



Dokumentasjon

Gruppe 12

23.05.2019

Sandra Aakervik

Vegard Jørgensen

Christopher Furøy

Anders Værås

Nils Kristian Hillier

William S. Grønning

[DOKUMENTASJON]



Abstrakt

Hensikten med denne oppgaven er å lage en digitaliseringsenhet for klatretak. Den pålagte oppgaven er gitt av Bolder Technology AS, og er tatt ut fra et patent skrevet og eid av Eirik Skjærseth. Det er i rapporten forklart hvilke krav og mål som er satt rundt oppgaven, og hvordan gruppen går frem for å løse disse utfordringene, eller hvorfor utfordringene eventuelt ikke kunne løses. På den administrative siden er arbeidsmodell, individuelt arbeid og rapporter dokumentert, både for intern veileder sin skyld, og slik at Bolder Technology AS skal kunne overta oppgaven når semesteret er over.

Spesielle Anerkjennelser

Bachelorgruppe 8, Argos, 2018

Spesiell takk til Andreas Holm, Fredrik Kåsin, Henrik Gjestvang, Magnus Muri, Steffen Nielsen og Vedbjørn Tunold. Dokumentasjonen til «Get a Grip» er inspirert og modellert etter deres prosjekt i 2018.

Bolder Technology AS

Spesiell takk til Eirik Skjærseth, Gian Kolbjørnsen og Roald Wikene for deres veiledning og hjelp under utvikling og utførelse av dette prosjektet.

Didrik Berntsen v/ Electronics and Energy Solutions AS

Takk til Didrik Berntsen for hjelp med valg, beregninger og donasjoner av batterier.

Zainab Hamad v/ Bachelorgruppe 1

Spesiell takk til Zainab Hamad med hjelp og opplæring på bruk av strekkklapper, og hvordan strekkklapper kan festes på best vis.

Martin Sælebakke v/ Apple Spesialisten AS Kongsberg

Spesiell takk til Martin Sælebakke ved Apple Spesialisten AS Kongsberg for hjelp med lodding av «Get a Grip» sine komponenter og opplæring rundt dette.

Terje Høyland v/ Arrow Electronics Inc.

Spesiell takk til Terje Høyland for rådføring i bruk av sensorer til prosjektets enhet, samt gaver i form av sensorer som kunne være aktuelle for gruppen.

Innholdsfortegnelse

ABSTRAKT	3
SPESIELLE ANERKJENNELSER	4
INNHOLDSFORTEGNELSE	5
1 DOKUMENTOVERSIKT	15
1.1 DOKUMENTHISTORIE	16
1.2 FIGURLISTE	17
1.3 TABELLER	20
1.4 GRUPPEOVERSIKT	21
1.5 SENSORER OG VEILEDERE	23
INTERN VEILEDER	23
INTERN SENSOR	23
EKSTERN VEILEDER OG SENSOR	23
2 PROSJEKTVISJON	25
2.1 BESKRIVELSE AV OPPGAVEN	26
2.1.1 DIGITALISERINGSENHET FOR KLATRETAK	26
2.1.2 PROSJEKTBEKRIVELSE	27
2.1.3 OMFANG	27
2.1.4 MÅL	28

2.2 AKTØRER	28
2.2.1 AKTØRKRAV.....	29
2.3 EKSISTERENDE PRODUKTER PÅ MARKEDET.....	30
2.4 PROSJEKTETS VISJON.....	31
3 PROSESSMODELL.....	33
3.1 INTRODUKSJON	34
3.2 KANBAN METODIKK	34
3.2.1 HVORFOR KANBAN?.....	34
3.3 KANBAN-VERKTØY	35
3.3.1 GANTT-DIAGRAM	35
3.3.2 GRUPPEMØTER.....	36
3.3.3 RETROSPEKTIVE MØTER	36
3.3.4 TIMELISTER OG ARBEIDSLOGG	37
3.3.5 TILGJENGELIGHETSSKJEMA	38
4 KRAV OG TESTER	39
4.1 BASISKRAV	40
4.2 KRAV-ORGANISERING	40
4.3 TEST-ORGANISERING.....	42
5 PROSJEKTPLAN	43
5.1 PROSJEKTPLAN BESKRIVELSE.....	44

5.2 LØSNING	49
5.2.1 PLANLEGGING	49
5.2.1.1 LED-STRIPS.....	51
5.2.1.2 BATTERIOPPGRADERING	52
5.2.1.3 POTENSIELLE BATTERITYPER	52
5.2.1.4 STREKKLAPPER	53
5.2.1.5 BLUETOOTH.....	55
5.2.1.6 FJÆR SOM MOTKRAFT	56
5.2.1.7 OPPGRADERING AV CASING	58
5.2.1.8 OPPGRADERING AV TESTVEGG.....	59
5.2.1.9 PRODUKSJON.....	59
5.3 BUDSJETTERING	61
6 TEKNISK	63
6.1 TEKNISK – MASKIN	64
6.1.1 DYNAMISK DESIGN	64
6.1.1.2 BRUKERVENNLIGHET.....	65
6.1.1.3 ROBUSTHET.....	65
6.1.1.4 SIKKERHET.....	66
6.1.1.5 LØNNSOMHET.....	66
6.1.2 KONSEPTUTVIKLING	66
6.1.2.2 OVERBLIKK	67
6.1.2.3 IMPLEMENTASJON AV DYNAMISK DESIGN	68
6.1.2.4 TRE BÆRESØYLER.....	68
6.1.1.5 OPPSUMMERING OG KONKLUSJON	75
6.1.3 PRODUKTETS FREMTID	76
6.1.3.1 MATERIALVALG	76
6.1.3.2 PRODUKSJONSMETODE	80
6.1.3.3 SPRØYTESTØPING	81
6.1.3.4 UTKASTVINKEL	84

6.1.3.5 KONKLUSJON	94
6.2 TEKNISK - ELEKTRO	96
6.2.1 MIKROKONTROLLERE	97
6.2.1.1 ARDUINO NANO	98
6.2.2 SENSORER	101
6.2.2.1 TRYKKESENSOR	101
6.2.2.2 STREKKLAPPER OG BRO	102
6.2.2.3 TEMPERATURSENSOR	104
6.2.3 FORSTERKER	105
6.2.4 LED-STRIPS	105
6.2.5 BATTERIVALG OG BEREGNINGER	108
6.2.5.1 AA- OG AAA-BATTERIER	110
6.2.6 PROTOTYPE 1	112
6.2.7 PROTOTYPE 2	114
6.2.7.1 14505 (AA)-BATTERIER	115
6.2.8 KRETSKORT	118
6.2.8.1 FØRSTE KRETSKORT	119
6.2.8.2 ANDRE KRETSKORT	120
6.2.8.3 TREDJE KRETSKORT	121
6.3 TEKNISK – DATA	123
6.3.1 DESIGN AV DATASYSTEMER	123
6.3.1.1 BRUKEREN	123
6.3.1.2 SYSTEM	126
6.3.2 BERØRING	132
6.3.4 BELYSNING	133
6.3.5 INTEGRASJONER	133
6.3.6 KODE	133
6.3.7 ARDUINO NANO	134
6.3.8 RASPBERRY PI ZERO W	134
6.3.9 BÅNDBREDDE OG KAPASITET	136

6.3.10 SPILL TIL KLATREVEGG	137
7 KILDER	148
8 VEDLEGG	158
FIGURLISTE – VEDLEGG	159
TABELLER – VEDLEGG	164
VEDLEGG – A: GANTT-DIAGRAM	168
VEDLEGG – B: KRAV.....	172
B.1 FUNKSJONELLE KRAV	172
B.2 IKKE-FUNKSJONELLE KRAV.....	174
B.3 BEDRIFTSKRAV	175
B.4 PROTOTYPE 1 KRAV	179
B.6 PROTOTYPE 2 KRAV	181
VEDLEGG – C: TESTER	186
C.1 FUNKSJONELLE TESTER.....	186
C.2 IKKE-FUNKSJONELLE TESTER.....	190
C.3 BEDRIFTSKRAV TESTER	192
C.4 PROTOTYPE 1 TESTER	198
C.5 PROTOTYPE 2 TESTER	202
VEDLEGG – D: RAPPORTER (DOKUMENTASJON)	210
D.1 - SEKS PRAKSISER	211
SEKS PRAKSISER	211
D.1.1 VISUALISER ARBEIDSFLYTEN.....	212
D.1.2 BEGRENNS PÅGÅENDE ARBEID	212

D.1.3 ADMINISTRER ARBEIDSFLYT	213
D.1.4 GJØR PROSESSRETNINGSLINJER EKSPLOSITTE	213
D.1.5 TILBAKEMELDINGSSLØYFE.....	214
D.1.6 GJØR FORBEDRINGER SAMMEN.....	214
D.1.7 KONKLUSJON.....	214
D.2 TRYKKEDE KRETSKORT (PCB).....	216
TRYKKEDE KRETSKORT	216
D.2.1 HVORDAN PCB LAGES.....	217
D.2.2 TYPER PCB OG HVA EN MAN PASSE PÅ	218
D.2.3 PCB-SPOR OG SPORBREDDE	223
D.2.4 KOMPONENTER	224
D.2.5 ULIKE DELER AV PCB-EN	228
D.2.6 FORSKJELLEN PÅ SMD ELLER THT.....	231
D.2.7 PCB DESIGN PROGRAMVARE.....	234
D.2.8 BESTILLE PCB.....	235
D.3 KRETSBESKYTTELSE	238
KRETSBESKYTTELSE.....	238
D.3.1 VANLIGE SKADER PÅ KORT	239
D.3.4 ESD (ELEKTROSTATISK UTLADNING).....	242
D.3.5 SLIK BRUKES EN TVS-BESKYTTELSE EFFEKTIVT.....	244
D.3.6 OPTOISOLATOR.....	248
D.3.7 ZENERDIODE	250
D.3.8 BMS (BATTERY MANAGEMENT SYSTEM)	251
D.3.9 SIKRINGER (FUZE).....	253
D.4 FØRSTE ITERASJON.....	255
KRETSBESKYTTELSE.....	255
D.4.1 INTRODUKSJON.....	256
D.4.2 PROSJEKTETS STARTFASE.....	257
D.4.3 ITERASJON 1	257
D.4.5 ITERASJON 2	260
D.5 MARKEDSUNDERSØKELSE OG ANALYSE.....	261
MARKEDSUNDERSØKELSE OG ANALYSE	261
D.5.1 MOON BOARD	262

D.5.2 TENSION BOARD	264
D.5.3 KILTER BOARD	266
D.6.5 VALOCLIMB	267
D.6.6 ANALYSE AV MARKED	268
D.6 KARTLEGGING AV LØSNINGSLANDSKAPET	270
KARTLEGGING AV LØSNINGSLANDSKAPET	270
D.6.2 BASISKRAV	271
D.6.3 VALUE PROPOSITION DESIGN – NYTTEVERDI	271
D.6.4 UTVIKLINGSOPPGAVE	274
D.6.5 ROGERS BELL KURVE	274
D.6.6 TESTER	276
D.7 VALUE PROPOSITION-DESIGN – ITERASJON 2	278
VALUE PROPOSITION-DESIGN – ITERASJON 2	278
D.7.1 FYSISKE KOMPONENTER	280
D.7.2 TEKNISKE FUNKSJONALITETER	281
D.8 BYGGING AV KLATREVEGG	282
BYGGING AV KLATREVEGG	282
D.8.1 BYGGEPROSESS	283
D.8.2 RESULTAT	283
D.9 PROSJEKTETS NETTSIDE	285
PROSJEKTETS NETTSIDE	285
D.9.1 INTRODUKSJON	286
D.9.2 MKDOCS	286
D.9.3 FILEZILLA	287
D.10 PROSJEKTORIENTERING I STAVANGER	288
PROSJEKTORIENTERING I STAVANGER	288
D.10.1 INTRODUKSJON	289
D.10.2 BOLDER AS	289
D.10.3 ARROW	289
D.10.4 KLATREFABRIKKEN	290
D.10.5 KONKLUSJON	290
<u>VEDLEGG – E: RAPPORTER (TEKNISK)</u>	<u>291</u>

E.1 DESIGN- OG MATERIALTEST	292
DESIGN- OG MATERIALTEST	292
E.1.2 TEORI.....	293
E.1.3 UTSTYR	293
E.1.4 METODE.....	293
E.1.5 RESULTAT	297
E.1.6 FEILKILDER	301
E.1.7 KONKLUSJON	302
E.2 TESTER PROTOTYPE 1	303
TESTER PROTOTYPE 1	303
E.2.1 TESTENE	304
E.2.2 BLUETOOTH.....	305
E.2.3 BERØRING.....	306
E.2.3 KREFTER	306
E.2.5 ENHET DESIGN OG OPTIMALISERING	307
E.2.6 RESULTAT	309
E.2.7 KONKLUSJON	310
E.3 TESTER PROTOTYPE 2	311
TESTER PROTOTYPE 1	311
E.3.1 TESTENE	312
E.3.2 BLUETOOTH.....	312
E.3.3 BERØRING.....	312
E.3.4 KREFTER	313
E.3.5 MASTER OG ENHETER	313
E.3.6 SYSTEMER	313
E.3.7 RESULTAT	314
E.3.8 KONKLUSJON	314
E.4 STATISK TEST 3850N PÅ PAKNING	315
STATISK TEST 3850N PÅ PAKNING	315
E.4.1 MODELLINFORMASJON	316
E.4.2 TESTEGENSKAPER.....	316
E.4.3 ENHETER	317
E.4.4 MATERIALSPESIFIKASJONER.....	317

E.4.5 KREFTER OG MOTKREFTER	318
E.4.6 KONTAKTINFORMASJON	318
E.4.7 RESULTAT	319
E.5 SIMULERING AV BØYING.....	320
SIMULERING AV BØYING	320
E.5.1 MODELLINFORMASJON	321
E.5.3 ENHETER	321
E.5.4 MATERIALEGENSKAPER	321
E.5.7 RESULTAT	322
E.5.7 KONKLUSJON	325
<u>VEDLEGG – F: TEKNISKE BILAG</u>	<u>327</u>
F.1 KRETSTEGNINGER.....	328
E.1.1 KOBLINGSBRETT LED LYS:.....	328
E.1.2 KOBLINGSBRETT BLUETOOTH.....	328
E.1.3 KOBLINGSBRETT SENSORER	329
E.1.4 LCD-SKJERM	330
E.1.5 STREKKLAPPER MED WHEATSTONE BRIDGE OG FORSTEKER.....	331
E.1.6 LED STRIP	332
E.1.7 PROTOTYPE 1	334
E.1.8 PROTOTYPE 2	335
F.2 KRAFT PÅFØRT FRA MENNESKE SOM HOPPER	338
F.3 BØYNING.....	340
F.4 TILSTRAMMINGSKRAFT FRA BOLT	343
F.5 KNEKKING.....	345
F.6 STREKKING.....	347
<u>VEDLEGG – G: TIMELISTER.....</u>	<u>352</u>
G.1 TIMELISTER	353



1 Dokumentoversikt

Dette er en samling av dokumentasjon tilhørende «Get a Grip» sitt bachelorprosjekt, før 2. presentasjon. Prosjektets webside ligger under

<https://web01.usn.no/grupper/web-gr12-2019/>.

Kapittel	Endringer	Dato	Laget av
1.4	Opprettet	12.03.2019	Hele gruppen
1.4	Oppdatering av bilder	24.03.2019	Sandra Aakervik
1	Opprettet kapittel versjonslogg	30.04.2019	Sandra Aakervik
1.5	Opprettet	14.05.2019	Nils Kristian Hillier
1.4	Flyttet ut til vedlegg	21.05.2019	Anders Værås
1	Sammensetting og redigering	21.05.2019	Sandra Aakervik og Vegard Jørgensen

1.1 Dokumenthistorie

Kapittel	Endringer	Dato	Laget av
1.0	Sammenstilling av kapitler	12.03.2019	Hele gruppen
1.1	Formatering	13.03.2019	Sandra Aakervik
1.2	Opprettet vedlegg A og B	14.03.2019	Sandra Aakervik og Vegard Jørgensen
1.3	Omorganisering av dokumentoppsett	24.03.2019	Sandra Aakervik
1.4	Opprettelse av beskrivelse og versjonslogg for hvert kapittel	28.03.2019	Sandra Aakervik
2	Omstrukturering av dokumentoppsett	30.04.2019	Sandra Aakervik
2.1	Omstrukturering av dokumentoppsett	15.05.2019	Hele gruppen
2.2	Sammenstilling av kapitler	21.05.2019	Hele gruppen
2.3	Korrektur og ferdigstilling	22.05.2019	Sandra Aakervik og Vegard Jørgensen

1.2 Figurliste

Figur 1: Digitaliseringsenhet for Klatretak	26
Figur 2: Friklatrer i Vegg [1]	32
Figur 3: Kanban-Brett ved den 12. mars	35
Figur 4: Retrospektive møter ved hjelp av Stickies.io	37
Figur 5: Oppsett av test – eksempel	42
Figur 6: Gantt-diagram for prosjektperioden.....	45
Figur 7: LED-strip integrasjon i enhet.....	51
Figur 8: Strekkklapper i krets [4]	54
Figur 9: Strekkklapper på sylinder	54
Figur 10: Bluetooth-kommunikasjon i klatrevegg	55
Figur 11: Springfjær som motkraftsmoment [5]	57
Figur 12: Bladfjær som motkraftsmoment [6]	58
Figur 13: Testvegg modell.....	59
Figur 14: Budsjettoversikt over utgifter totalt sett	61
Figur 15: Prototype av 3D-utskrevet klatretak designet i SolidWorks [7].....	64
Figur 16: Modell av testvegg	67
Figur 17: Søylers plassering rundt bolt	69
Figur 18: Trykksensorer på kontaktpunkter.....	70
Figur 19: Pakning rundt sensorer.....	72
Figur 20: Wheatstone bridge langs side av søyle	72
Figur 21: Topplukk med aluminium plater.....	73
Figur 22: Deksel ring med luke	74
Figur 23: Komponenter festet til enhet	75
Figur 24: Kostnad som en funksjon av kompleksiteten til produktet [9].....	77
Figur 25: Massetettheten til vanlige metaller og plaster [10]	78
Figur 26: Logaritmisk fremstilling av styrke (y-akse) og massetetthet (x-akse) for forskjellige materialgrupper	79
Figur 27: Sprøyttestøpingsmaskiner i fabrikk [12].....	82
Figur 28: Sammensetting av former til sprøyttestøp [12].....	82
Figur 29: Tverrsnitt av sprøyttestøpingsmaskin under støpeprosessen [14]	83
Figur 30: Trinn i en støpeprosess [15].....	84
Figur 31: To forskjellige deler, med heldig (A) og uheldig (B) utkastvinkel [16].....	85
Figur 32: Ytterring som delkomponent.....	86

Figur 33: Bunn, søyler og støttevegger som delkomponent.....	86
Figur 34: Fresing av utkastvinkel for å få rette søyler	87
Figur 35: "Fusion bonding"-prosessen, steg for steg [18].....	88
Figur 36: Markedsanalyse av prisforskjeller på termoplast [20]	90
Figur 37: Hvordan et prøvestykke ser ut under forskjellige steg av tøying [27].....	93
Figur 38: Spenning-tøyningskurve med beskrivelse av viktige områder [28]	93
Figur 39: Tilsetningsstoff og effekten disse har på polymer [29].....	94
Figur 40: Prototype 2.....	97
Figur 41: Arduino Nano [30]	98
Figur 42: Utganger og innganger på en Arduino Nano [30].....	99
Figur 43: Trykksensor [31]	102
Figur 44: Halv-bro med to streklapper [32].....	104
Figur 45: Kablingsbrett for LED-strips	106
Figur 46: Måleinstrument Fluke 8010	108
Figur 47: AA- og AAA-batterier [33].....	111
Figur 48: Prototype 1 - kretstegning	112
Figur 49: Prototype 2.....	114
Figur 50: Streklapp-bro koblet opp mot to streklapper.....	115
Figur 51: Batteri type 14505	117
Figur 52: Testing av LED-strip	117
Figur 53: Kablingsbrett med kabler.....	118
Figur 54: Design av kretskort nr. 1.....	119
Figur 55: Produserte kretskort.....	119
Figur 56: Design av kretskort nr. 2.....	120
Figur 57: Design av kretskort nr. 3.....	121
Figur 58: Modell av kretskort nr. 3	122
Figur 59: Potensiell klatrerute med start- og endregrep. Ruten er belyst i oransje, startgrep i rosa og endegrepet er belyst i blått.....	124
Figur 60: Potensiell klatrerute for en klatrer, der klatretakene er belyst i oransje.....	124
Figur 61: Mulig design av app for rutesetter.....	125
Figur 62: Mulig design av app-skjerm	125
Figur 63: Komponenter i datasystemet, med linjer for kommunikasjon	126
Figur 64: Klassediagram for "master.py" [37]	128
Figur 65: Kommunikasjonsprotokoll for Bluetooth mellom master-enhet og enhet i vegg	129
Figur 66: Kommunikasjon mellom Gorilla og klatreveggen.....	130
Figur 67: Sekvensdiagram for hele systemet	132

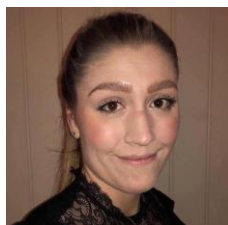
Figur 68: Raspberry Pi Zero W	135
Figur 69: Svart boks diagram av «Get a Grip»; Whack-a-Mole.....	138
Figur 70: Use case diagram av «Get a Grip»; Whack-a-Mole	139
Figur 71: Flytdiagram av «Get a Grip»; Whack-a-Mole	140
Figur 72: Sekvensdiagram av «Get a Grip»; Whack-a-Mole	142
Figur 73: Flytdiagram av TapTap.....	145
Figur 74: Sekvensdiagram av TapTap.....	147

1.3 Tabeller

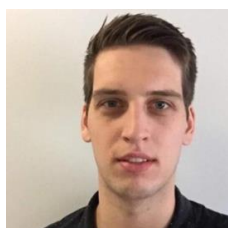
Tabell 1: Prioritet av krav	41
Tabell 2: Krav- og test-ID – beskrivelse.....	41
Tabell 3: Krav-status – beskrivelse.....	42
Tabell 4: Komponentenes strømforbruk.....	52
Tabell 5: Batterityper	53
Tabell 6: BOM (Bill of materials) - Prototype 1	62
Tabell 7: BOM (Bill of materials) - Prototype 2	62
Tabell 8: Sammenligning av produksjonsmetoder [11].....	81
Tabell 9: Priser til utvalgte termoplater omgjort til kr/kg [21].....	91
Tabell 10: Utvalgte egenskaper for hver av termoplastene	91
Tabell 11: Arduino Nano – Spesifikasjoner [30]	100
Tabell 12: Strømforbruk LED-dioder	106
Tabell 13: Avlesning av strøm i komponenter	109
Tabell 14: Strømforbruk ved "worst case scenario"	116

1.4 Gruppeoversikt

Gruppe 12 - 2019 – «Get a Grip» – Tverrfaglig gruppe



Sandra Aakervik
Aakervik.Sandra@gmail.com
+47 40 200 249
Dataingeniør
Prosjektleder



Nils Kristian Hillier
Nils.Hillier@gmail.com
+47 47 50 43 49
Maskiningeniør
Nestleder



Anders Værås
AndersV1992@gmail.com
+47 97 42 77 64
Elektroingeniør
Sekretær



Christopher Furøy
Christopher.Furoy@hotmail.com
+47 41 61 41 48
Dataingeniør
Sekretær



Vegard Jørgensen
Vegard1992@gmail.com
+47 99 48 12 84
Dataingeniør
Økonomiansvarlig



William Stenvaag Grønning
WGronning@gmail.com
+47 940 58 841
Maskiningeniør
Kommunikasjonsansvarlig

Intern veileder: Henning Gundersen | +47 971 87 239 | Henning.Gundersen@usn.no

Ekstern veileder: Eirik Skjærseth | +47 911 80 853 | Eirik@bolder.com



1.5 Sensorer og Veiledere

Intern veileder

Navn: Henning Gundersen

Stilling: Førsteamanuensis ved Universitetet i Sørøst-Norge, campus Kongsberg

Rolle: Som intern veileder vil Gundersen virke som et mellomledd mellom prosjektgruppen og skolen. Han skal ikke styre gruppen, men gi innspill og anbefalinger rundt hvilken retning gruppen bør ta. Han skal også delta i ukentlige møter for å følge fremgangen til prosjektet. Intern veileder har også ansvar til å delta på presentasjoner og bidra til evaluering av prosjektet.

