmaticity: Understanding, Measuring and Managing Product-Related Stigma*. Delft Academic Press (VSSD Uitgeverij). Tilgjengelig fra:

<http://resolver.tudelft.nl/uuid:f8471a93-0a6e-42c2-96e4-162984ddf84c> (Hentet: 20.04.2021).

Valmot, R,O (2016) Nå skal elbusser få en egen standard for ladning, *TU*. Tilgjengelig fra:

<https://www.tu.no/artikler/na-skal-elbusser-fa-en-egen-standard-for-lading/345574> (Hentet:

04.03.2021).

Vavik, T. og Øritsland, A. T. (1997) *Menneskelig aspekter i design*. 1. utg. Trondheim: IPD, NTNU.

Vestre (u.å) *Bygg industri for fremtiden*. Tilgjengelig fra: [https://vestre.com/no/om-](https://vestre.com/no/om-vestre/bygg-industri-for-fremtiden)

[vestre/bygg-industri-for-fremtiden](https://vestre.com/no/om-vestre/bygg-industri-for-fremtiden) (Hentet: 12.05.2021).

Wessel, J (2012) *Teknisk kravspesifikasjon*. Tilgjengelig fra: [https://innsida.ntnu.no/wiki/-](https://innsida.ntnu.no/wiki/-/wiki/Norsk/Teknisk+kravspesifikasjon)

[/wiki/Norsk/Teknisk+kravspesifikasjon](https://innsida.ntnu.no/wiki/-/wiki/Norsk/Teknisk+kravspesifikasjon)) (Hentet: 20.03.2021).

Wiisbye Kallshøj, O. (2014) *Bruksanvisning batterilader*. Sted: Dam Enge 30 DK-3660

Stenløse Denmark. Utgiver: J.K.Medico ApS.

Yang, Z, Wei, W, Gao, G, Wu, G. (2019) *The Electrical Contact of the Pantograph-Catenary System: Theory and Application*. Utgave – 1. Singapore: Springer Singapore: Imprint:

Springer.

8. Vedlegg

Vedlegg 1: *Angrepsmåte av prosjektet*.

Vedlegg 2: *Omformer og batteri*.

Vedlegg 3: *Universell utforming*.

Vedlegg 4: *Ittens syv fargekontraster*.

Vedlegg 5: *Verdidimensjonsfiguren*.

- Vedlegg 6: *Resultat av spørreundersøkelser.*
- Vedlegg 7: *Intervjuer med representanter fra brukergruppen.*
- Vedlegg 8: *Trådløs lading – Induksjon.*
- Vedlegg 9: *Skisser av idéer og løsninger.*
- Vedlegg 10: *Kostnader i prosjektet.*
- Vedlegg 11: *Forkastede funksjonsløsninger.*
- Vedlegg 12: *Konseptene satt opp mot kravspesifikasjon.*
- Vedlegg 13: *Egenskaper ved materialklasser.*
- Vedlegg 14: *Bærekraftsanalyse*
- Vedlegg 15: *Forslag til produksjonsmetode av komponenter.*
- Vedlegg 16: *Projeksjonstegning av det endelige konseptet.*
- Vedlegg 17: *Svar på delproblemstillinger*
- Vedlegg 18: *FMEA-skjema*
- Vedlegg 19: *Video av magnettilkobling ved inn- og frakobling*