Intern sensor

Navn: Karoline Moholth Mcclenaghan

Stilling: Universitetslektor ved Universitetet i Sørøst-Norge, campus Kongsberg

Rolle: Som intern veileder skal Mcclenaghan evaluere presentasjonene, gruppearbeidet og dokumentasjonen for å gi en rettfærdig evaluering til alle på gruppen i henhold til læreplanen.

Ekstern veileder og sensor

Navn: Eirik Skjærseth

Stilling: Daglig leder hos Bolder Technology AS

Rolle: Som ekstern veileder har Skjærseth ansvar for å definere oppgaveteksten til gruppen, samt å bistå i å anskaffe nødvendig informasjon og kontakter ved behov i prosjektet. Som ekstern sensor har Skjærseth ansvar for å bidra til evalueringen og



karactersettingen til hele gruppen både under presentasjonene og endelig innlevering.

2 Prosjektvisjon

Dette kapittelet beskriver «Get a Grip» sitt bachelorprosjekt, behovet i markedet løsningen som utvikles, og markedsanalyse av liknende produkter.

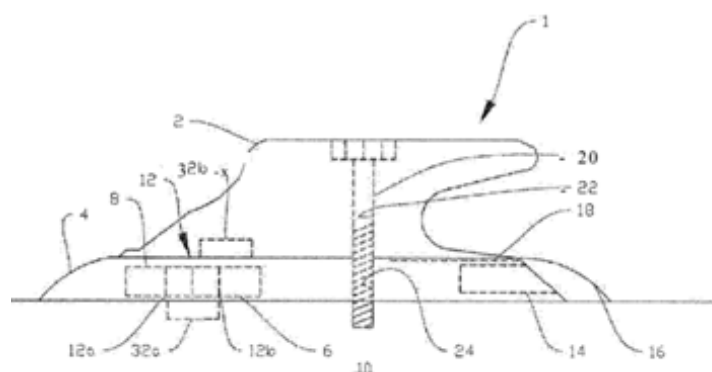
Kapittel	Endringer	Dato	Laget av
2.1, 2.2, 2.3, 2.4	Opprettet	12.03.2019	Sandra Aakervik
2.1, 2.2, 2.3, 2.4	Formatering	13.03.2019	Sandra Aakervik
2	Opprettet kapittel versjonslogg	28.03.2019	Sandra Aakervik
2.1	Fjernet	21.05.2019	
2.6 -> 2.3	Flyttet ut i vedlegg, sammendrag i hoveddel	20.05.2019	Sandra Aakervik

2.1 Beskrivelse av oppgaven

Oppgaven er basert på patent WO 2016159778, av Eirik Skjærseth. «Get a Grip» har i samarbeid med Bolder Technology AS og Skjærseth, utformet den følgende ordlyden på oppgaven for dette bachelorprosjektet;

2.1.1 Digitaliseringsenhet for klatretak

Målet for oppgaven er å utvikle og realisere en prototype basert på patent WO 2016159778 for Bolder Technology AS



(57) Abstract: A digitalisation unit (4) for a hold (1) attached to a climbing wall (10) is described, the digitalisation unit (4) being arranged to be placed in contact with or in the vicinity of the hold (1) during use, and the digitalisation unit (4) comprising: an energy source (14); a wireless communication device (8); an annunciator (6); and an identification sensor (12b) arranged to give a unique identification of the hold (1). A system including one or more digitalisation units (4) is described as well.

Figur 1: Digitaliseringsenhet for Klatretak

2.1.2 Prosjektbeskrivelse

Bolder Technology AS har som mål å lage en enhet som vil digitalisere og personliggjøre en aktivitet på klatrevegg etter brukerens ønsker, fysiske egenskaper og kvalifikasjoner.

Denne enheten er plassert mellom klatrevegg og klatrehåndtak.

Oppgaven er å utvikle en trådløs enhet som samler, sender, behandler og gir respons på informasjon om brukerens klatreøkt, innhentet via sensorer og prosessert i en skytjeneste. Dette omfatter, men er ikke begrenset til; kraftoverføring og posisjon. Informasjonen er for brukerens egne formål, men også for anonym innsamling og videre analyse av data.

Dette forutsetter at informasjon om brukeren blir innhentet i form av fysiske attributter som for eksempel; høyde, vekt og eventuelt nåværende fysisk kondisjon. Derfor vil det også være gruppens oppgave, å lage et system som både kan samle inn data ved bruk av enheten og overføre dette til Bolder Technology AS sine servere.

Det er som mål at klatreveggen skal være dynamisk i forhold til brukerens ønsker, fysiske egenskaper og kvalifikasjoner.

2.1.3 Omfang

For dette bachelorprosjektet, vil det utvikles og produsere en digitaliseringsenhet for klatretak. På grunn av gruppens tverrfaglige bakgrunn vil det på den tekniske siden, kunne dekke enhetens design, materialvalg, komponenter, algoritmer og maskinering. Dette vil bli gjort ved å gjennomføre riktige markedsanalyser, tilfredsstillende krav og følge mål.

Prosjektet løper fra Januar 2019 til Juni 2019. Oppgaven tillater både ekspandering og innskrenkes av omfanget, ut ifra hvilke funksjonaliteter gruppen selv velger å implementere i produktet.

2.1.4 Mål

Hovedmålene er som følger:

- Å lage en enhet basert på patent WO 2016159778, innenfor tidsrammen tilgjengelig for dette prosjektet.
- At enhetens teknologi skal passe til Bolder Technology AS sitt grensesnitt for database og datainnsamling.
- At enheten skal passe mellom en klatrevegg og et klatrehåndtak, etter dagens standarder.
- At prosjektet skal være veldokumentert, slik at produktet enkelt kan overtas og videreutvikles av Bolder Technology AS ved prosjektets slutt.

2.2 Aktører

Aktørene for «Get a Grip» sitt system er som følger;

- Bolder Technology AS, prosjekteier.
- Universitetet i Sørøst-Norge.
- Endebbrukeren, både private og kommersielle.

2.2.1 Aktørkrav

Hver av aktørene har forskjellige krav for dette prosjektet, avhengig av deres rolle.

Bolder Technology AS

- Utvikling og realisering av patent WO 2016159778.
- Trådløs dataoverføring.
- Overføring av data passer med Bolder Technology AS sitt grensesnitt.
- Enheten skal kunne installeres og anvendes på klatrevegger etter dagens standarder.
- Enheten skal installeres fra fremsiden av klatreveggen.
- Prisgunstig.
- Veldokumentert.
- Følger etiske retningslinjer.
- Følger Bolder Technology AS sine ønsker om hemmelighet.

Universitetet i Sørøst-Norge

- Følger etiske retningslinjer.
- Veldokumentert.
- Overkommelig arbeidsmengde med hensyn på omfang og endefrist.

Endebruker

- Trygg og stabil å anvende.
- Enkel å anvende.
- Veldokumentert.
- Prisgunstig.

2.3 Eksisterende Produkter på Markedet

Fra rapport D.5 Markedsundersøkelse og Analyse om markedsundersøkelse og analyse er det klart at det i dag eksisterer to typer konkurrerende produkter til «Get a Grip» sin “Monkey” på markedet. Av produktene undersøkt nærmere er tre av disse forskjellige typer klatrevegger som lyser opp klatreruter via lysdioder. Ingen av disse produktene tar imot inndata fra klatrerens bevegelser i klatreveggen, men kan gi utdata i form av lys, styrt via apper. Her kan også brukeren manipulere veggen til å lyse opp forskjellige klatreruter, eller egendefinere ruter for seg selv og det sosiale nettverket gjennom tilhørende app.

Det fjerde produktet skiller seg betraktelig fra de tre foregående, ved at dette produktet anvender en lysprosjektor. Denne projektoren kan lyse opp klatregrep i en klatrerute, eller kaste interaktive bilder på veggen. ValoClimb [D.6.5 ValoClimb] er også utstyrt med et kamera for å spore klatrerens bevegelser, og dermed inndata fra klatreveggen ved hjelp av bevegelseskamera.

Ved denne analysen ble det klart at «Get a Grip» sitt produkt kan skille seg ut ved å bruke berøringsteknologi for inndata fra selve klatreveggen. Dette vil gjøre klatreopplevelsen interaktiv med de digitale hjelpemidlene, på en måte produktene med tilsvarende fokus på klatring som sport, ikke kan tilby.

2.4 Prosjektets Visjon

Hensikten med oppgaven er å realisere patentet til Bolder AS ved å utvikle et klatresystem som øker utøvernes potensiale for forbedring og gir brukerne en ny dimensjon i klatreveggen i form av digital feedback og morsomme spill. Ved digitalisering av klatrevegger og utarbeiding av en rekke datasystemer som understøtter og sammenslår veggene og applikasjoner rettet mot sluttbruker. Målet er at enheten som skapes - i tandem med alle datasystemer som utarbeides - vil bli et attraksjonsmoment for klatresenteret kundebase, og et nyttig verktøy for profesjonelle utøvere.

Den nåværende realiteten er at ingen systemer i dagens marked har noen form for inndata via klatreveggen. De mest avanserte systemene som tilbys til dags dato gir brukeren tilgang til en app som kommuniserer med veggene via Bluetooth for å lyse opp ulike ruter med dioder. Veggene er forhåndsdefinert, og har lite potensiale for fysisk endring.

Et system med enheter som kan legges mellom vanlige klatrehåndtak og vegg - for buldring og tauklatring - og hente ut informasjon om brukerens bevegelse i veggene, vil åpne nye dører for klatrere på både profesjonelt- og amatørnivå.



Figur 2: Friklatrer i Vegg [1]

3 Prosessmodell

Dette dokumentet beskriver prosessmodellen «Get a Grip» har valgt for prosjektet. Her beskrives hva Kanban er, hvordan Kanban blir anvendt og hvorfor akkurat denne modellen ble valgt.

Kapittel	Endringer	Dato	Laget av
3.1	Opprettet	12.03.2019	Sandra Aakervik
3.2, 3.3	Opprettet	12.03.2019	Christopher Furøy
3.1, 3.2, 3.3	Formatering	13.03.2019	Sandra Aakervik
3	Opprettet kapittel versjonslogg	28.03.2019	Sandra Aakervik
3.2.1	Fjernet		
3.2.2	Flyttet til vedlegg	20.05.2019	Vegard Jørgensen

3.1 Introduksjon

«Get a Grip»-prosjektet anvender Kanban som prosjektmodell. Kanban-modellen oppfordrer til bruk av andre hjelpemidler for organisering av prosjekter. Derfor har gruppen valgt å anvende ukentlige gruppemøter for å diskutere og planlegge progresjonen av prosjektet. Annenhver uke avholdes retrospektive møter, hentet fra Agile/SMIDIG-metodikken. Disse møtene har som eneste fokus å diskutere hvordan gruppesamarbeidet fungerer, og løse eventuelle problemer. Gantt-diagram anvendes for å planlegge større mål gjennom prosjektet, kartlegge tidsbruk og hvorvidt arbeidet er ajour i forhold til planen. Til slutt har gruppen ukentlige møter med både intern- og ekstern veileder, hvor det kan stilles spørsmål og gis tilbakemeldinger på arbeidet.

3.2 Kanban Metodikk

Bolder AS har gitt gruppen tilgang til sin Microsoft Teams som har et innebygget Kanban-brett. Dette Kanban-brettet er en online løsning hvor alle deltakerne i prosjektet kan gå inn for å endre, fullføre, slette eller designere personer til de ulike Kanban-kortene som er på brettet.

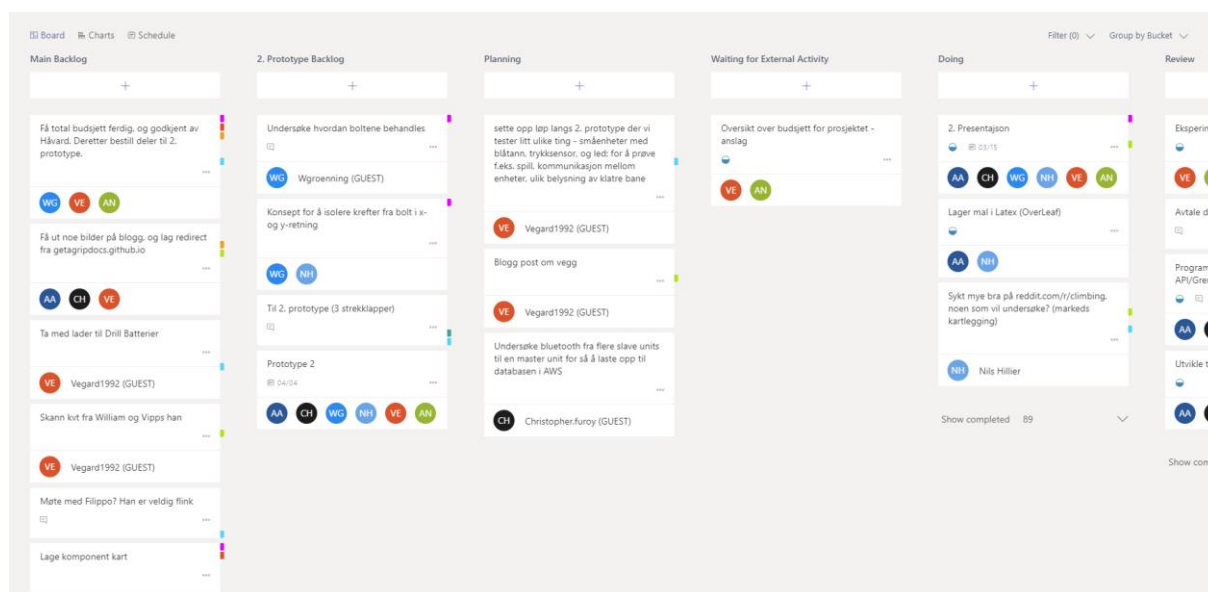
3.2.1 Hvorfor Kanban?

«Get a Grip» valgte å bruke Kanban da dette er en populær prosessmodell i arbeidsmarkedet, og ble ansett som en god læringsmulighet da ingen av gruppens medlemmer hadde tidligere erfaring med denne arbeidsmetodikken. I tillegg var dette sterkt anbefalt av Bolder Technology AS anvender Kanban i sitt selskap [2].

Kanban er en god modell for å tydeliggjøre hvilke oppgaver som står i tur til enhver tid. Dette er svært behjelpelig da gruppen består av tre forskjellige ingeniører.

3.3 Kanban-Verktøy

Som tidligere nevnt i 3.2 brukes Kanban-brettet som er tilgjengelig i Microsoft Teams. Den har all funksjonaliteten som trengs til Kanban og kan lagres online slik at man slipper et fysisk Brett med klistrelapper.



Figur 3: Kanban-Brett ved den 12. mars

3.3.1 Gantt-Diagram

For å holde oversikt over prosjektets helhet og for å lage en plan har gruppen tatt i bruk Gantt-diagram. For å få noe nytte ut av Gantt-diagrammet ble det tidlig skissert

hvordan prosjektets løp kom til å se ut. Utover prosjektet ble diagrammet oppdatert kontinuerlig, for å følge gruppens faktiske progresjon.

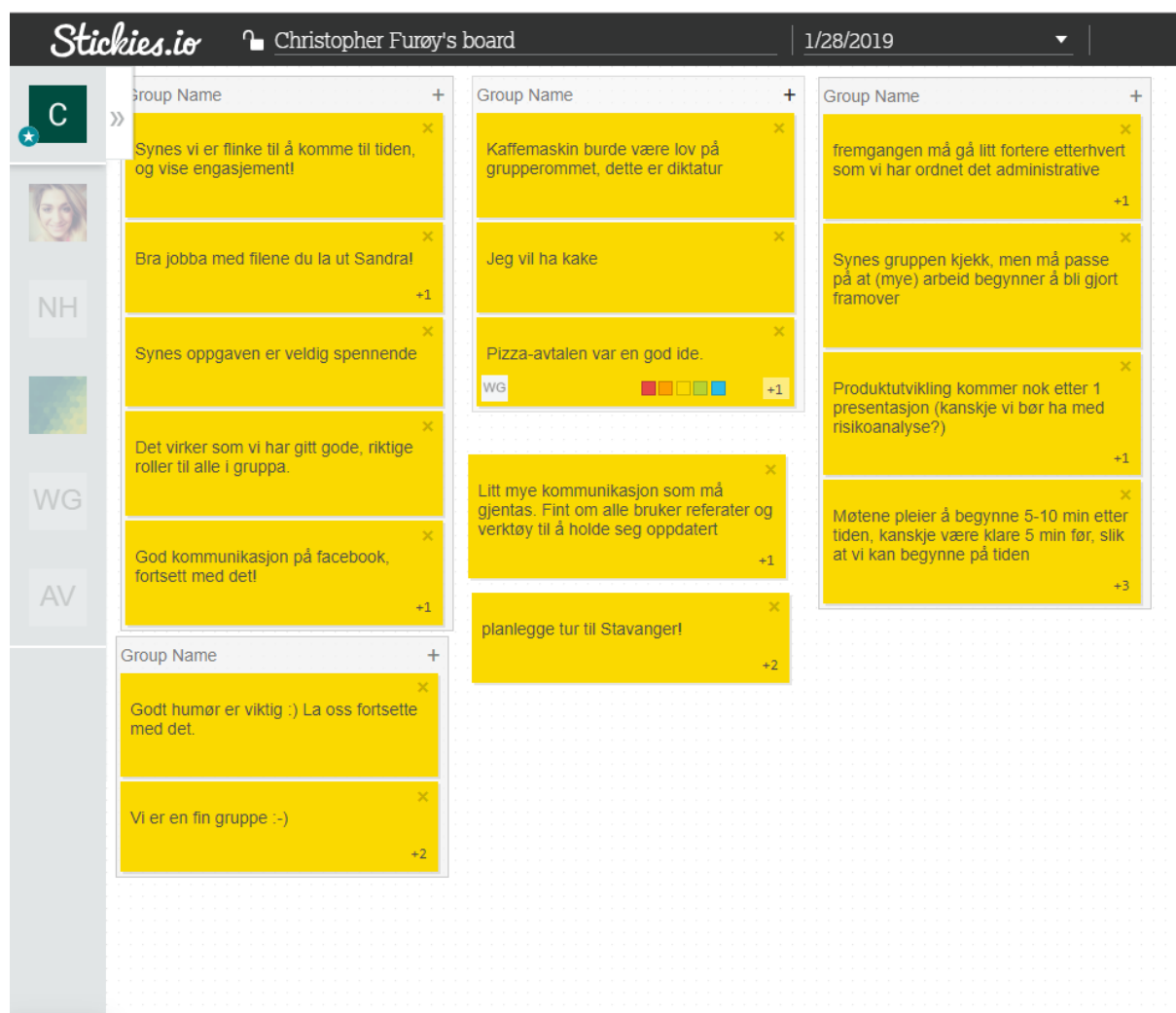
3.3.2 Gruppemøter

Kanban-modellen krever ingen faste møter, allikevel har gruppen fastslått å ha et ukentlig gruppemøte for å holde god informasjonsflyt om de ulike delene av prosjektet. I tillegg til dette valgte gruppen spontane møter i arbeidstiden når det var nødvendig.

Faste ukentlige møter med intern- og ekstern veileder har pågått gjennom hele prosjektet.

3.3.3 Retrospektive Møter

Annenhver uke utføres retrospektive møter hvor det reflekteres over arbeidet til dette tidspunktet, hvor både positive og negative tilbakemeldinger oppfordres. Nyttene av disse møtene ligger i å kunne ta opp alle mulige temaer i plenum og åpne for diskusjon blant de mest pressende temaene blant medlemmene av gruppen.



Figur 4: Retrospektive møter ved hjelp av Stickies.io

Bildet over viser det første avholdte retrospektive møtet ved hjelp av nettstedet Stickies.io [3].

3.3.4 Timelister og Arbeidslogg

Under hele prosjektet førers timer i timelister og det skrives ned hva den enkelte har gjort dag til dag i en arbeidslogg. Dette gjøres for å loggføre hvem som har gjort hva, og når det ble gjort, i tillegg til å kunne se hvor mange timer som har blitt lagt inn i prosjektet både individuelt og totalt mellom medlemmene.

3.3.5 Tilgjengelighetsskjema

«Get a Grip» benyttet også et tilgjengelighetsskjema for å kommunisere hvem i gruppen som var tilgjengelig til hvilket tidspunkt. Andre forpliktelser blir lagt inn i skjemaet slik at resten av gruppen er klar over at vedkommende ikke vil være tilgjengelig.

4 Krav og Tester

Dokumentet beskriver standarden for organisering av krav og tester, som følger samme oppsett som for Argos prosjektet 2018.

Samling av alle krav kan sees i Vedlegg - B: Krav.

Samling av alle tester kan sees i Vedlegg - C: Tester.

Kapittel	Endringer	Dato	Laget av
4.1	Opprettet	12.03.2019	Sandra Aakervik
4.2	Opprettet	12.03.2019	Vegard Jørgensen og Anders Værås
4.3.5	Opprettet	12.03.2019	Nils Hillier
4.1, 6.2	Formatering	13.03.2019	Sandra Aakervik
4	Opprettet kapittel versjonslogg	28.03.2019	Sandra Aakervik
4.1 – 4.3.7	Fjernet	15.05.2019	
Ny 4.1	Opprettet	18.05.2019	Sandra Aakervik
4.3	Opprettet	20.05.2019	Vegard Jørgensen og Anders Værås

4.1 Basiskrav

I dette prosjektet ble det oppgitt en rekke krav gjennom Bolder AS patent WO 2016159778. «Get a Grip» har tatt for seg de mest sentrale kravene i patentet, som omfavner sikkerhet, holdbarhet, brukervennlighet, pris og funksjonalitet.

4.2 Krav-Organisering

Krav er organisert etter fire forskjellige kategorier: bedrifts krav, brukerkrav, funksjonelle systemkrav og ikke-funksjonelle systemkrav.

Hvert krav har en unik krav-ID, som består av to bokstaver (KS – kravspesifikasjon), etterfulgt av et tall som identifiserer typen;

1. Bedriftsnivå krav
2. Brukernivå krav
3. Systemkrav
 - 3.1. Funksjonelle systemkrav
 - 3.2. Ikke-funksjonelle systemkrav

Til slutt et firesifret tall, som identifiserer hvilket nummer innenfor den bestemte kategorien kravet faller under. For eksempel vil det første ikke-funksjonelle systemkravet ha ID: KS.3.2.0001.

Videre blir hvert krav tildelt en prioritet; lav, middels eller høy, som fargekodes med grønn, gul eller rød, etter trafikklysprinsippet.

Kravene gis også en status som forteller hvorvidt kravet har blitt testet, om kravet ble akseptert ved testing, om kravet er byttet ut, eller fjernet.

Prioritet	Forklaring
Lav	Dette kravet kan implementeres om ønskelig
Middels	Dette kravet burde oppnås
Høy	Dette kravet må oppnås

Tabell 1: Prioritet av krav

Kode	Forklaring
KS...	Kravspesifikasjon
T...	Test
...1...	Bedriftsnivå Krav
...2...	Brukernivå Krav
...3.1...	Funksjonelle Systemkrav
...3.2...	Ikke-Funksjonelle Systemkrav
...0001-9999	Nummer

Tabell 2: Krav- og test-ID – beskrivelse

4.3 Test-Organisering

Alle tester har sin egen test ID, på den måten kan man se hvilke tester som hører til hvilke krav. Hver test har sine egne kriterier for å kunne bli godkjent og har spesifikke test steg som skal følges for at det skal godkjennes. I figur [5] kan man se et eksempel på hvordan dette gjøres.

Test ID:	T.P1.05	Prioritet	Lav
Krav Testet	21.3.2019		
Test Beskrivelse	Stramming av bolt		
Ressurser	Bolt, casing, trykksensor, kabling, arduino, blåtann		
Test Steg	<ol style="list-style-type: none"> 1. Skru til bolt ved 30 Nm 2. Les av sensor verdi 3. Skift håndtak, og repeter 		
Aksept Kriterier	* Om en får tilnærmet samme verdi på sensor ved 30 Nm kraft tilskrudd bolt, uavhengig av klatretak brukt.		

Figur 5: Oppsett av test – eksempel

Status	Forklaring
Ikke Testet	Kravet har blitt identifisert men har ikke blitt testet
Akseptert	Kravet har blitt testet, og akseptert
Byttet Ut	Kravet har blitt byttet ut

Tabell 3: Krav-status – beskrivelse

5 Prosjektplan

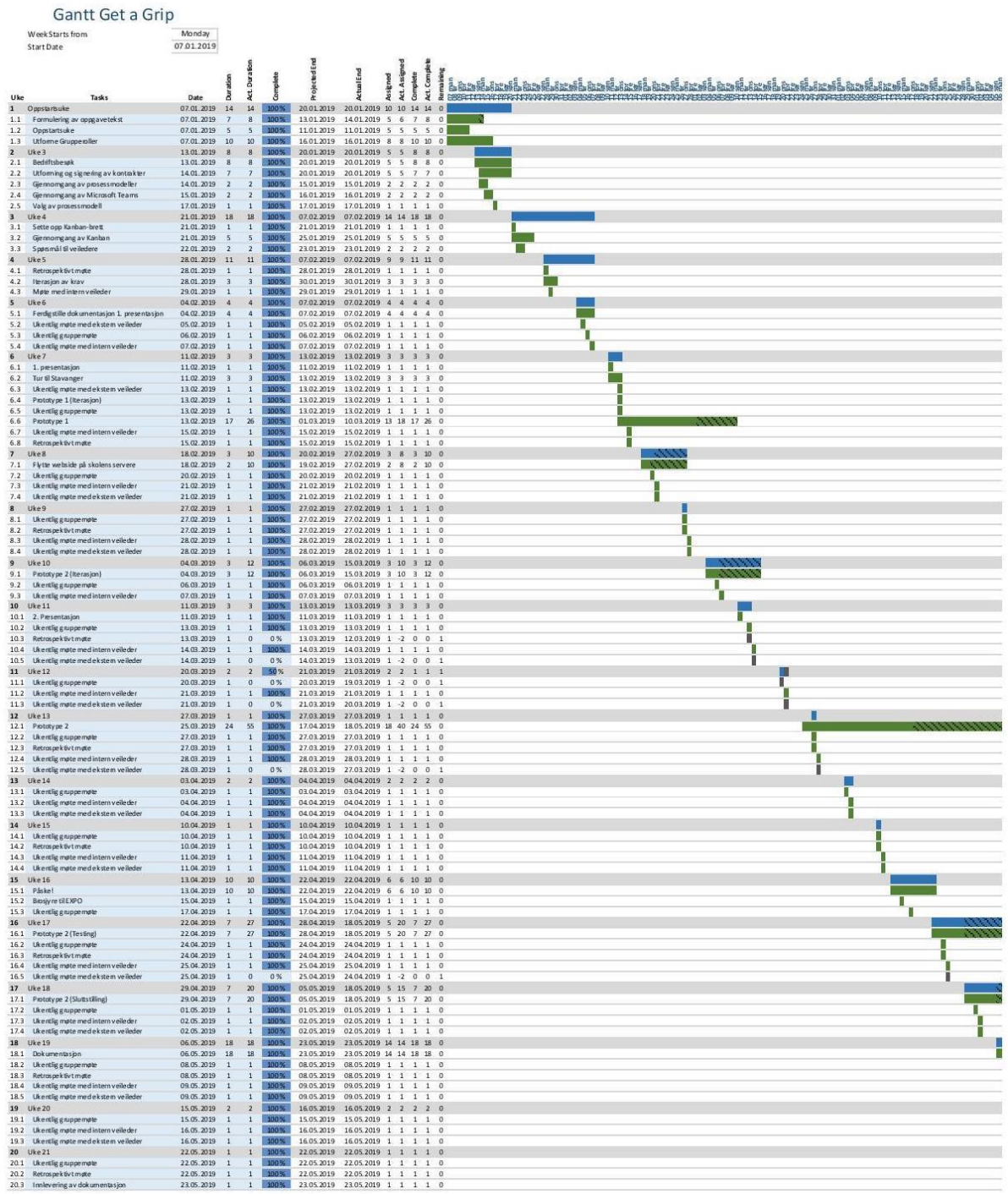
Her presenteres og forklares den opprinnelige planen for utførelse av prosjektet «Get a Grip». Formålet er å gi leseren en god forståelse av oppgaven, den planlagte løsningen og hvordan dette skulle oppnås innenfor den gitte tidsrammen.

Samling av alle Gantt-diagram kan sees i Vedlegg - A: Gantt-Diagram.

Kapittel	Endringer	Dato	Laget av
5.1,54.2	Opprettet	12.03.2019	Sandra Aakervik
5.1, 5.2	Formatering	13.03.2019	Sandra Aakervik
5	Opprettet kapittel versjonslogg	28.03.2019	Sandra Aakervik
5.1.1-5.3	Fjernet	15.05.2019	
Ny 5.1.1 - 5.1.1.3	Opprettet	17.05.2019	Nils Kristian Hillier
Ny 5.2	Opprettet	21.05.2019	Vegard Jørgensen og Anders Værås

5.1 Prosjektplan Beskrivelse

Gantt-diagrammet illustrerer prosjektplanen gruppen har satt seg fra start til slutt. Fra figur [6] kan man se hvordan prosjektplanen ble lagt opp og utviklet seg gjennom prosjektet. Etersom diverse tester og prototyper tok lenger tid enn forventet, ble det mange forsinkelser underveis. Det var originalt tiltenkt to ytterligere prototyper, men disse måtte kuttes da tidsrammen ikke tillot dette. Gruppen hadde også noen milepæler i form av presentasjoner og fullføring av prototyper. Diagrammet viser planlagt start- og sluttdato, samt faktisk sluttdato.



Figur 6: Gantt-diagram for prosjektperioden

1. Valg av prosessmodell

Oppstart: 17.1.2019

Avslutning: 17.1.2019

Faktisk avslutning: 17.1.2019

Valg av prosessmodell ble bestemt i plenum i gruppa, og ettersom alle kom til enighet ved første møte, ble dette gjennomført på tiden i forhold til prosjektplanen.

2. Oppsett av verktøy

Oppstart: 21.1.2019

Avslutning: 21.1.2019

Faktisk avslutning: 21.1.2019

Gjennom bedriftsbesøk i Stavanger fikk gruppen gjennomgang av arbeidsmetodikken i Kanban samt svar på spørsmål rundt oppsett av elektroniske verktøy.

3. 1.Presentasjon

Oppstart: 11.2.2019

Avslutning: 11.2.2019

Faktisk avslutning: 11.2.2019

1.Presentasjon ble gjennomført i samsvar med først satte dato.

4. Iterasjon 1 i Stavanger

Oppstart: 13.2.2019

Avslutning: 13.2.2019

Faktisk avslutning:13.2.2019

Iterasjon 1 ble fullført under gruppemøte 13.februar, og alle grupped medlemmene var enige om hvordan 1.iterasjon ble utformet.

5. Prototype 1

Oppstart: 13.2.2019

Avslutning: 1.3.2019

Faktisk avslutning: 10.3.2019

Prototype 1 ble 9 dager forsinket i forhold til prosjektplanen. Prototypen viste seg å være mer utfordrende å gjennomføre enn først antatt. I tillegg var testfasen mer utfordrende og tok derfor lenger tid enn antatt. Samt at det kom forsinkelser rundt 3D-printing av prototypen grunnet uforutsette feil med printer og tyveri av ferdig utskrevet prototype.

6. 2.Presentasjon

Oppstart: 15.3.2019

Avslutning: 15.3.2019

Faktisk avslutning: 15.3.2019

2.Presentasjon ble gjennomført i samsvar med først satte dato.

7. Iterasjon 2

Oppstart: 4.3.2019

Avslutning: 6.3.2019

Faktisk avslutning: 28.3.2019

Iterasjon 2 ble gjennomført så snart 1.Prototype var ferdigstilt. Forsinkelser fra 1.Prototype og eksamenslesing til sidefag med eksamen tidlig i april, førte til at iterasjon 2 ble 23 dager forsinket. Utover det ble iterasjon 2 fullført på to dager som planlagt.

8. Prototype 2

Oppstart: 25.3.2019

Avslutning: 17.4.2019

Faktisk avslutning: 18.5. 2019

Gjennom arbeid på 2. prototype ble prosjektet i enda større grad forsinket. Flere nye frister for fullføring av arbeidet ble satt, men gjennom flere forsinkelser og utfordringer rundt å løse 2. prototype på en tilfredsstillende måte, ble fullføringen av 2. prototype forsinket med litt over én måned.

9. Skrinlegging av videre prototyper

Før starten på arbeidet med 2.prototype, hadde gruppen planlagt å få til 3 eller 4 funksjonelle prototyper før innlevering. Etter gruppen oppdaget at prototype 2 ville være mer forsinket enn det 1.prototype var, ble et krisemøte holdt hvor gruppen bestemte at 2.prototype ville være den endelige prototypen og at det heller skulle fokuseres på å implementere mest mulig funksjonalitet i denne.

10. Arbeid med prototype 2 + EXPO-dagen

Etter infomøte om EXPO-dag, ble gruppen enige om at det skulle satses mot en god gjennomføring av denne dagen, med håp om å ta premie i noen av konkurransene tilknyttet denne dagen. Gjennom den generelle forsinkelsen i prosjektet har derimot gruppen valgt å fokusere mest på klargjøringen til denne dagen etter innlevering av dokumentasjon 23.mai. Dette vil gi gruppen 5 dager på å ferdigstille klatreveggen, og produsere flere prototyper som skal brukes denne dagen.

5.2 Løsning

I prosjektet «Get a Grip» ble det skapt to prototyper; den første en slags orientings prototype for å se hva som kan fungere. Gjennom resultater fra prototype 1 og videre undersøkelser av komponenter, ble det tatt avgjørelser rundt hvilke nye komponenter og funksjoner prototype 2 ville utvides med, samt hvordan de nåværende funksjonalitetene kunne oppgraderes. Følgende delkapittel vil utlede prosessen under idemyldringen og den innledende fasen av prototype 2. Dette er ikke fastsatte krav satt til prototype 2.

Mer inngående forståelse av valg av komponenter, og grunnlaget for valg av disse kan leses i kapittel 6.2 Teknisk – Elektro.

5.2.1 Planlegging

Under idemyldringen rundt prototype 2 ble forslag systematisert med fargekoder. Prototype 1 funksjoner ble skrevet ned i én farge og oppgraderinger eller nye funksjoner i en annen. Forslag rundt ny koding og andre ikke-fysiske endringer, ble skrevet ned i én tredje farge.

Nåværende funksjoner:

- Lysdiode for å gi tilbakemelding på berøring
- 9V-batteri
- Arduino Nano
- Bluetooth-modul
- Casing i rødt PLA
- 10kg trykksensorer x3

Oppgraderinger eller nye funksjoner:

- LED-strips
- Bedre batteri med lengre levetid
- Gjennomsiktig casing
- Bruk av strekklapper
- RFID
- Oppdatert design av testvegg
- Mulighet for batteribytte
- Batteri casinger
- Master/Slave-enheter

Forslag til programmering:

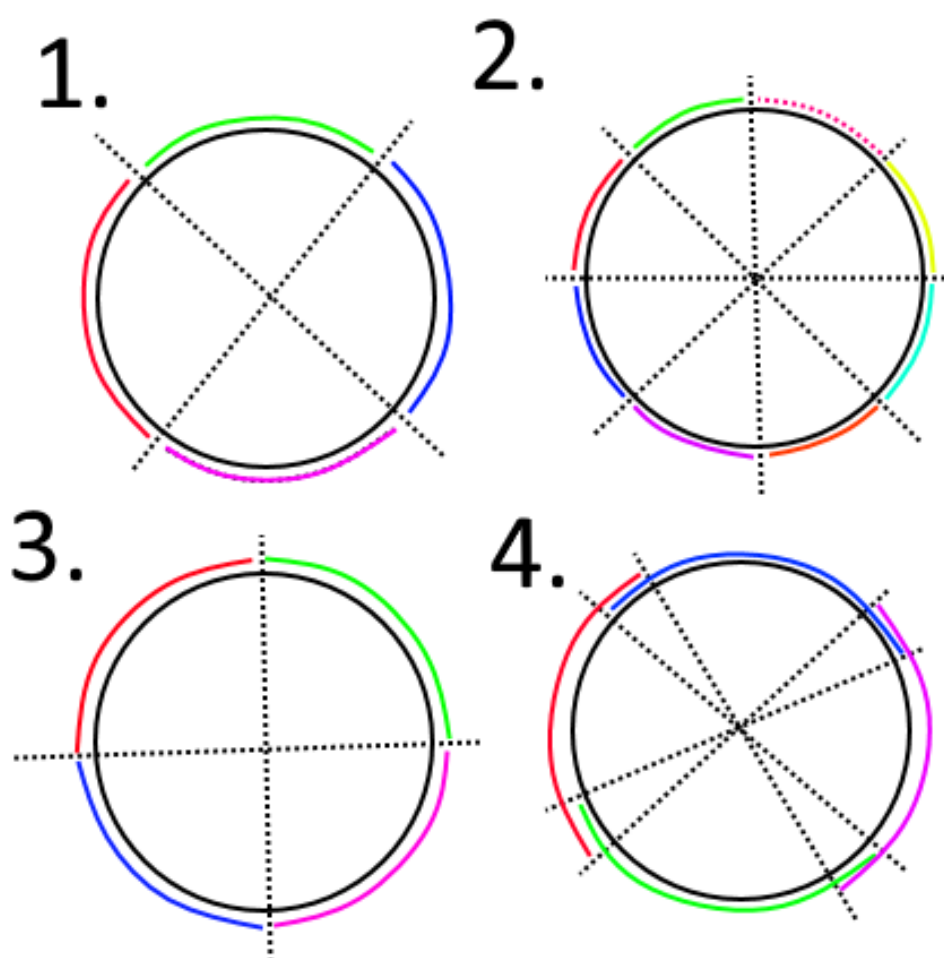
- Retningsbelysning
- Whack-a-Mole spill
- IOT-cloud
- Master-enhet
- Kraftutregning
- Bluetooth-nettverk
- Lavbatterikapasitet-varsel
- RFID

Etter at gruppen hadde fått ned tanker gjennom en idémyldringsøkt, ble ideer tatt opp i felleskap og vurdert nøyere hver for seg. Dette hjalp gruppen i å samkjøre løsninger og ga alle medlemmene en mulighet til å komme med bidrag eller kritikk innenfor både sitt og andres fagområder.

5.2.1.1 LED-Strips

I utgangspunktet var tanken å starte med 4 eller 8 LED-strips som kan kodes til å lyse i forskjellige mønster og farger. Her er de forskjellige oppsettene av lys som ble vurdert.

Problemstillingen her var å finne ut hvilken plassering av LED-stripsene som ville være mest gunstig for funksjonene som skulle kodes inn.



Figur 7: LED-strip integrasjon i enhet

Fra de forskjellige oppsettene ble det avgjort å gå for design 3. Denne løsningen innebærer 4 forskjellige LED-strips hvor hver enkelt strip skal dekke området fra rett opp/ned og 90 grader til siden. Denne løsningen var enklest å bruke under testingen

og dersom mer lys skal legges til antas enkelt å oppgradere til flere LED-strips om nødvendig.

5.2.1.2 Batterioppgradering

Fra 1. prototype ble det oppdaget at 9V-batteriet som ble anvendt, bare ville ha varighet på noen timer under konstant bruk. Gruppen tok derfor kontakt med Didrik Berntsen, en batterieksperter som var anbefalt av Henning Gundersen. Berntsen forklarte at 9V-batteriene som kjøpes i dagligvarer ikke er laget for å vare lenge, og foreslo at batterier av typen 14505, 18505 eller 34615 heller ble brukt. De viktigste hensynene med disse batteriene er strømkravene og dimensjonene. Dimensjonene til batteriene står i navnene hvor for eksempel 14505 tilsvarer 14mm bredde (diameter) og 505mm lengde.

5.2.1.3 Potensielle batterityper

For å få en bedre forståelse for hvilke batterier som skulle anvendes, ble det laget en estimering for nåværende strømbruk;

Komponent	Strømforbruk
LED	≈ 250mA
Trykksensor	5mA
Bluetooth-modul	45mA
Støy	5mA
Strekklapper	Antatt identisk med trykksensor
Totalt	≈ 330mA

Tabell 4: Komponentenes strømforbruk

Følgende typer batterier var derfor vurdert;

Type	Strømforbruk
18505	4Ah
14505	2.1Ah
43615	19Ah

Tabell 5: Batterityper

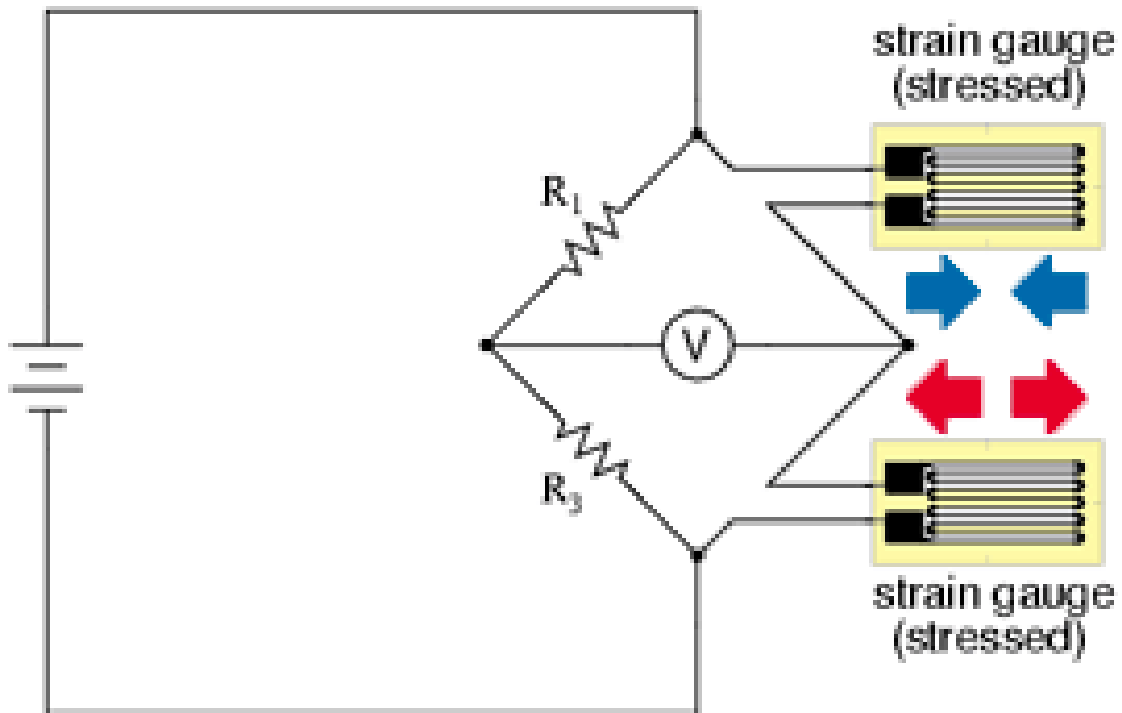
Det er også en mulighet å tilpasse egne batterier slik at de passer perfekt på innsiden av enheten, men på grunn av et begrenset budsjett vil batterier i type 14505 brukes så lenge strømkravene blir møtt.

5.2.1.4 Strekkklapper

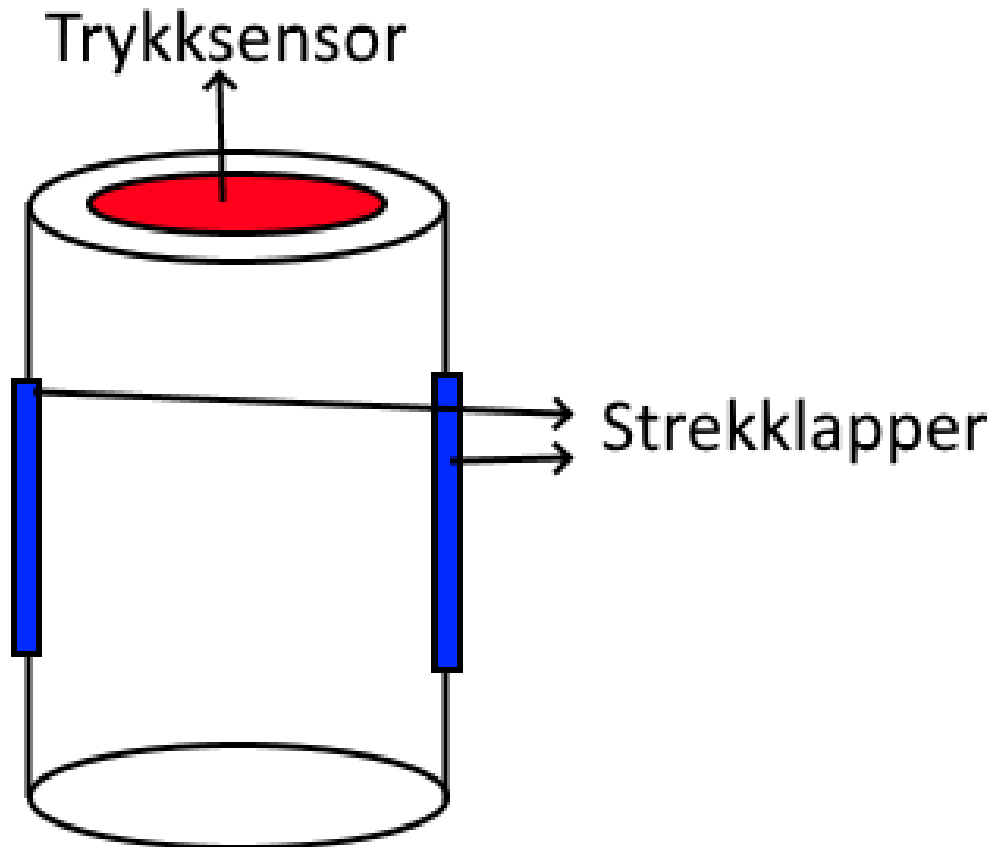
For å få til nøyaktig mål av krefter, er det behov for nøyaktige kraftmålere.

Komponenten gruppen ble enig om at kunne løse denne problemstillingen var strekkklapper. Kunnskapen gruppen hadde om disse sensorene var begrenset til kun teori og det var derfor nødvendig å teste strekkklappene grundig før en beslutning kunne tas. På figur [9] er det tegnet opp en forklaring på strekkklappenes funksjonalitet når de er satt opp i en såkalt half bridge eller Wheatstone-bridge, noe som innebærer at to strekkklapper kobles sammen i serie og to motstandere med samme motstand som strekkklappene kobles i serie.

Planen var da at trykksensorene på toppen av søylene kunne brukes til å måle kraft i retning inn i veggen (z-retning) og strekkklappene på sidene av søylene ville måle både kraft-størrelse og kraft-retning i side- og høyde-retning (x og y-retning).

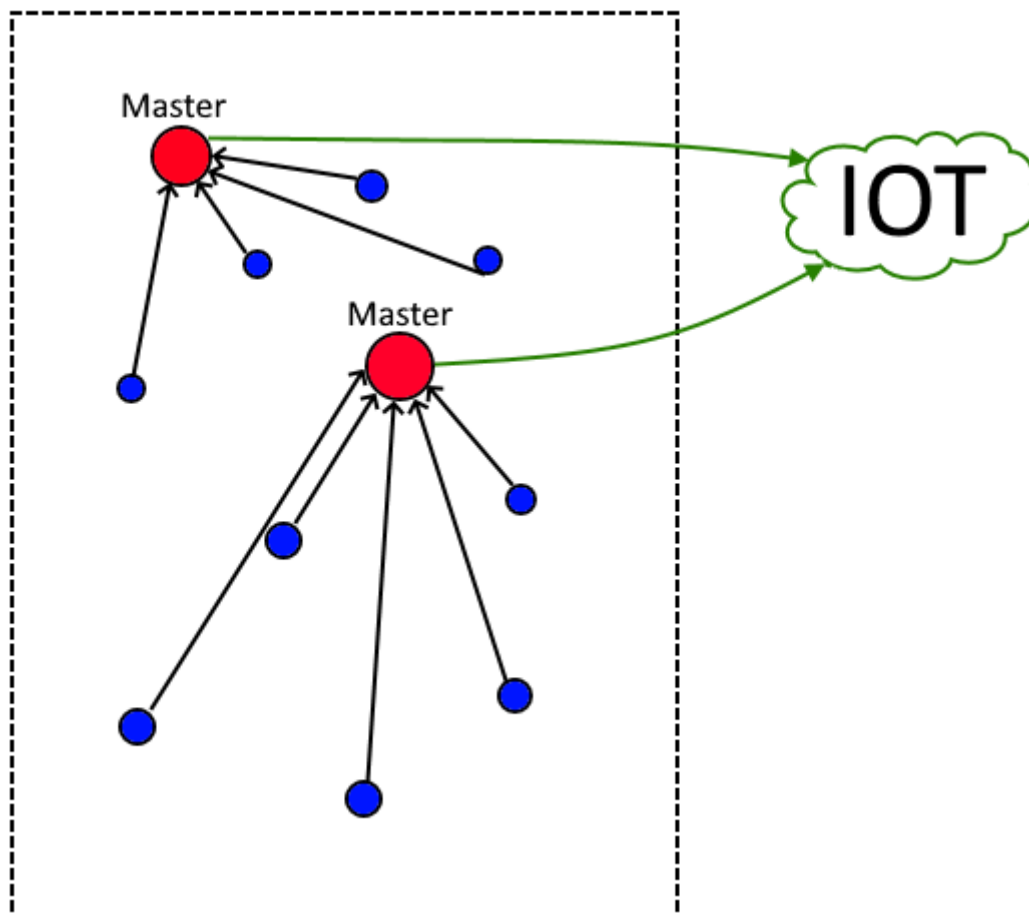


Figur 8: Strekkapper i krets [4]



Figur 9: Strekkapper på sylinder

5.2.1.5 Bluetooth



Figur 10: Bluetooth-kommunikasjon i klatrevegg

I første omgang måtte det undersøkes hvor mange Bluetooth-enheter som kunne kobles opp til én enkelt PC. Ut ifra resultatet av denne testen ble det satt et mål om å sette opp så mange individuelle enheter til å samle informasjon fra brukeren og videresende informasjonen til sin utvalgte «master-enhet». Her vil informasjonen fra alle Bluetooth-enhetene bli samlet og deretter sendes videre til en ekstern database gjennom WiFi.

5.2.1.6 Fjær som Motkraft

En av hovedproblemene som oppstod rundt trykksensorene under testingen av 1. prototype, var overbelastning at trykksensorene, etter innstramming av bolt. For å unngå dette problemet ble det foreslått å ha fjær liggende i klem mellom lokket og enheten som motkraft. Målet var at den resterende kraften ikke overbelastet trykksensorene, og dermed gi mer pålitelige verdier fra sensorene. Siden kraft og kompresjon er proporsjonale i fjærer, skulle det også være mulig regne ut hvilken fjærstivhet det er behov for og hvor stor andel av kraften fjæren vil ta opp når den sammenklemmes til sensorenes høyde.



Figur 11: Springfjær som motkraftsmoment [5]

Bladfjær var en annen løsning som ble nevnt. Disse fjærene er ofte brukt i eldre biler, og videre undersøkelser var nødvendig for å avgjøre om denne typen fjær kunne implementeres i denne prototypen.



Figur 12: Bladfjær som motkraftsmoment [6]

5.2.1.7 Oppgradering av Casing

Forslagene som ble skrevet ned under vurdering av casing oppgradering var;

- Trykksensor vinkelrett under tak.
- Symmetri i 3 retninger.
- 20mm høyde på innsiden av casingen.
- Plass til all elektronikk i hoved casing.
- Mulighet for batteribytte uten demontering av enheten.
- Lokk som ikke beveger seg i forhold til casingen under når den påføres kraft.
- Enkel tilgang med USB.

Oppgradering av casing ble avgjort med hensyn på å teste de nye funksjonene nevnt i tidligere avsnitt. Dette innebar å ha et gjennomsiktig materiale slik at enheten var gjennomskinnelig for LED-lysene, lage plass til nye komponenter, holdbarhet ved bruk under EXPO-dagen, gi mulighet for effektivt skifte av batterier og tilrettelegge for andre funksjonaliteter. Det var også ønskelig med tilgang til USB-inngang som vil gjøre testing av kode lettere for dataingeniørene.

5.2.1.8 Oppgradering av Testvegg



Figur 13: Testvegg modell

Gruppen hadde fra tidligere av bestemt seg for å satse høyt på EXPO-dagen. For å skille dette prosjektet ut fra konkurransen skulle veggene spray-males i svart og ha logoen til både gruppen, USN og Bolder AS på malt i hvit skrift. Maskiningeniørstudentene ønsket å lage sjablonger ved laserkutting av tre for å gi logoene et mer profesjonelt uttrykk.

5.2.1.9 Produksjon

Som den tidligere prototypen ble den nye casingen 3D-printet lokalt på USN ut av polymeret PLA, men denne gang med en lagtykkelse på 0.4mm. Denne endringen

ble gjort for å kutte ned utskrift-tiden ettersom det denne gangen var behov for 18 casinger til sammenlikning med prototype 1, hvor kun en casing var nødvendig. Fem av casingene var ved uhell skrevet ut hule på innsiden av søylene. For å løse dette på en produktiv måte, og for ikke å sløse materiale, ble det boret hull på baksiden av søylene og fylt igjen med polyester. Tester utført på disse casingene i etterkant viste at de fungerte som ønsket til tross for denne endringen. Topplukkene ble i denne omgang laserkuttet ut av to lag med 4mm treplater. Den innerste platen ble kuttet til å passe søylene i casingen, og den ytterste platen ble beholdt som en hel sirkel. Når alle platene var kuttet ut ble to og to sider limt sammen ved bruk av trelim.

En av begrensningene som ble oppdaget ved 3D-print av prototype, var at overflatene ikke ble helt flate. Unøyaktigheten på overflatene fikk trykksensorene og strekkloppene til å bli upålitelige, og disse overflatene måtte derfor pusses ned for hånd med sandpapir.

Trykksensorene ble plassert på toppen av søylene likt som forrige prototype og de nye strekkloppene som skulle testes ble limt på sidene av søylene ved bruk av epoksyrim.

5.3 Budsjettering

Økonomistyring i prosjektet falt på Vegard Jørgensen som tok ansvar for alt relatert til budsjetter, planlegging av innkjøp, og oversikt over utlegg. De store utgiftene for «Get a Grip»-oppgaven ble kartlagt i Excel som forslag, før økonomiansvarlig Håvard Tjørhom ved Bolder AS gav tilbakemelding og eventuelt godkjenning. Deretter ble alle kvitteringer satt opp i et Excel-oppslag som koblet sammen forslag, dato, involverte, og utgift. Disse ble summert i en totaloversikt for utgifter, som vist i figur [14]. Noen mindre innkjøp gikk fortløpende uten samtykke fra Bolder AS og ble da lagt inn under mest relevante kategori som tilleggsutgift.

Budsjett forslag, kr	Brukt pr. 20/5, kr	Balanse budsjett pr 20/5, kr	Forslag Navn
702	682	20	Forslag Prototype 1
3715	3686	29	Forslag Prototype 2
1500	0	1500	Forslag Prototype 3
14900	12680	2220	Forslag Stavanger Tur 1
12000	0	12000	Forslag Stavanger Tur 2
2000	2144	-144	Forslag Test Vegg
6130	11866	-5736	Forslag Test Vegg Utvidelse
0	1067	-1067	Prototype 2 - Ekstra
40947	32125	8822	<- SUM

Figur 14: Budsjettoversikt over utgifter totalt sett

Det ble oppført en BOM-liste med oversikt over alle komponenter og alt utstyr som endte i eierskap hos gruppen, vist i tabell [6] og [7].

Part name	Inventory	Description
FSR405 force sensor 0g-10 KG	3	Trykk sensor som går fra 0 til 10 KG
RP-C7 Force sensor 20g-1.5 KG	10	Trykk sensor som går fra 20g til 1.5 KG
Solderless Breadboard for Arduino	1	Koblingsbrett til urtigkobling for Arduino
LED lys diode	1	Lånt av skolen
Arduino jump wire male to male	20	Lånt av skolen
Arduino jump wire male to female	6	Lånt av skolen
HC-05 Bluetooth	1	Bluetooth som sender data i enheten
Arduino Nano	1	Microcontolleren vi bruke i enheten
9V battery snap power cable	1	Kabel for og koble batteriet til Arduino en
9V battery	1	Batteri som er på 9V og brukt i 1. prot

Tabell 6: BOM (Bill of materials) - Prototype 1

Part name	Inventory	Description
FSR405 force sensor 0g-10 KG	3	Trykk sensor som går fra 0 til 10 KG
RP-C7 Force sensor 20g-1.5 KG	50	Trykk sensor som går fra 20g til 1.5 KG
Solderless breadboard for Arduino	30	Koblingsbrett til urtigkobling for Arduino
LED Lights RGB 6 V	10 m	LED lys strips som kan tilpasses
Arduino jump wire male to male	2	Kabler til Arduino 40 stykk per pakke
Arduino jump wire male to female	2	Kabler til Arduino 40 stykk per pakke
HC-05 Bluetooth	16	Bluetooth som sender data i enheten
Arduino Nano	16	Microcontolleren vi bruke i enheten
AA battery case	15	Casingen som skal "holde" på batteriene
14505 battery 3.6 V	40	Batteriene som skal brukes på 2. prot
BF350 Streklapp	125	Streklapper på 350 Ohm 6 stykk
BF 10000 streklapp	10	Streklapper på 1000 Ohm 10 pack
TLP281 Opto-isolator	3	Brukes til og beskytte komponentene
ESP12 Wifi wireless module	2	Wifi som skal sende dataen videre fra enheten
ESP01 Wifi wireless module	4	Wifi som skal sende dataen videre fra enheten
Raspberry pi 1.3 micorcontoller	3	Skal brukes til sending av Data
HX 711 24 Bit A/D module	30	Til og forsterke sensorene til streklappene
Clip on 3 Pin	45	Clip on kobling til LED lys
Festehylser til M10 bolt	50	Hylsene som vi fester boltene med bak veggen
Klatretak	25	Klatre tak som skal festes på enheten
M10 Bolter	20	Boltene som brukes i veggen (standar M10 bolter)

Tabell 7: BOM (Bill of materials) - Prototype 2

6 Teknisk

I det tekniske kapittelet vil det fokuseres på hvert tverrfaglige bidrag i «Get a Grip» sitt produkt. Her beskrives teknologi og funksjonaliteter i detaljnivå.

Kapittel	Endringer	Dato	Laget av
6.3.1	Opprettet	15.05.2019	Vegard Jørgensen og Christopher Furøy
6.3.2 – 6.3.7, 6.3.9	Opprettet	15.05.2019	Vegard Jørgensen
36.3.8	Opprettet	15.05.2019	Christopher Furøy
6.3.10 – 6.3.10.1.2	Opprettet	18.05.2019	Sandra Aakervik
6.2 – 6.2.9	Opprettet	20.05.2019	Anders Værås
6.1 – 6.1.1.5	Opprettet	20.05.2019	Nils Kristian Hillier
6.1.3 – 6.1.3.5	Opprettet	20.05.2019	William Grønning

6.1 Teknisk – Maskin

Maskinteknisk arbeid gjort i utviklingen av «Get a Grip».



Figur 15: Prototype av 3D-utskrevet klatretak designet i SolidWorks [7].

6.1.1 Dynamisk Design

Følgende dokument skal beskrive dynamisk design og hvilket bidrag dette har for dagens klatremarked. Tiltak og krav stilles primært av patent, hms og markedsanalyse. Systemet må stå i samsvar til krav som er satt fra patent, og samtidig ha sikkerhet og verdiskapning som drivkraft for riktig design. Dette vil gi utfordringer spesielt rundt tanke på store styrkepåkjenninger, brukervennlighet og pris.

Et dynamisk design er et system som hovedsakelig vil kunne motstå høye krefter, men samtidig være følsomt nok til at enkel berøring vil bli oppfattet og igangsette en konsekvens. Systemet skal være konstruert slik at det kan monteres på standard klatrevegger uten inngrep og permanente skader på hverken klatreveggen, boltene eller klatretak.

6.1.1.2 Brukervennlighet

En kunstig klatrevegg består opp imot hundrevis av klatretak, og et klatresenter kan ha hundrevis av klatrevegger. For at et slikt system vil bli tatt i bruk av klatresenterne, er det viktig at systemet er enkelt å installere og enda enklere å vedlikeholde. Et vanlig problem for klatresenterne er hvor hardt en bolt skal strammes, og tilstanden på boltene over tid. Dette er noe som kan bli tilfredsstillt ved hjelp av en form for måling av trykk påført av boltene via systemet.

For kunder som bruker systemet, skal ikke systemet forandre på hvordan det originalt føles å klatre, men heller tilføre en ny side som vil engasjere og motivere brukeren til å fortsette. Derfor er det viktig at systemet er lite nok til at det ikke vil stå som et hinder, men samtidig få plass til nødvendige komponenter.

6.1.1.3 Robusthet

Systemet vil bli påført krefter av høy magnitudo over lang tid, og dette må det kunne bli utsatt for uten plastiske deformasjoner. Disse kreftene kommer fra en bolt som er tilstrammet med 30Nm [8], og klatrere som påfører krefter alle tre akser. Lite bevegelige deler er ønskelig for å unngå utsatte punkter for korrosjon og må bli tatt i

betraktning så langt det lar seg gjøre. Materialer som blir brukt må være kjemisk stabile og ha høy grad av korrosjonbestandighet.

6.1.1.4 Sikkerhet

Systemet kan ikke være en faktor for økt risiko for ulykker i klatrevegger. Det er viktig at systemet er designet slik at brukeren ikke er utsatt for skarpe kanter eller noe som fingre kan hekte seg fast i.

6.1.1.5 Lønnsomhet

Dette systemet er ment som et produkt bedriften skal kunne selge og konkurrere med andre produkter på markedet [F]. Det å redusere kostnader assosiert med produksjon uten på bekostning av kvaliteten på produktet er derfor viktig. Hvor vidt et produkt er vellykket på markedet kommer stor an på hvor strategisk kostnadene er håndtert i forhold til konkurrentene. Kostnader under produksjon skal derfor holdes til de minimale.

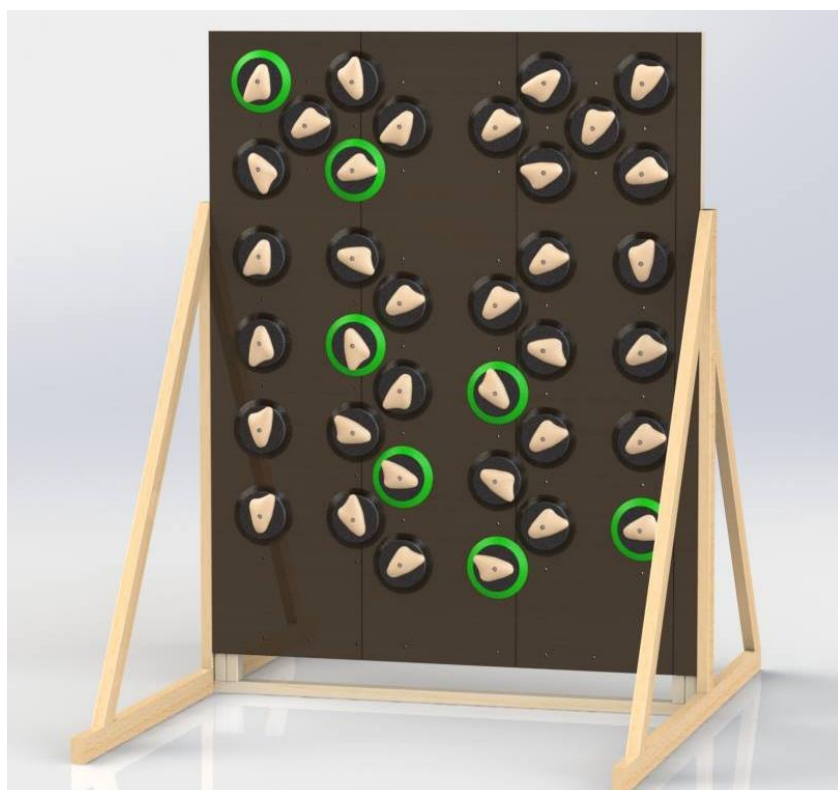
6.1.2 Konseptutvikling

Følgende delkapittel vil beskrive gruppens løsning på det initiale konseptet presentert av patentet. Dette er arbeid som er vurdert, utført og testet for å se på mulige løsninger og problemstillinger til et dynamisk klatresystem.

6.1.2.2 Overblikk

Det initiale og utarbeidete konseptet som er vist på figur [16] under. Igjennom hele utviklingsfasen var det blitt satt grenser på hvilke komponenter og materialer det var logisk ta seg nytte av. Bakgrunnen for dette er at USN tilbyr opplæring og har utvalg av komponenter og materialer som var lett tilgjengelige. Selv om dette ikke var optimalt med tanke på design, så gav dette et grunnlag for å gi en versjon for et endelig produkt. Designet er utviklet med bildet fra patent WO 2016159778 som utgangspunkt. Gjennom utviklingsfasen har det blitt SolidWorks 2018 til å modellere og analysere konsepter. Store deler av produktet er 3D-printet i polymelkesyre (PLA).

Videre i dokumentet er x-akse ment som horisontal akse på planet i vegg, y-akse som vertikal akse på planet i vegg og z-akse ment som aksens i normalretning til klatreveggen, langs bolten.



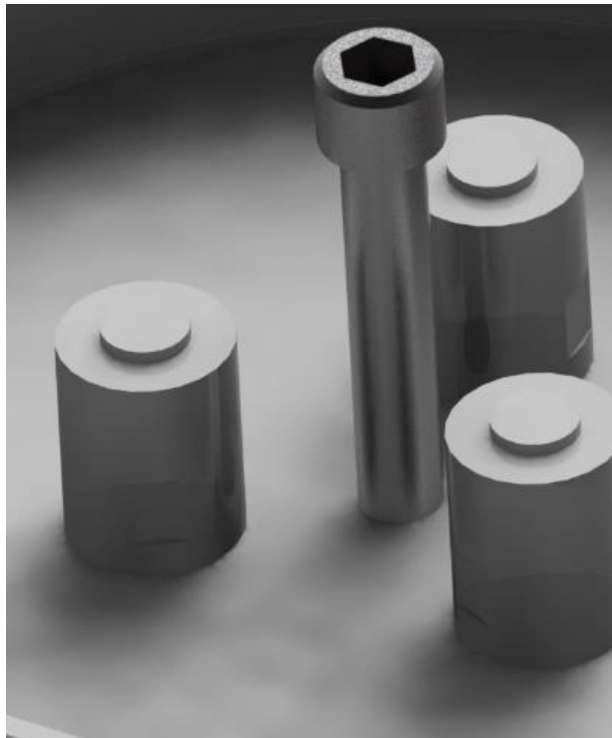
Figur 16: Modell av testvegg

6.1.2.3 Implementasjon av Dynamisk Design

De forskjellige punktene nevnt over i punktene 6.1.1.2 -6.1.1.5, er bakgrunnen for hvordan designet har utviklet seg, og hvilket løsninger det er kommet frem til. Store deler av løsningen er preget av bruken av symmetri, som har vært en viktig del igjennom utviklingsprosessen.

6.1.2.4 Tre Bæresøyler

Det å isolere krefter fra bolten, var hovedfokus fra startfasen av prosjektet. Ved å redusere kontaktpunkter mellom bolt og overflater hvor det ikke kan brukes målingsinstrumenter, er det i teorien, minnet fare forurenset data. Løsningen som er kommet frem til er bruken av tre symmetriske søyler som tar imot alle krefter, og hvor sensorer er logisk plassert for å måle påførte krefter. Tykkelsen på søylene har en bestemt diameter på 20mm som er tilpasset sensorer. På figur [17] vises søylenes plassering i forhold til bolten.



Figur 17: Søylers plassering rundt bolt

Det er regnet hvor mye bøyninger det er på søyler samt bolt i vedlegg F.3 Bøyning.

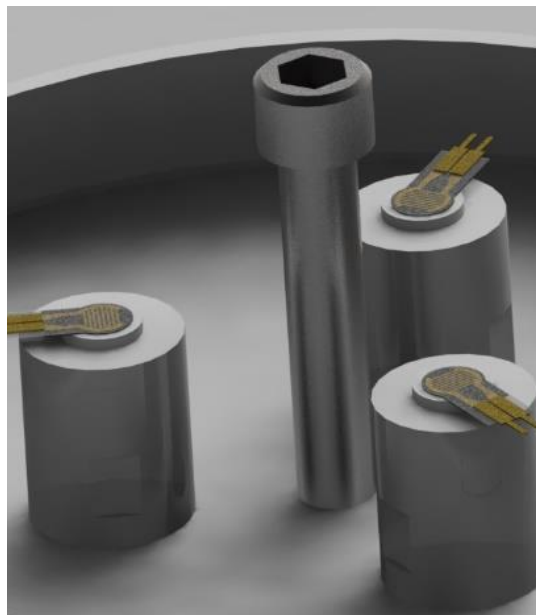
Sikkerhet mot knekning er beskrevet i vedlegg F.5 Kneking.

$$F = \frac{\pi^2 EI}{(KL)^2}$$

$$FoS = \frac{\textit{knekningslast}}{\textit{faktisk last per søyle}}$$

6.1.2.4.1 Løsning for Krefter i Z-Retning

Det er ønskelig at trykk påført fra boltstramming og en bruker av systemet skal være målbart. Løsningen som er kommet frem er å lede alle kreftene som går i samme akse som bolten igjennom tre trykksensorer. De vil være plassert mellom kontaktpunktene. Vist i figur [17]: tre søyler som er plassert symmetrisk med en gitt radius fra bolthullet. Med tre kontaktpunkter er underlaget stabilt og alle punkter er alltid under kontakt. Sum av tilstrammingskraft i z-akse fra bolt vil være lik summen av krefter som går igjennom kontaktpunktene. Fra Vedlegg F.4 Tilstrammingskraft fra Bolt viser en utregning på at trykket påført fra tilstramming av bolten er i teorien 3850N.



Figur 18: Trykksensorer på kontaktpunkter

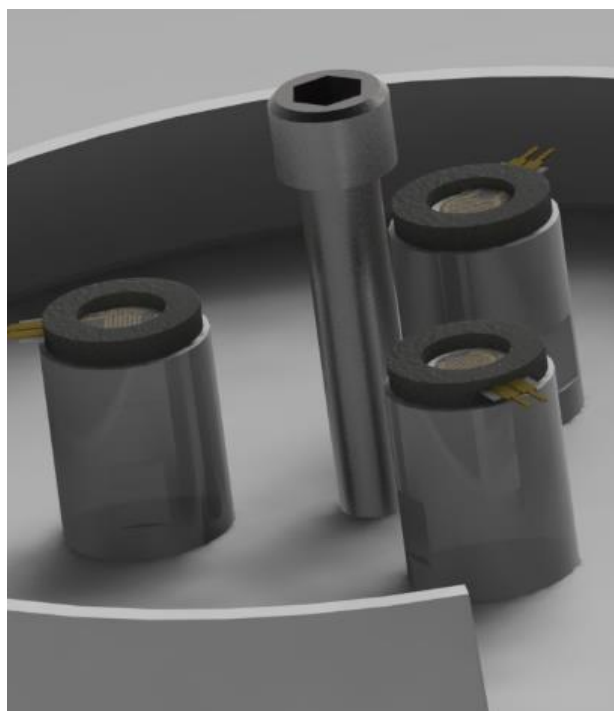
$$F_{net} = \frac{F_T}{c * D}$$

$$F_{net} = F_1 + F_2 + F_3$$

6.1.2.4.2 Løsning for Nedskalering av Krefter i Z-Retning

Ettersom omfatningen av trykket i z-retning er så stort, har dette vist seg å være et problem for trykksensorene mellom kontaktflatene. Trykksensorer, relevant for prisrammen prosjektet har forholdt seg til, tåler ikke trykket som vist i E.2 Tester Prototype 1.

Løsningen som er kommet frem til for å nedskalere trykket som er påført sensorer i z-retning, er ved bruken av gummipakning rundt kontaktflatene. Dette konseptet er vist i figur [19]. Løsningen er at trykksensorer ikke blir påvirket av trykk lavere enn den mengden pakningen krever for å komprimeres. Det var ønskelig å bruke gummipakning som en proporsjonal fjær, men etter FEM-analyse i E.4 Statisk Test 3850N på Pakning og utregninger og sammenligninger av tabeller er det tydelig at pakningen ikke vil komprimeres proporsjonalt med trykk påført. Trykk påført gummipakningene er 7.27MPa og de vil komprimeres rundt 50%. Dette tilsvarer en reduksjonshøyde på ca. 1.5mm, og vil være avstanden over trykksensorene nødvendig for å dempe trykket.



Figur 19: Pakning rundt sensorer

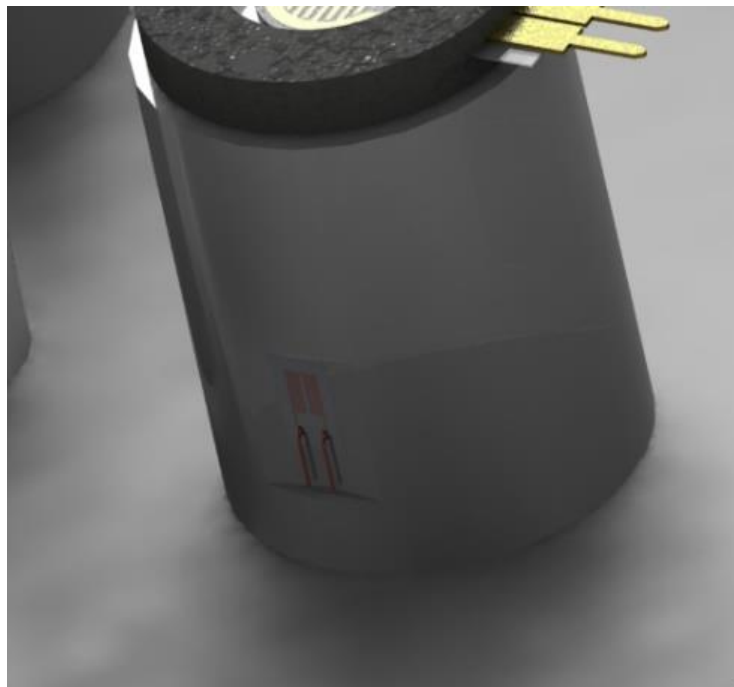
$$P = \frac{F}{A}$$

6.1.2.4.3 Løsning for Krefter i X- og Y-Retning

Løsningen som er kommet frem til for å måle krefter påført i x- og y-retning er å plassere to strekkklapper i en «Wheatstone bridge»-krets på hver side av søylene vinkelrett mot midten. Dette er vist i figur [20]

Ved å måle forskjeller av tøying mellom to punkter. Utregningene for hvordan dette er kommet frem til er beskrevet i vedlegg F.3 Bøyning.

Det er ønskelig å bruke en konstant K for som beskriver forholdet mellom tøying og kraft påført.



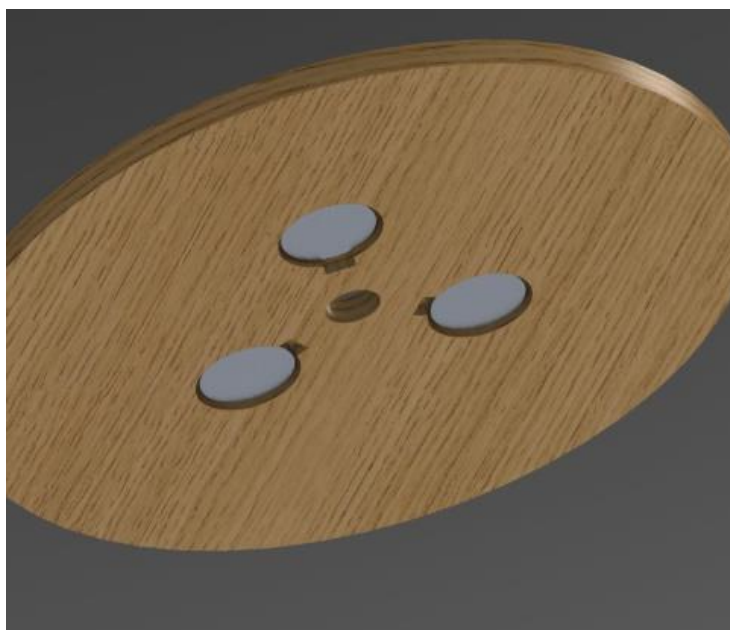
Figur 20: Wheatstone bridge langs side av søyle

$$F_T = K(F_A + F_B + F_C)$$

6.1.2.4.4 Løsning for å Lede Krefter fra Klatretak til Sensorer

Løsningen som er kommet frem for å lede vridningsmoment, samt lineære krefter, er å grave inn spor for søylene slik at de sitter fast i lokket. Vist i figur [21]. Det er også gravert bort rom til ledninger fra trykksensorer. Lokkets hensikt er å ta «dra» og «dytte» i alle retninger fra en 2mm overlapp over på toppen av søylene.

Dette lokket er laserkuttet ut fra to kryssfiner plater. Oversiden er en jevn disk, mens undersiden har dimensjonene til søylene under. Det var nødvendig å forsterke overflaten i kontaktpunktene. Dette ble gjort ved bruk av 1mm tykk aluminiumsplate.



Figur 21: Topplukk med aluminium plater

6.1.2.4.5 Løsning for å Lede Krefter fra Klatretak til Sensorer

Selv om det ikke er meningen, så er produktet er svært utsatt for støt langs x- og y-retning (i klatreveggen). Det krevdes derfor et deksel som var robust, vist i figur 7, men samtidig lot seg åpne for å komme til komponentene under. Dekselet er

designet for å beskytte topplaten fra å knekke under unormale støt, uten at den påvirker sensorene. LED-lysene er også på innsiden av dekselet, så den var nødt til å være gjennomsiktig. Løsningen som er kommet frem til er en gjennomsiktig ring med helning mot toppen med luke som kan åpnes med et bøyd stikk-verktøy.



Figur 22: Deksel ring med luke

6.1.2.4.6 Fester for Komponenter

Løsningen som er kommet frem til for at komponenter ikke sitter løst og blir skadet, er spor og fester som komponentene plasseres på. Komponentbrett sitter fast på grunn av friksjon. Se figur [23].



Figur 23: Komponenter festet til enhet

6.1.1.5 Oppsummering og Konklusjon

Hensikten med utviklingen av denne prototypen var å utvikle en mulig løsning på prosjektet, men også for å identifisere uforventede utfordringer og hvordan en kan håndtere disse. Det største problemområdet var hvordan å regulere trykk som blir påført sensor-overflaten. Det har vist seg at små ujevnheter under produksjon har gitt store feilmarginer. Det har gått mye tid på å jobbe seg rundt denne delen av konseptet, noe som har vært tidsmessig og teknisk krevende.

6.1.3 Produktets Fremtid

6.1.3.1 Materialvalg

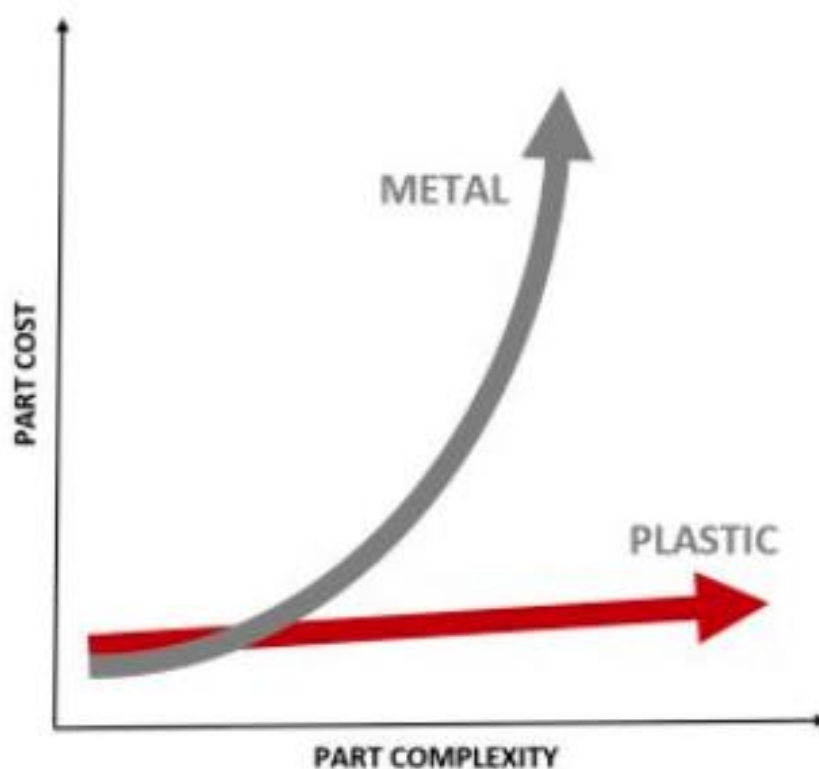
Som nevnt tidligere i rapporten ble prototypene i prosjektet laget av PLA plastikk ettersom dette var enkelt å bruke til prototyping, og lett tilgjengelig. Som et fremtidig produkt ble det diskutert rundt å lage produktet ut av metall, kompositt og til og med tre, men med tanke på gruppens visjon om å selge produktet på global basis var det kun produksjon i plast som var realistisk med hensyn på kostnad og kvantitet. Her er hovedgrunnene til å produsere et produkt ut av plast;

Produksjonstid:

Med relativt lav smeltetemperatur i forhold til metal, kreves det mye mindre energi for å forme materialet til et gitt design. Plast kan farges før produksjon, eller i dette produktets tilfelle, komme med et gjennomsiktig utseende.

Kompleksitet og kostnad:

Selv om teknologien i dag tillater produksjon av kompliserte metall deler, er det fortsatt mye tilvirkning som må til gjennom produksjonsprosessen for å få et godt resultat med høy nøyaktighet. Dette fører til lengre produksjonstid og høyere bemanning av arbeidet. Med plastikk deler er dette enklere. Som illustrert i figur [24] blir metalleder eksponentielt dyrere ved mer komplisert geometri, mens plastikk ikke blir mye dyrere når mer kompliserte deler produseres. Hovedårsakene bak dette er at samme tilvirkningsmetoder kan brukes på både enkle eller kompliserte plastdeler, plast produksjon kan i høyere grad automatiseres og plast produktene blir ferdig produsert med mye finere overflate, som videre krever mindre etterarbeid.



Figur 24: Kostnad som en funksjon av kompleksiteten til produktet [9]

6.1.3.1.1 Vekt

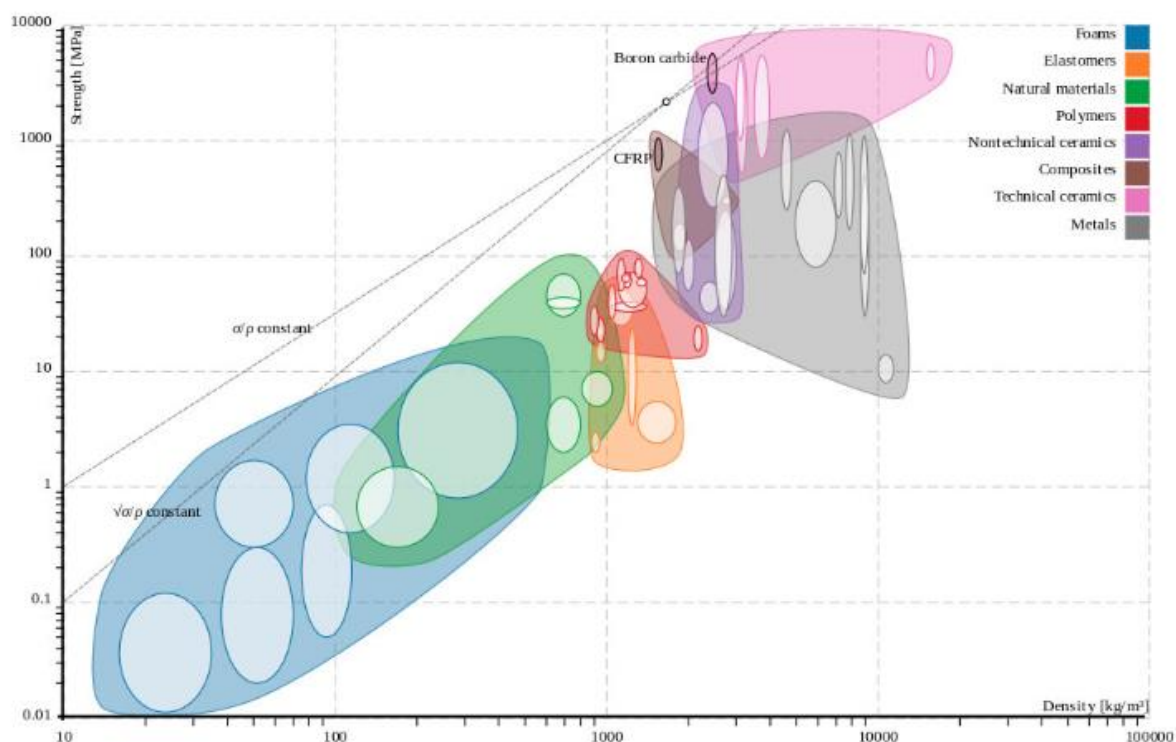
Selv med lette metaller som aluminium, vil de aller fleste plasttyper ha en mye lavere massetetthet. På figur [25] er massetettheten av vanlige metaller sammenlignet med noen vanlige produksjonsplaster. Dette betyr at ved bruk av plast istedenfor metall, vil man kunne ha betraktelig lavere vekt på produktet.

Material (common name)	Density (kg/m ³)	Plastics	
Metals		ABS	1,052
Aluminum	2,768	Acetal (Delrin)	1,356
Beryllium	1,868	Acrylic	1,163
Brass	8,500	Neoprene	1,384
Cast Iron	6,975	Polyamide (Nylon)	1,100
Chromium	7,197	Polycarbonate	1,190
Copper	8,940	LDPE (Low-Density Polyethylene)	913
Gold	18,878	HDPE (High-Density Polyethylene)	941
Lead	11,349	Polypropylene	913
Magnesium	1,743	PVC	1,467
Molybdenum	10,214	Teflon	2,159
Nickel	8,553		
Phosphor Bronze	8,858		
Platinum	21,452		
Silver	10,491		
Stainless Steel	7,861		
Steel	7,861		
Tin	7,308		
Titanium	4,512		
Tungsten	19,293		
Zinc	7,141		

Figur 25: Massetettheten til vanlige metaller og plaster [10]

6.1.3.1.1 Styrke

Et av de åpenbare argumentene til bruk av metall ovenfor plast, er styrken. Figur [26] er en logaritmisk graf, hvor massetetthet $[\text{kg/m}^3]$ er representert på x-aksen og styrke $[\text{MPa}]$ på y-aksen. Gruppene som skal sammenlignes her er den røde, som inneholder polymerer, og den grå som inneholder metaller.



Figur 26: Logaritmisk fremstilling av styrke (y-akse) og massetetthet (x-akse) for forskjellige materialgrupper

Gjennom grafen kan det observeres at polymergruppen er hovedsakelig svakere enn metallene, men er fortsatt innenfor et område på 10MPa til 100MPa. For deler som skal under høy belastning vil det derfor være gunstig å produseres i metall, men for dette produktet vil styrker i overkant av 100MPa være overflødig. For å gi en idé over hvor sterkt 100MPa er, så vil 500kg fordelt på kun én av de tre søylene gi følgende spenning;

$$500kg = 4903.3N$$

$$Areal_{s\oyle} = \pi * 10^2 = 314.16mm^2$$

$$\sigma = \frac{F}{A} = \frac{4903.3N}{314.16mm^2} = \frac{15.6N}{mm^2} = 15.6MPa$$

Med bakgrunn i punktene ovenfor konkluderes det med at plastikk vil være det beste materialet å bruke i videreutviklingen av produktet.

6.1.3.2 Produksjonsmetode

Det finnes flere metoder for tilvirkning og produksjon av polymer deler. For å velge rett produksjonsmetode er det viktig å ta i betraktning kostnaden, tiden det vil ta for å produsere produktet og anvendeligheten av metoden til produktet som skal lages.

Her er en liste over de mest brukte metodene;

- 3D-printing
- CNC-maskinering (CNC machining)
- Vakuumforming (Vacuum molding)
- Ekstrusjon (Extrusion)
- Blåsestøping (Blow molding)
- Rotasjonsforming (Rotational molding)
- Polymerstøping (Polymer casting)
- Sprøytstøping (Injection molding)

På tabell [8] er det en sammenligning av de forskjellige produksjonsmetodene. Denne tabellen gir ikke nøyaktige verdier, men skal bare gi en grunnleggende idé på hvilke metoder som realistisk kan brukes i sammenheng med dette produktet.

Oppsett tid: Beskriver tiden det vil ta før første del kan bli produsert.

Produksjonstid: Beskriver hvor lang tid hver enkelt del vil ta å produseres.

Maskin kostnad: Beskriver kostnaden for utstyret som trengs.

Kostnad per del: Beskriver kostnaden av hver enkelt del når produksjon er startet.

Optimalt volum: Beskriver hvor gunstig metoden er når et gitt antall skal produseres.

Kompleksitet av del: Beskriver hvilken grad metoden kan produsere avansert geometri og lave toleranser.

Metode	Oppsett tid	Produksjonstid	Maskin kostnad	Kostnad per del	Optimalt volum	Kompleksitet av del
3D printing	Timer	5-20 timer	Lav	Lav	1-100	Veldig høy
CNC maskinering	Dager	ca 1 time	Middels	Høy	100 - 1000	Høy
Vakuumpforming	Dager	sekunder/minutter	Middels	Middels	Alle volumer	Veldig Lav
Ekstrusjon	Dager	Sekunder	Middels	Lav	1000 - 10 000	Veldig Lav
Blåsestøping	Uker	Sekunder	Høy	Lav	10 000+	Veldig Lav
Rotasjonstøping	Uker	ca 1 time	Middels	Middels	1000- 10 000	Lav
Polymerstøping	1-2 dager	Varies	Lav	Middels	1-1000	Høy
Sprøytstøping	Måneder	Sekunder	Veldig høy	Lav	10 000+	Middels

Tabell 8: Sammenligning av produksjonsmetoder [11]

For dette produktet må det brukes en metode som tillater høyt volum (10 000+). Det må også være relativt lav produksjonstid og være i stand til å produsere avanserte former med høy nøyaktighet. Med dette i betraktning står valget mellom vakuumpforming, blåsestøping og sprøytstøping.

Vakuumpforming og blåsestøping er begge raske produksjonsmetoder som tillater høyt volum, men brukes kun på veldig tynnvegget geometri, og er derfor ikke realistiske for produksjon av dette produktet. Det er derfor sprøytstøping som anbefales som produksjonsmetode.

6.1.3.3 Sprøytstøping

Sprøytstøping er en prosess som innledningsvis krever høy investering i form av penger og tid, men som vil operere både billigere og raskere enn andre metoder så snart alt er satt opp. Det er derfor viktig å ha klart for seg hvor høyt volum en ønsker å produsere før denne produksjonsmetoden velges.

Siden metoden baserer seg på å sprøyte smeltet polymer inn i klargjorte former, er det tungvint og dyrt å kunne forandre på designet etter produksjonsstart. Disse formene må lages individuelt av eksperter, sett på figur [27], og installeres i sprøyttestøping maskinene figur [28] i etterkant. Maskinene kan justeres etter hvilken form som er satt inn, og må derfor ikke byttes ut ettersom nye versjoner av produktet skal lages.

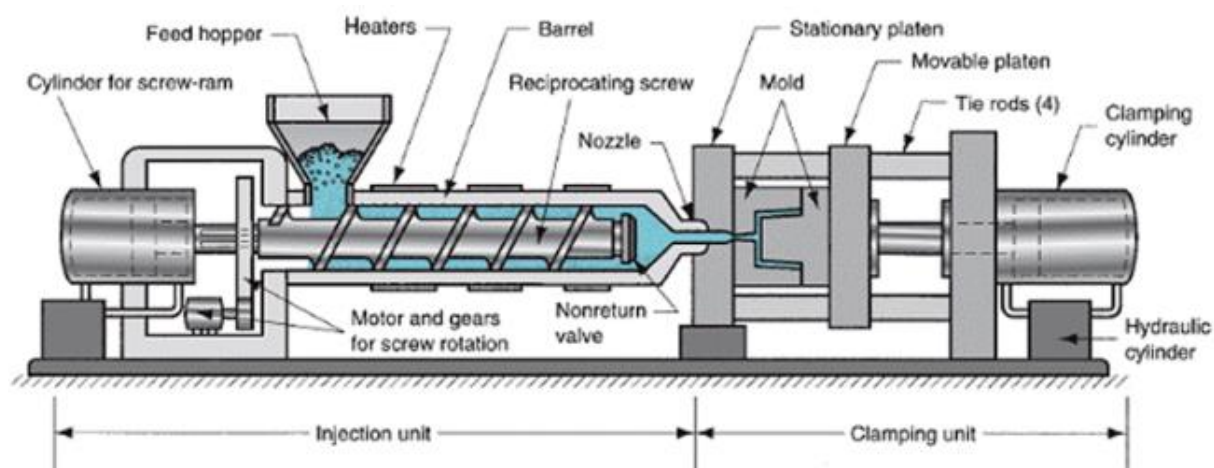


Figur 27: Sprøyttestøpingsmaskiner i fabrikk [12]

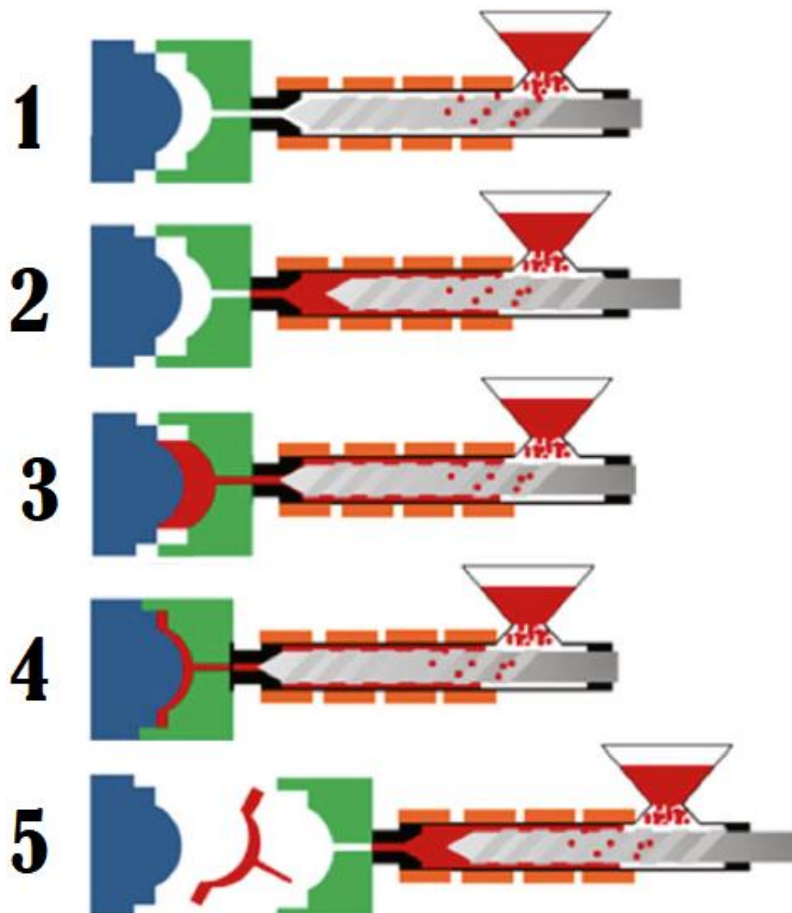


Figur 28: Sammensetting av former til sprøyttestøp [12]

Støpe prosessen kan deles opp i 5 hoveddeler, illustrert på figur [30]. Første mates plasten som kommer i råvare form av polymer pellets inn i et oppvarmet kammer med en drivskruer. Friksjonen mellom skruen og kammeret skaper varme, som sammen med varmeelementene i kammeret, sørger for at plasten blir smeltet til riktig viskositet. Drivskruen har også som hensikt å transportere flytende plast til framsiden av skruen, hvor det går gjennom en enveisventil og kommer under trykk i et kammer. Når nok flytende plast er samlet, skyves hele skruen fremover og sprøyter materialet inn i formen. Herfra strammes formen for å holde plasten under trykk, mens kjølevæske som blir pumpet gjennom formen sørger for raskere størkning. Når formen åpnes vil et ferdig produkt falle ut sammen med rest polymer fra sprøyteprosessen som kan resirkuleres og brukes i nye deler. For at delen lett skal løsne fra formen, er det også vanlig å spraye glidemiddel på overflatene av formen [13].



Figur 29: Tverrsnitt av sprøytstøpingsmaskin under støpeprosessen [14]

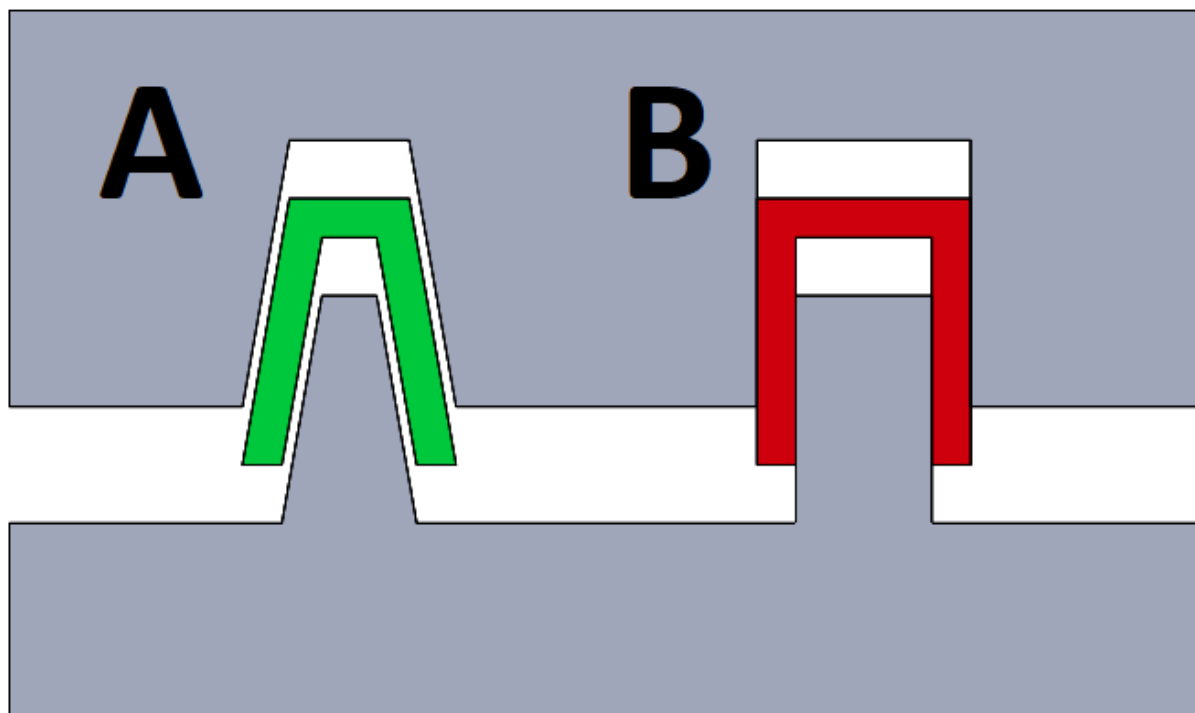


Figur 30: Trinn i en støpeprosess [15]

6.1.3.4 Utkastvinkel

En av ulempe med sprøytstøping er at noen geometrier er ugunstige å støpe. I tilfeller hvor man har nær 90° vegger, som vist i figur [31] eksempel B, vil friksjonen mellom delen og formen gjør den vanskelig å fjerne. Dersom geometrien er over 90° , vil selve delen stå i veien for utkast, og det vil være umulig å fjerne den hel.

Hvor stor utkastvinkel som er nødvendig kommer an på materialet og hvor mye det krymper under nedkjøling, men en god regel er å ha 1° utkastvinkel for hver tomme ($\sim 25\text{mm}$), ettersom lengre flater vil ha mer kontaktoverflate med formen [16].



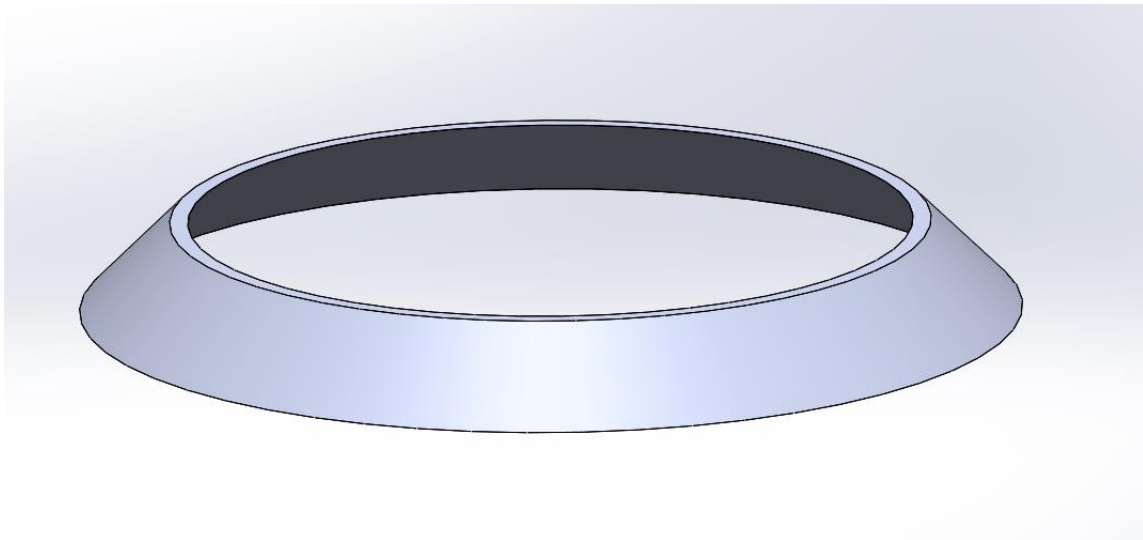
Figur 31: To forskjellige deler, med heldig (A) og uheldig (B) utkastvinkel [16]

6.1.3.4.1 Produksjonssteg

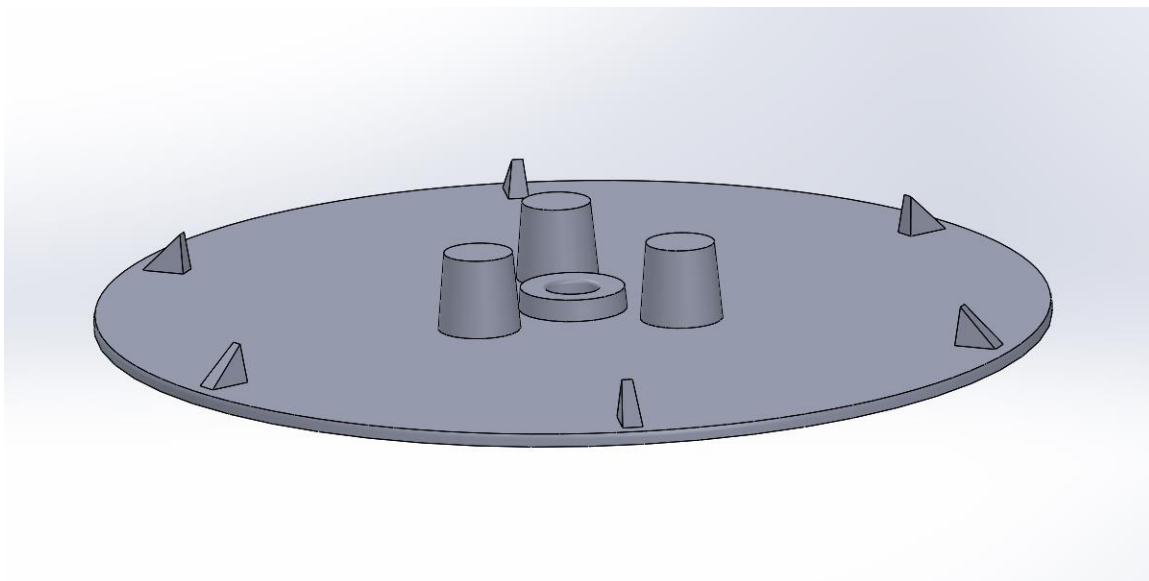
På grunn av geometrien til produktet vil det være nødvendig å dele produktet opp i flere delkomponenter som monteres sammen etter produksjon.

6.1.3.4.1.1 Sprøytstøping

Støpeprosessen vil i dette tilfellet bli todelt. Ytterringen vist i figur [32] vil støpes som én av delene og bunnen med søylene som på figur [33] som den andre. Geometrien på figur [33] er har en overdreven utkastvinkel på alle 90° vegger ettersom en realistisk utkastvinkel på mellom 0.5° og 1° ikke ville vært synlig på disse figurene.



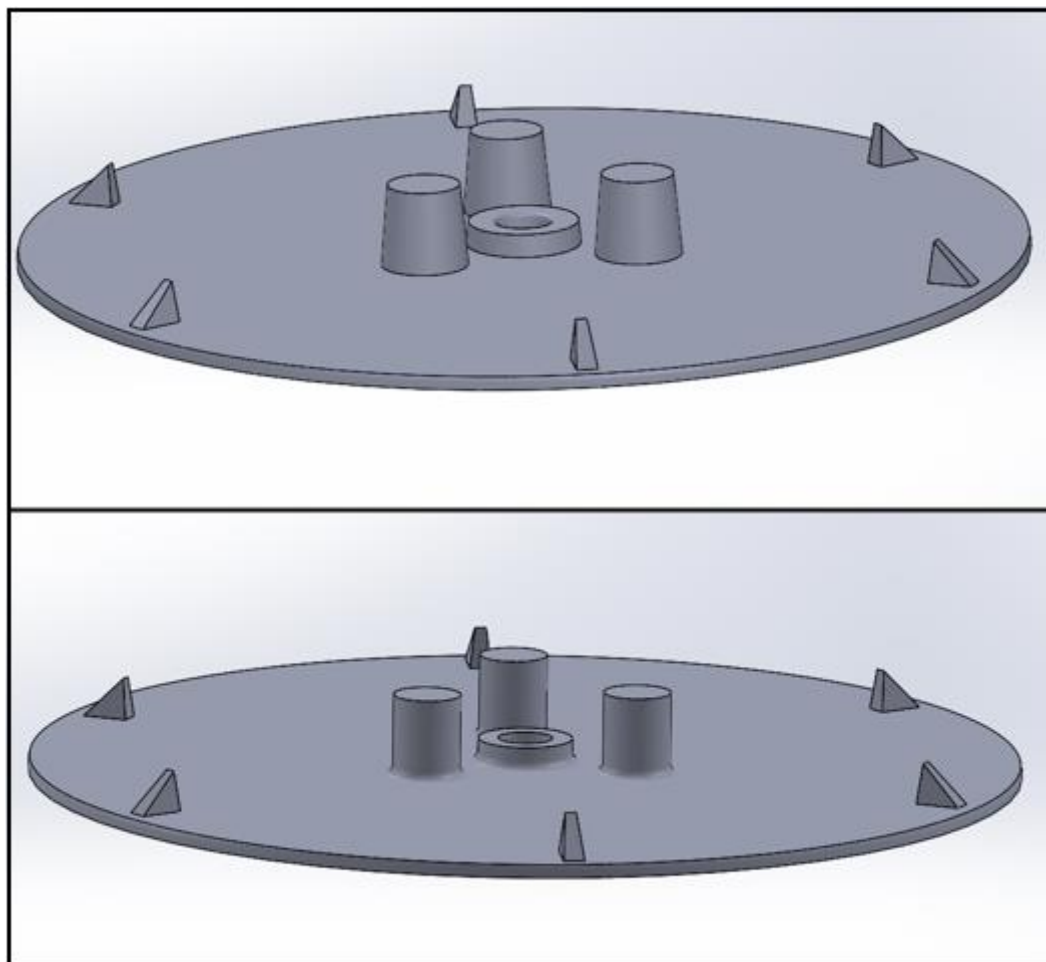
Figur 32: Ytterring som delkomponent



Figur 33: Bunn, søyler og støttevegger som delkomponent

6.1.3.4.1.2 Fresing

Gjennom automatisert fresing kan søylene raskt tilvirkes til 90° og er da klare for montering

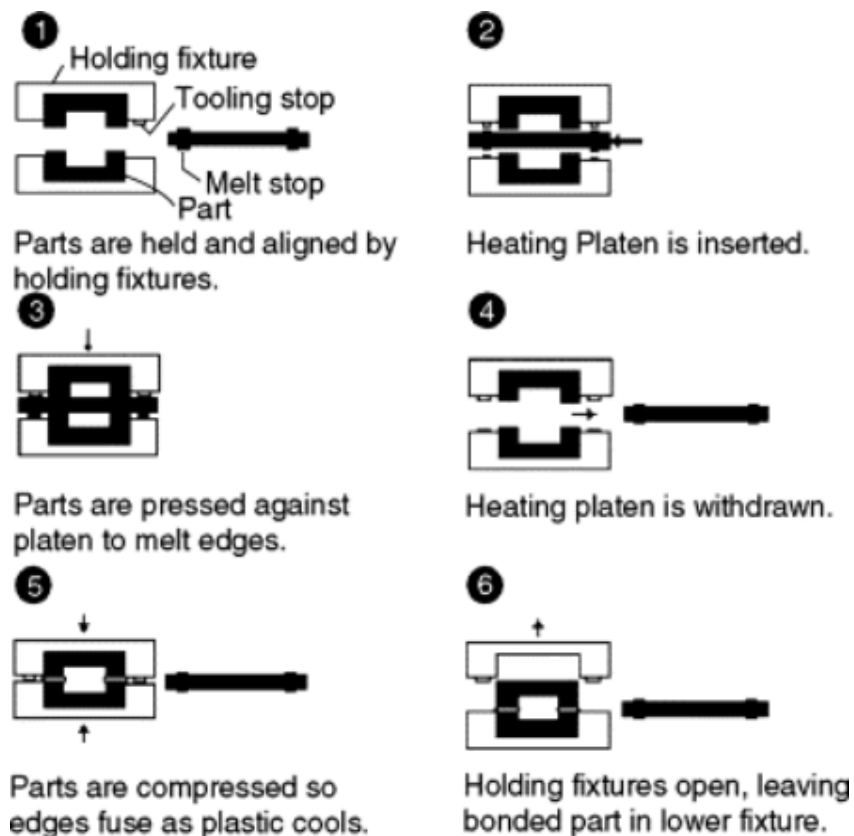


Figur 34: Fresing av utkastvinkel for å få rette søyler

6.1.3.4.1.3 Montering

Sammensveising av de to delene er gjort gjennom en prosess som heter «fusion bonding». Denne prosessen er brukt sammen med sprøytstøping i tilfeller hvor produktet må deles opp i delkomponenter før montering.

I denne prosessen, illustrert i figur [35] legges en varmeplate mellom de to delene. Delene blir trykket mot varmeplaten for å smelte plasten og samtidig skape en flat overflate som gir best mulig resultat under sammensveisingen. Smeltestopper på varmeplaten brukes til å holde smeltet plast på plass. Smeltedybde er bestemt av smeltetiden, og ligger som regel mellom 3-6 sekunder. Etter begge delkomponentene er smeltet fjernes varmeplaten og delene blir presset mot hverandre. Hele denne prosessen tar rundt 15 sekunder, og vil dermed ikke hindre den raske produksjonen som er ønsket gjennom sprøytstøping [17].



Figur 35: "Fusion bonding"-prosessen, steg for steg [18]

6.1.3.4.2 Termoplast

For at sprøytstøping skal virke trengs det en plast som blir formbar når det varmes, og som helst kan varmes flere ganger uten å miste de fysiske eller mekaniske egenskapene sine. Slike plaster kalles "termoplaster". De mest populære termoplastene som enkelt lar seg sprøytstøping er [19];

- Acrylonitrile Butadiene Styrene (ABS)
- Polyethylene (PE).
- Polycarbonate (PC)
- Polypropylene (PP)
- Polyamide (Nylon)
- High Impact Polystyrene (HIPS)

De kriteriene gruppen vil at valgt termoplast skal oppfylle er;

- Produktet skal være resirkulerbart.
- Produktet skal være billig å produsere.
- Produktet skal kunne masseproduseres til globalt salg.
- Produktet må være bestandig og kunne tåle realistiske påkjenninger.
- Produktet må kunne støpes med et halvgjennomsiktig utseende for at LED-lysene skal skinne gjennom

Siden alle termoplaster er resirkulerbare av definisjon, altså at de ikke mister egenskapene og styrken sin gjennom flere smelteprosesser, vil det være hensiktsmessig å vurdere de basert på pris i første omgang.

Fra markedsanalysen på figur [36] kan prisforskjellen for de forskjellige termoplastene ses.

Market Prices Effective Mid-June 2014	
Resin Grade	¢/lb
POLYETHYLENE (railcar)	
LDPE, LINER	98-100
LLDPE BUTENE, FILM	84-86
HDPE, G-P INJECTION	97-99
HDPE, BLOW MOLDING	92-94
NYMEX 'FINANCIAL' FUTURES	69.1
HDPE, HMW FILM	105-107
POLYPROPYLENE (railcar)	
G-P HOMOPOLYMER, INJECTION	76-78
NYMEX 'FINANCIAL' FUTURES	N/A
IMPACT COPOLYMER	78-79
POLYSTYRENE (railcar)	
G-P CRYSTAL	105-107
HIPS	112-114
PVC RESIN (railcar)	
G-P HOMOPOLYMER	78-80
PIPE GRADE	77-79
ABS (railcar)	
G-P MEDIUM IMPACT, INJECTION	94-97
PC (railcar)	
G-P INJECTION	1.87-1.96
NYLON 6 (railcar)	
G-P INJECTION	1.51-1.65
NYLON 66 (railcar)	
G-P INJECTION	1.71-1.86

Figur 36: Markedsanalyse av prisforskjeller på termoplast [20]

Tabell [9] viser de samme prisene i kr/kg i stigende rekkefølge fra lavest til høyest pris. Nylon og polycarbonate termoplaster er vesentlig dyrere enn alternativene, og vil derfor bli vurdert til sist dersom billigere termoplaster ikke møter kravene satt til produktet.

Termoplast råmateriale	Pris c/lb	Pris kr/kg
PP homopolymer, injection	77.00	4.00
PP impact copolymer	78.50	4.08
ABS, injection	95.50	4.96
HDPE, injection	98.00	5.09
PS HIPS	113.00	5.87
Nylon 6	158.00	8.21
Nylon 66	178.50	9.28
PC, injection	191.50	9.95

Tabell 9: Priser til utvalgte termoplaster omgjort til kr/kg [21]

Tabell [10] nedenfor viser ikke verdier tatt fra samme stykke termoplast, men gjennomsnittsverdien fra tester tatt fra mange forskjellige prøvestykker innenfor hver enkelt egenskap. Siden termoplaster har stor varians i tilsetningsstoffer og produksjonsmetode er det ikke mulig å gi fastsatte verdier til en termoplast uten å utføre fysiske tester på et prøvestykke. Tabellen skal derfor brukes til å sammenligne verdier mellom de forskjellige plastene og gi en idé over hvilke egenskaper et ferdig produkt vil ha [22], [23], [24], [25] og [26] .

Properties	PP homopolymer	PP impact copolymer	ABS	HDPE	PS HIPS
Mechanical Properties at 23°C					
Hardness, Rockwell R	94.8	86.5	107	48.7	109
Tensile Strength, Ultimate	29.8 MPa	30.8 MPa	40.6 MPa	21.3 MPa	39.9 MPa
Tensile Strength, Yield	31.6 MPa	27.1 MPa	44.6 MPa	26.1 MPa	34.6 MPa
Elongation at Break	146%	167%	33.30%	559%	14.20%
Elongation at Yield	10.60%	9.37%	4.33%	10.90%	1.20%
Modulus of Elasticity	1.70 GPa	1.32 GPa	1.98 GPa	0.966 GPa	2.71 GPa
Thermal Properties					
Flammability, UL94	HB - V-0	HB - V-0	HB - V-2	HB	HB - V-0
Minimum Service Temperature	-30.0 °C	-44.2 °C	-	-137 °C	-
Maximum Service Temperature	79.1 °C	115 °C	86.0 °C	96.8 °C	-
Processing Properties					
Processing Temperature	208 °C	221 °C	223 °C	211 °C	218 °C
Melting Temperature	213 °C	208 °C	222 °C	222 °C	222 °C
Mold Temperature	41.0 °C	44.7 °C	57.1 °C	29.4 °C	42.6 °C
Injection Velocity	-	-	200 mm/sec	-	200 mm/sec
Injection Pressure	58.0 MPa	77.6 MPa	73.3 MPa	56.2 MPa	-

Tabell 10: Utvalgte egenskaper for hver av termoplastene

6.1.3.4.2.1 Styrke

Fra utregningene gjort i Vedlegg F.4 Tilstrammingskraft fra Bolt kan man se at kraften påført av boltene er lik 3850N. For å finne hvor mye spenning går gjennom materialet i hver av søylene må det fordeles likt på alle tre.

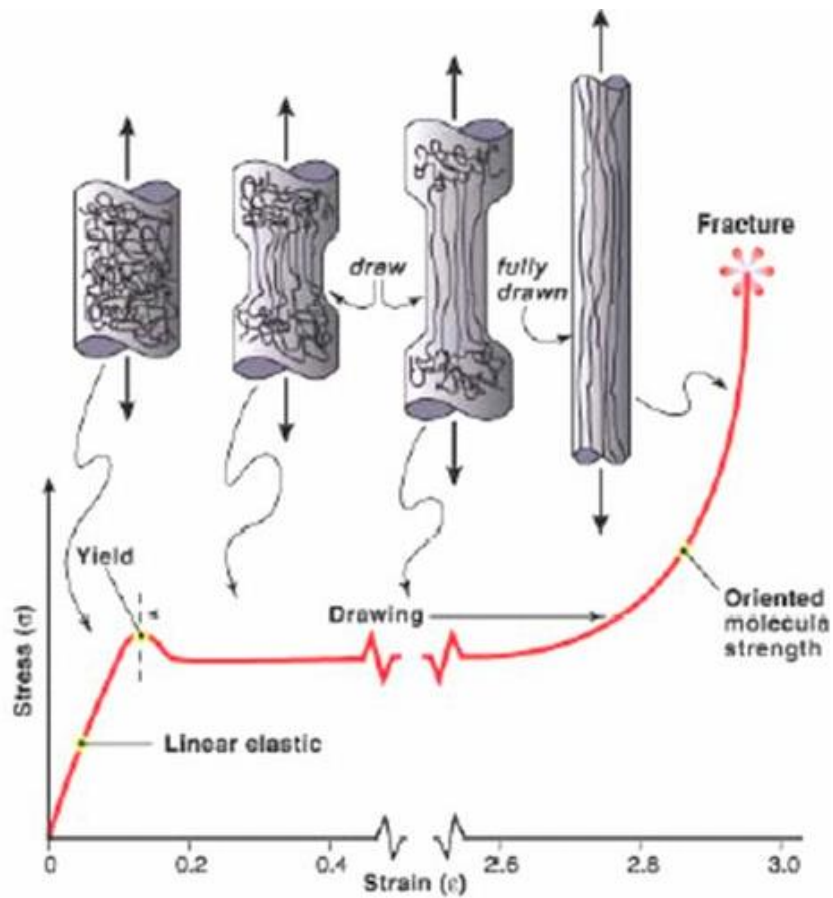
$$\frac{3850N}{3 \text{ søyler}} = 1283.3N \text{ per søyle}$$

Gitt en søylediameter på 20mm, vil dette gi et tverrsnitts areal på;
 $A = 314.6\text{mm}^2$ per søyle.

Spenningen påført søylene når de er innskrudd i veggen, blir da;

$$\sigma = \frac{F}{A} = \frac{1283.3N}{314.16\text{mm}^2} = 4.08 \frac{N}{\text{mm}^2} = 4.08\text{MPa}$$

For å enklere forstå hva disse verdiene betyr, er det lurt å forstå spennings-tøyningskurven. Figur [38] viser en typisk kurve for polymer. Denne viser hvordan materialet tøyer seg i forhold til pålagt spenning. Området som heter «elastic region» er hvor materialet kan tøye seg fritt, uten å bli permanent deformert eller ødelagt. Det er også verdt å nevne at det er dette området som åpner muligheten til å måle påførte krefter med strekkklapper, ettersom en bestemt tøying vil gi en tilsvarende bestemte spenning. Verdien for «yield strength» vil dermed være den høyeste spenningen dette materialet kan motstå før permanent deformerer seg og blir ødelagt, og «yield elongation» er hvor langt materialet har tøyet seg når dette skjer. Fra tabell [10] kan man merke seg at materialene med høy «Hardness», har tilsvarende lav «elongation at yield». Disse materialene er stivere og tøyes mindre under spenning.



Figur 37: Hvordan et prøvestykke ser ut under forskjellige steg av tøying [27]

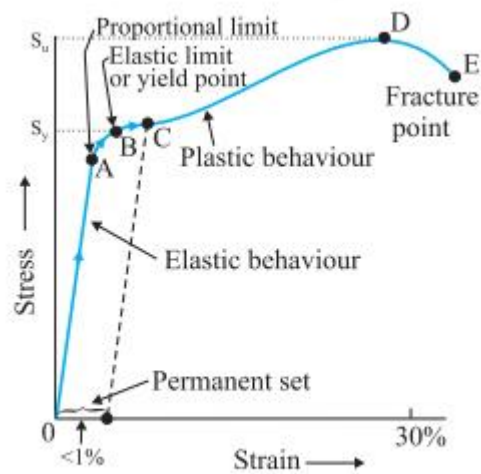


Fig. 2

Figur 38: Spenning-tøyningskurve med beskrivelse av viktige områder [28]

En stor ulempe med harde materialer er at de er veldig utsatt mot slag. Materialet vil i disse tilfeller sprekke istedenfor å bøye seg, og dermed ødelegge produktet. De optimale egenskapene til et valgt material med hensyn på å tåle mest mulig er derfor en balanse mellom seighet og styrke.

6.1.3.4.2.2 Tilsetningsstoff

For å tilpasse valgt termoplast er det også tusenvis av tilsetningsstoffer som kan blandes inn for å gi manglende egenskaper eller forbedre eksisterende egenskaper. Disse må tilpasses etter behov og etter hvilken plast produktet skal produseres i. Figur [39] viser noen vanlige tilsetningsstoffer og deres effekt på platen.

Additive / Filler / Reinforcement	Common materials	Effects on polymer properties
Reinforcing fibers	Baron, carbon, fibrous minerals, glass, Kevlar	<ul style="list-style-type: none"> ■ Increases tensile strength. ■ Increases flexural modulus. ■ Increases heat-deflection temperature (HDT). ■ Resists shrinkage and warpage.
Conductive fillers	Aluminum powders, carbon fiber, graphite	<ul style="list-style-type: none"> ■ Improves electrical and thermal conductivity.
Coupling agents	Silanes, titanates	<ul style="list-style-type: none"> ■ Improves interface bonding between polymer matrix and the fibers.
Flame retardants	Chlorine, bromine, phosphorous, metallic salts	<ul style="list-style-type: none"> ■ Reduces the occurrence and spread of combustion.
Extender fillers	Calcium carbonate, silica, clay	<ul style="list-style-type: none"> ■ Reduces material cost.
Plasticizers	Monomeric liquids, low-molecular-weight materials	<ul style="list-style-type: none"> ■ Improves melt flow properties. ■ Enhances flexibility.
Colorants	Metal oxides, chromates, carbon blacks	<ul style="list-style-type: none"> ■ Provides colorfastness. ■ Protects from thermal and UV degradation (with carbon blacks).
Blowing agents	Gas, azo compounds, hydrazine derivatives	<ul style="list-style-type: none"> ■ Generates a cellular form to obtain a low-density material.

Figur 39: Tilsetningsstoff og effekten disse har på polymer [29]

6.1.3.5 Konklusjon

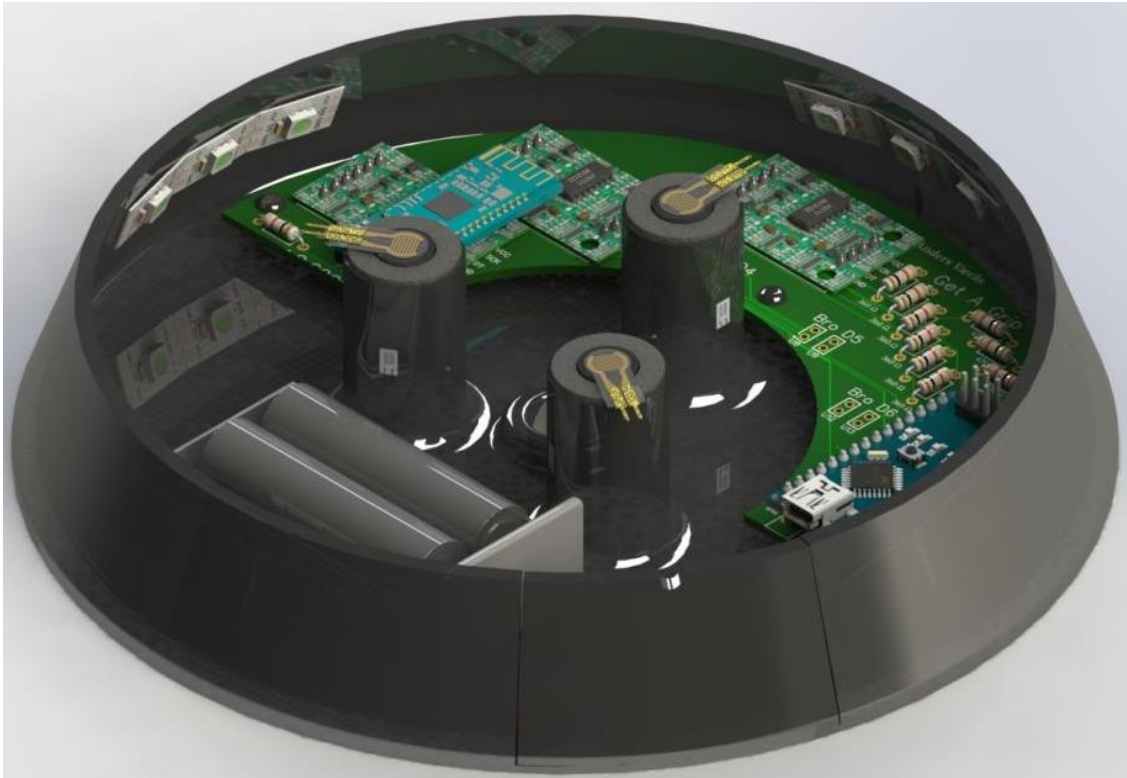
Av materialene vurdert i denne rapporten er det PP impact copolymer som konkluderes til å ha best egenskaper for dette produktet. Gjennom hardheten til HIPS og ABS vil begge være utsatt for sprekke dannelse gjennom bruk under klatring og på

motsatt side av skalaen er gir HDPE for mykt og gir lavere styrke enn ønsket. PP homopolymer og PP impact copolymer er sammenlignbare i egenskaper hvor sistnevnte kan betraktes som en oppgradering for å motstå slag. Disse variantene av polypropylen er også svært billige og lett tilgjengelig. Til sist må det nevnes at selv om denne rapporten konkluderer med polypropylen er det beste valget, vil forskjellige sammensetning av tilsetningsstoffer i de ulike termoplaster kunne forandre egenskapene til materialene helt og dermed gi en forskjellig konklusjon. Optimaliseringsprosessen for plast er for omfattende for denne rapporten, og vil kreve grundig testing og produksjon av forskjellige sammensetninger.

6.2 Teknisk - Elektro

I dette delkapittelet vil det gjennomgås valgene, resultatene og virkemåte til alle komponenter i Monkey-en. Samt begrunne valgene av komponenter i gruppens 2. prototype. Det vil presenteres det tekniske nivået for hver komponent og forklare virkemåten av disse. Etter det utdypes batterivalg og beregninger slik som forklaring på valg av batterier. Til sist vil prototypene presenteres fra et elektroingeniør ståsted, for å gi leseren en forståelse for produktets utvikling. Det er laget et eget dokument med alle kretstegninger som ligger i Vedlegg F.1 Kretstegninger.

Følgende delkapittel vil beskrive de tekniske komponentene som har vært anvendt i tidligere prototyper, og i den endelige prototypen kalt «Monkey». Komponentene valgt og anvendt i dette produktet skal kunne møte krav utformet fra patent WO 2016159778 og avdekket av «Get a Grip», slik at den ønskede funksjonaliteten på produktet oppnås. Det vil her utgreies om valg av komponenter, pris, samt komponentens spesifikasjoner og funksjonalitet.

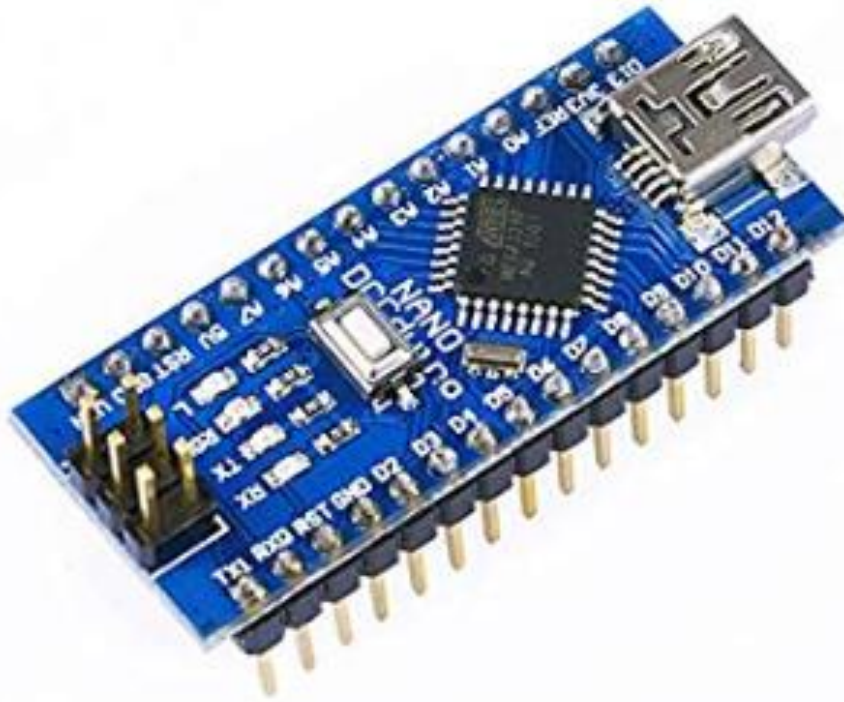


Figur 40: Prototype 2

6.2.1 Mikrokontrollere

Ved valg av mikrokontroller var det to kriterier som var relevante; anvendelighet og pris. Det er et svært bredt utvalg av mikrokontrollere, men valget falt på Arduino. Arduino er et populært og masseprodusert produkt, som er svært prisgunstig. Gruppen ønsket også å anskaffe en Raspberry Pi som master-enhet.

6.2.1.1 Arduino Nano

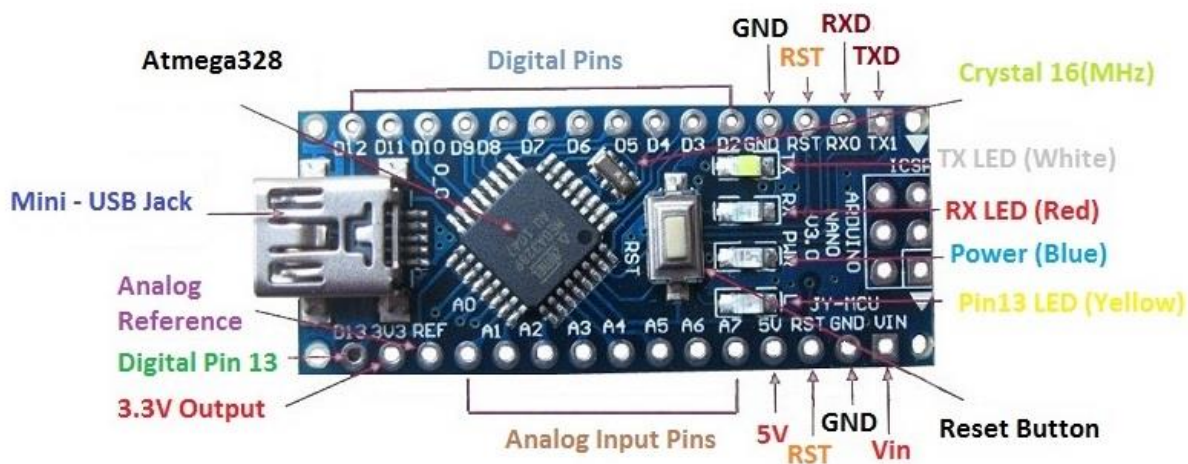


Figur 41: Arduino Nano [30]

Arduino Nano er en mikrokontroller utviklet av Arduino.cc basert på Atmega328p og Atmega168 (typer mikrokontroll chiper). Det finnes mange typer Arduino-brett men Nano ble valgt da den er enkel å jobbe med samt at den er billig og liten noe som var et fokuspunkt i dette prosjektet.

Det er veldig mye informasjon om dette kortet da det bygger på Arduino Uno som er et av verdens mest brukte kort.

Nano har 14 digitale utganger, 8 analoge, 2 jordingspinner og 6 strømpinner, samt Vin, RXT, TXD, fire innebygde lys og en reset-knapp. Den anvender 5V spenning, noe som er lavt og en fordel da gruppen ønsker så lang levetid på batteriet som mulig.



Figur 42: Utganger og innganger på en Arduino Nano [30]

Arduino Nano kobles opp med mini-USB og programmeres i et C liknende språk. Nano er programmert via mini-USB på en datamaskin.

Da brukes RX og TX, der RX mottar- og TX sender data, til en Bluetooth-modul av type HC-05. Dette er modulen gruppen har valgt å bruke i «Get a Grip» sine enheter, men for å kunne laste opp programmer uten problem brukes data porter istedenfor for TX og RX, der RX er involvert i programmeringen; om den brukes av Bluetooth kan man ikke laste opp programmer.

Microcontroller	Atmega328p/Atmega 168
Operating Voltage	5V
Input Voltage	7 – 12 V
Digital I/O Pins	14
PWM	6 out of 14 digital pins
Max. Current Rating	40mA
USB	Mini
Analog Pins	8
Flash Memory	16KB or 32KB
SRAM	1KB or 2KB
Crystal Oscillator	16 MHz
EEPROM	512bytes or 1KB
USART	Yes

Tabell 11: Arduino Nano – Spesifikasjoner [30]

Tabell [11] viser Arduino Nano sine spesifikasjoner, dette er identisk med Arduino Uno da begge kan bruke Atmega328p som kontroller. Det er viktig at brettet har nok minne til master Monkey-en som skal ta imot og sende data til sky- eller server-tjenester. Minne her er 32KB og har SRAM på 2KB.

6.2.2 Sensorer

Ved valg av sensorer var det to klare mål å oppnå; at enheten skulle kunne oppfatte berøring og at enheten skulle kunne måle krefter påført av en person. I oppgavens omfang tillot dette også «Get a Grip» å utvide funksjonaliteten til enheten ved hjelp av andre typer sensorer. Derfor var temperatur-, bevegelse og retnings- og fuktighetssensorer vurdert, samt akselerometer, gyroskop, GPS, mm. Da implementasjon av sensorer for å måle krefter viste seg å være tilstrekkelig omfattende, ble det avgjort å begrense valg av sensorer til de originale kravene om berøring og måling av krefter.

6.2.2.1 Trykksensor

Valg av sensorer skulle vise seg å være svært utfordrende, da gruppen sto på bar bakke i forhold til tidligere erfaringer med slike typer produkter.

Det ble utforsket mange typer trykksensorer («load cells») som kunne være aktuelle, men igjen ble pris en viktig faktor i avgjørelsen. Trykksensorer som kunne oppfatte trykk i en retning, viste seg å være et godt alternativ. Disse sensorene finnes i flere varianter, som skilles ved hvilke intervaller sensorene leser av den analoge inndataen. Desto høyere intervall, desto dyrere sensor. Valget falt på disse sensorene da de så ut til å kunne oppfylle kravet om å kunne detektere berøring ved trykkpåføring. Derfor valgte gruppen å bestille et utvalg av trykksensorer i forskjellig intervaller mellom 20 g og 1.5 kg. For å holde kostnadsnivået nede valgte «Get a Grip» å bestille sensorer med relativt lave målings-intervaller, for å kunne utføre forsøk for å avgjøre om denne typen sensor var passende. Det ble testet 20g-1.5kg og 0-10kg for å avgjøre hvilke av de som var gunstigst, grunnet pris ble det 20g-1.5kg da de funket like godt.



Figur 43: Trykksensor [31]

6.2.2.2 Strekkklapper og Bro

Etter gruppen hadde laget 1. prototype og startet iterasjon til neste prototype som fikk navnet «Monkey», bestemte gruppen seg for å bruke strekkklapper. Strekkklappene tatt i bruk er veldig sensitive og kan måle mye mindre bevegelse enn det som blir påført «Monkey-en». Dette gjøres med en forsterker av type HX711. Denne forsterker endringen i spenning som tilføres når strekkklappene strekkes på grunn av bevegelse av «Monkey-en». For å finne ut hvor mye spenning som tilføres broen må gruppen bruke formelen som man ser ved siden av figur [44]. Her har gruppen da fått strekk i strekkklappene, som endrer motstanden og igjen endrer spenningen. Uten broen (Wheatstone-bridge) i figur [44] hadde det ikke vært mulig å måle denne endringen. Broen fungerer på den måten at den er 0, dvs. $V_{out} = 0$ når det ikke er noe strekk i

strekkklappene, og høyere V_{out} verdi desto større strekk/bevegelse som blir påført Monkey-en.

$$V_{out} = \left(\frac{R1}{R1+R3} - \frac{R2}{R2+R4} \right) * V_{in}$$

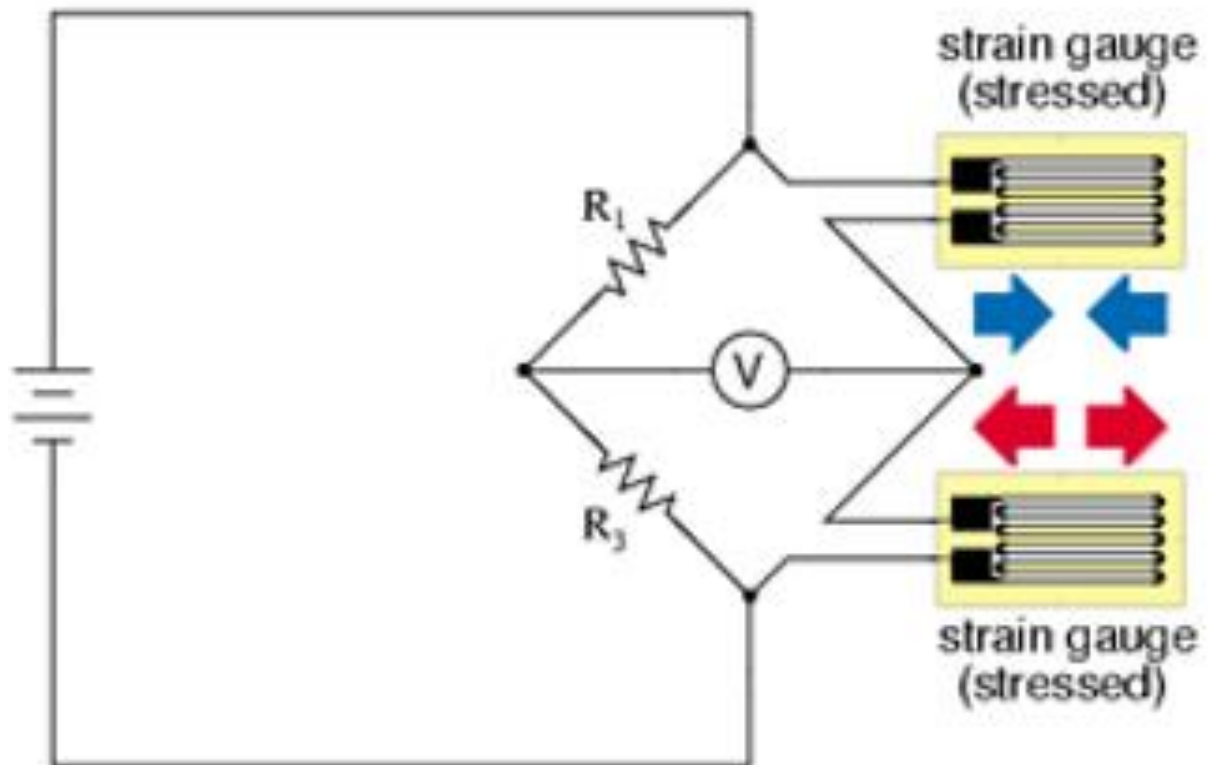
Setter inn tall:

$$V_{out} = \left(\frac{350\Omega}{700\Omega} - \frac{340\Omega}{340\Omega + 360\Omega} \right) * V_{in}$$

$$V_{out} = (0,5\Omega - 0,4857\Omega) * 5V = 71.5mV$$

Som formelen og figur [44] viser øker verdien i strekkklappen når den strekkes, og synker når den komprimeres så $R2 = 340\Omega$ og $R3 = 360\Omega$. 10Ω forandring er veldig mye og ikke reelt, en reell endring vil være rundt 10 ganger så liten.

Half-bridge strain gauge circuit



Figur 44: Halv-bro med to strekkklapper [32]

6.2.2.3 Temperatursensor

Temperatursensorer registrerer økning og reduksjon i temperatur. Den oppfatter, samler inn og overfører temperaturdata videre til en komponent som kan behandle denne typen data. Noen handling kan initieres i henhold til definerte algoritmer. Disse typene sensorer er som regel svært små i størrelse.

6.2.3 Forsterker

Forsterkeren er komponenten som gjør det mulig å bruke broen som ble utdypet videre i delkapittelet 6.2.2.2. Broen har liten V_{out} spenning, og med en så liten spenning vil ikke Arduino-en klare å registrere noen endringer. I et eksempel med bare 2Ω forskjell hadde det blitt veldig liten V_{out} , og jo mindre berøringer desto mindre strekk som igjen fører til mindre endring ohm (Ω). Følgende er et eksempel med liten endring/strekk.

$$V_{out} = \left(\frac{350\Omega}{700\Omega} - \frac{348\Omega}{348\Omega + 352\Omega} \right) 5V = 14.5 \text{ mV}$$

Dette er en så lav spenning at det er umulig å måle uten en forsterker; Arduinoen måler spenning gjennom analoge porter gjennom en ADC. Den har 1024 steg og måler opp til 5V, som betyr at det kan måles minimum endring på 4.8mV. Spenningen som blir tilført broen av Arduino-en er 5V. Beregningen blir da som følger;

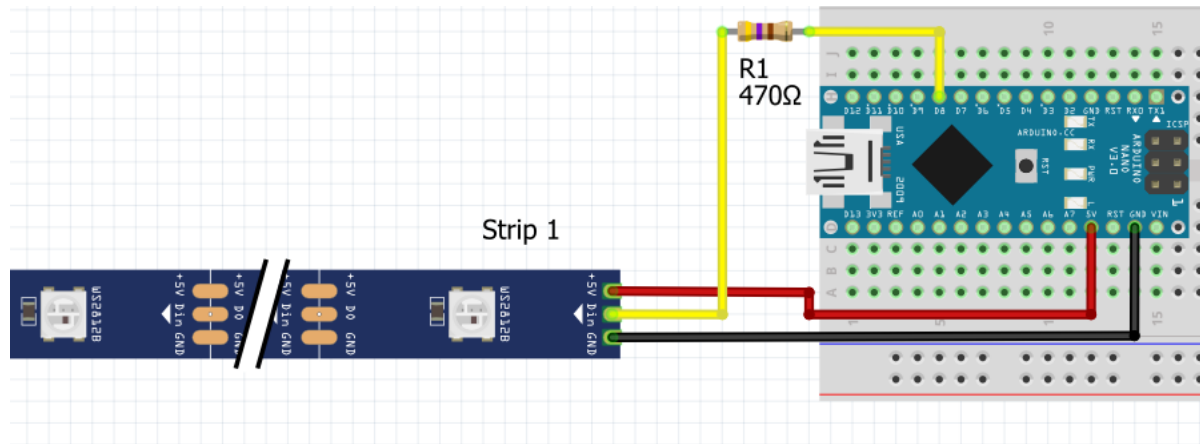
$$\frac{0,0145V}{5V} = 0,0029$$

som er 0,29 % mindre V_{out} enn påført spenning V_{in} .

6.2.4 LED-Strips

LED-lys var den komponenten det ble antatt kom til å bruke mest strøm, og da Monkey-en er batteridreven var det mye fokus på lav drift-strøm. Flere typer ble undersøkt, men gruppen endte opp med LED-strips av typen WS2812b, da disse tillater å kontrollere lysstyrke og farge på hver LED-diode individuelt samt at de anvender 5V spenning, tilsvarende Arduino-en. Disse LED-ene har en innebygget IC (chip) som gjør det mulig og kontrollere alle LED-ene med en kabel (signalkabel) i serie. Dette gir kun 3 kabler på hele LED-stripen noe som er veldig gunstig da plass

er begrenset i Monkey-en. Vin som er 5V fra Arduino-en, jord som går til jord på Arduino-en og signalkabelen som er koblet opp på en digital pinne.



Figur 45: Kablingsbrett for LED-strips

Det er noen triks som er verdt og kunne når man skal sette disse opp, det første er å bruke en motstand i serie med signalkablene (gul kabel) for og redusere støy. Bruk av kondensator er også kjekt for og jevne ut strømforsyningen og beskytte LED-lysene, denne settes da i serie med Vin.

Strømforbruket kan sees i tabell [12], hvor en kan lese at en LED-diode forbruker 20mA. Det er 3 LED-dioder i et RGB-lys. Dette vil si at om det kun anvendes grønn, rød eller blå, tilsvarer strømforbruket 20mA. Dersom alle 3 derimot anvendes likt og «blander» fargene for å få hvitt lys, forbrukes 3 ganger så mye strøm. Lysstyrken kan også reduseres ved kode, da det ikke nødvendigvis er behov for full lysstyrke for synlighet på klatreveggen.

Antall LED	Blått lys	Grønt lys	Rødt lyd	Hvitt lys
1	20mA	20mA	20mA	≈ 60mA
3	60mA	60mA	60mA	≈ 180 mA
Monkey	240mA	240mA	240mA	≈ 720mA

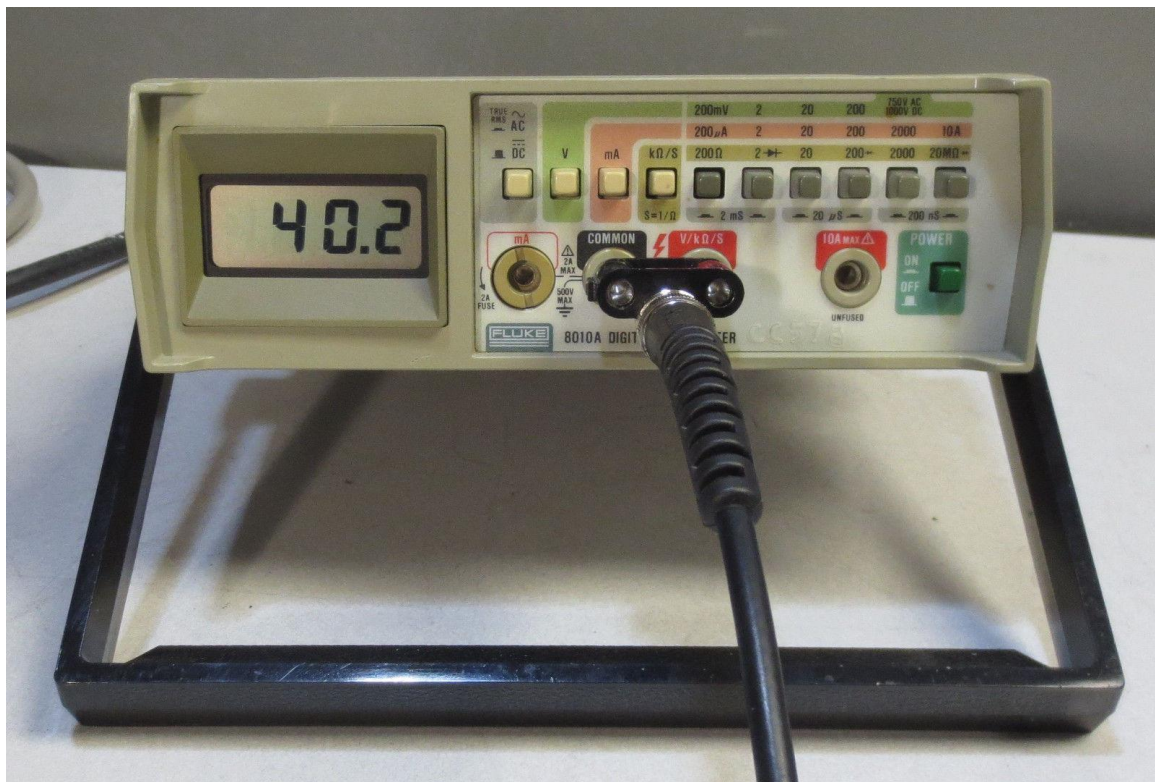
Tabell 12: Strømforbruk LED-dioder



[DOKUMENTASJON]

6.2.5 Batterivalg og Beregninger

Da enheten fungerte i henhold til «Get a Grip» sine spesifiserte krav og tester, valgte gruppen å undersøke strømmen i kretsen nærmere. Det er da spesielt viktig å bruke et nøyaktig måleapparat, og en Fluke 8010A figur [46] ble anvendt på utlån fra USN. Denne har en indre motstand på 6Ω som er svært lite i forhold til kretsen for øvrig, og gir dermed en svært nøyaktig avlesning. Toppeffekten ble målt til 150mA , noe som er noe høyere enn forventet, og normal-strøm ble målt til 120mA . Deretter ble en og en komponent målt for å avgjøre hvilke komponenter som var mest strømkrevende, og hvor det eventuelt kunne innspares noe ved utbytte av komponenter.



Figur 46: Måleinstrument Fluke 8010

Følgende resultater på 1 prototype ble avlest, med feilmargin på $\pm 1\text{mA}$ på toppeffektene;

Trykksensor	5mA
Bluetooth-modul	45mA
Arduino	25mA
LED-diode	75mA
Totalt	150mA

Tabell 13: Avlesning av strøm i komponenter

Ved besøket hos Klatrefabrikken Stavanger AS, ble det opplyst at klatretak i snitt tas ned av klatreveggene og vaskes hver 3. måned. Derfor ble det utformet et krav om at enheten skal ha en batterilevetid på 3 måneder, med tanker om å strebe etter å oppnå enda lenger batterilevetid for «Get a Grip» sitt produkt. Ved bruk av et 9V-batteri som nevnt over, vil levetiden på bakgrunn av beregningene vist i tabell [13] kun være noen timer.

9V-batterier har $\approx 500\text{mAh}$ som utgjør en levetid på;
 $500\text{mA levetid}/150\text{mA toppeffekt} \approx 3.5$ timer.

Det er her viktig å bemerke at beregning ved bruk av toppeffekt, er det maksimale enheten kan forbruke, et «worst case scenario». Enheten vil kun forbruke strøm når den er anvendes, og utover dette vil den ideelt sett forbruke langt mindre strøm. Ut ifra målingene kan det også sees at trykksensoren forbruker svært lite strøm, som er positivt da gruppen har anvendt flere av disse sensorene på hver enhet.

Bluetooth-enheten har et forbruk på 45mA ved toppeffekt men variasjoner mellom 20mA og 45mA, avhengig av om det sendes/mottas data eller ikke.

Arduino-en har en stabil måling på 25mA, som tilsvarte til forventningene og gav en klar indikasjon på at dette ikke var et sted det var mulig å spare inn på strømforbruket.

LED-dioden anvender hele 75mA, og dette ble ansett til å være en komponent det var enkelt og nødvendig å redusere strømforbruket på. Denne komponenten var definitivt feil valg for dette produktet, da det var ment å anvende mange dioder i omkretsen rundt enheten, som skulle anvendes for å lyse opp klatreruter og retninger. Denne enheten ble derfor byttet ut med den mer strømbesparende LED-stripen WS2812b som ble nevnt i avsnitt 6.2.4 over.

6.2.5.1 AA- og AAA-Batterier

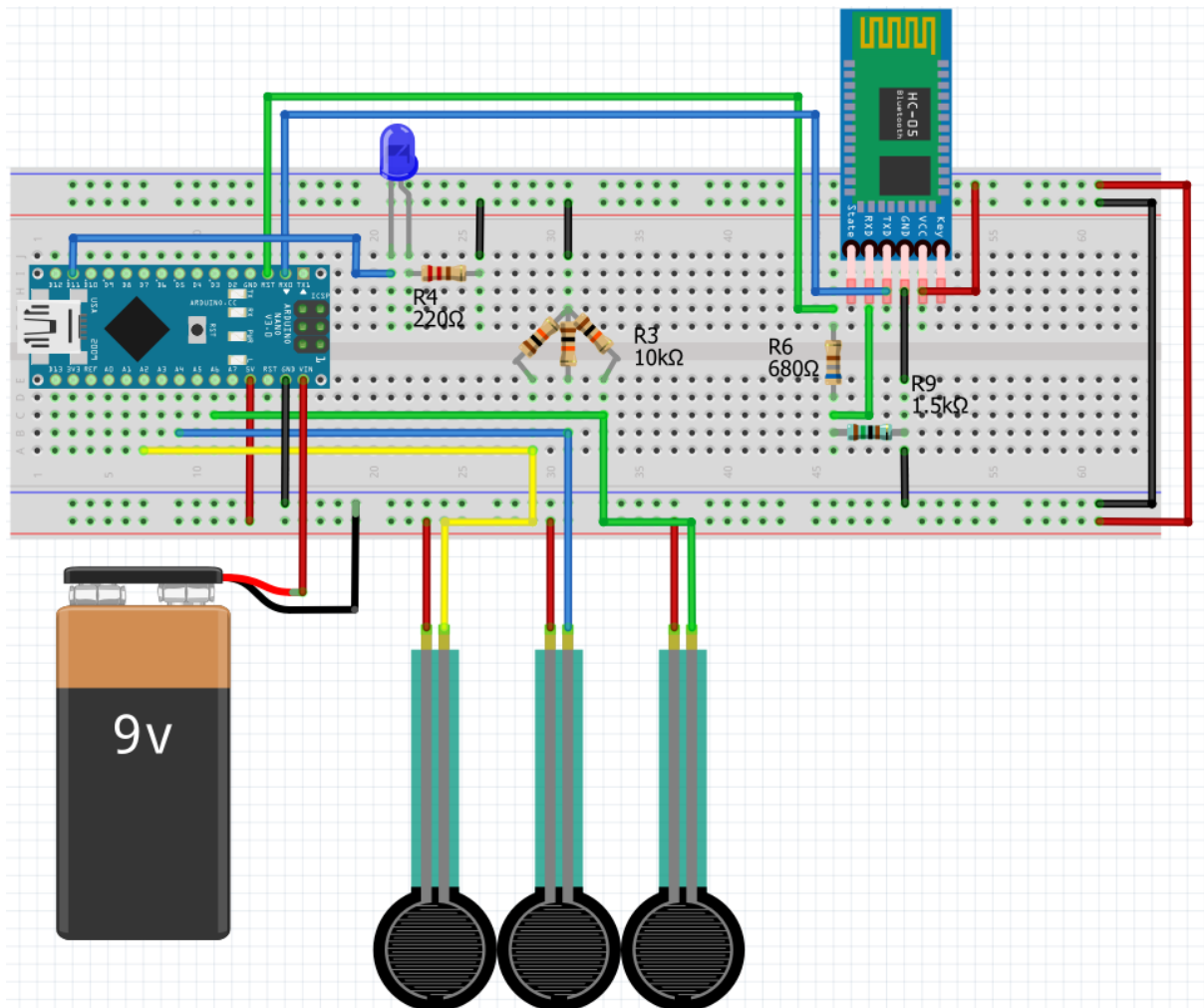
Kapasiteten på batteriene er svært avgjørende for å levere nok spenning til komponentene, men det er også pris. Bruk av vanlige AA- og AAA-batterier ble vurdert, da disse er lett tilgjengelige i en hvilken som helst dagligvareforretning, som ville gjort det svært anvendelig for sluttbrukeren. AAA-batterier har en kapasitet på 1200mAh og en spenning på 1.5V. AA-batterier har kapasitet på 2400mAh og spenning tilsvarende AAA-batteriene. Dermed ville det kreve 6-8 batterier koblet i serie for å oppnå høy nok spenning til formålet, og da er kapasiteten fremdeles uforandret.

Dessverre ble levetiden for kort med AAA-batterier og spenningen for lav med AA-batterier, til at disse var gunstige å anvende. For at disse typen batterier skulle kunne brukes ville det kreve et ufornuftig antall, ift. anvendelighet og enhetens størrelse. Med mindre strømforbruket ble redusert kraftig i kretsen til enheten, var det nødvendig å finne et alternativ til disse batteriene.



Figur 47: AA- og AAA-batterier [33]

6.2.6 Prototype 1



Figur 48: Prototype 1 - kretstegning

Denne prototypen anvender Arduino som er forklart i delkapittel 6.2.1. Arduino-en er prosessoren, og kontrollerer de andre enhetene, slik som LED-lys og Bluetooth-enhet.

Det ble anvendt et 9V-batteri og trykksensorer for lesing av trykk. Det ble utviklet test kode som beregnet gjennomsnittet av sensordata fra de tre trykksensorene, og ut ifra variasjoner fra gjennomsnittet leste ut berøringstilstand.

Når en trykksensor berøres og snittet endres over/under et visst punkt, lyses LED-lyset opp for å indikere berøringstilstand. Bluetooth-enheten overfører denne dataen trådløst videre fra Arduino-enheten til en datamaskin. På denne måten kunne gruppen observere sensorenes påvirkning under forskjellig trykk.

Dette var en nødvendig test for å kunne se bruksnyttene av disse relativt billige sensorene, da gruppen ønsket å få svar på om det i det hele tatt var mulig for sensorene å oppfatte om de ble berørt eller ikke. Det viste seg at det ville være nødvendig med en fjær eller o-ring for å redusere trykket påført trykksensoren for å kunne lese av berøringstilstand.

Trykket fra klatretaket ble for mye for sensoren uten noe å avlaste store deler av kreftene.

Valg av batteri ble gjort i en så kort prosess som mulig. Det ble ikke ansett som fornuftig å bruke tid på å forsøke å finne et passende batteri på annet grunnlag enn at det hadde nok spenning og holdbarhet til å drive disse enkle komponentene.

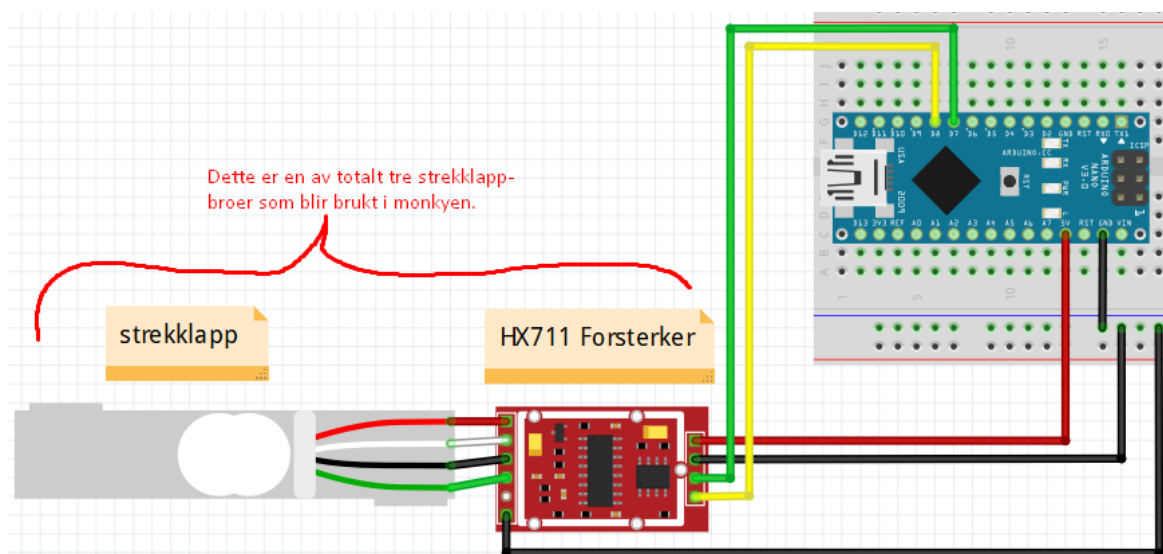
6.2.7 Prototype 2



Figur 49: Prototype 2

I denne prototypen fikk gruppen fortsatt lagt mye vekt på pris, nytteverdi og tidsbegrensning. Denne ble fortsatt styrt av en Arduino Nano som nå var utstyrt med nye batterier med bedre kapasitet. Gruppen brukte fortsatt trykk sensorer som i 1. prototype, men hadde også Streklapper som i teorien kan brukes for regne ut krefter påført klatretaket i x- og y-retning. Disse er mye billigere enn trykksensorer, men er mye mer jobb og sette på, det krever en viss nøyaktighet når de limes på. Det ble også laget kretskort til denne prototypen for å redusere bruken av løse kabler. Dette kan leses mer om i delkapittelet 6.2.8.

Det ble også lagt til LED strips av typen WS2812B som er nevnt i delkapittel 6.2.4. En av de største utfordringene var brua med forsterkeren da gruppen ikke hadde noen erfaring med disse. De ble koblet opp på måten som kan sees i figur [50].



Figur 50: Strekkapp-bro koblet opp mot to strekkklapper

Det er også laget en egen rapport om kretsbeskyttelse som er veldig aktuelt til denne prototypen. Den ligger i Vedlegg D.3 Kretsbeskyttelse og omfavner mye viktige utfordringer man må tenke på om man skal masseprodusere disse. Planen var å egge til noe i kretskortet brukt i denne prototypen men det ble ikke mulighet til det.

6.2.7.1 14505 (AA)-Batterier

Selv om det ble lagt til strekkklapper og LED-strips i designet på prototype 2, er strømforbruket relativt likt som ved prototype 1. Bluetooth-enheten, trykksensorene og Arduino-en forbruker like mye strøm, da disse er uforandret og koblet på samme vis som tidligere. Den største utfordringen er LED-lysene. Ved prototype 1 ble det anvendt en LED-diode som indikator på berøring av enheten, og ved prototype 2 skal det anvendes LED-strips som dekker omkretsen på enheten. LED-strips av typen WS2812B Som det står om i delkapittel 6.2.4. Disse LED-lysene bruker 20mA på diode i stedet for 75mA som i 1. prototype. som er nesten 4 ganger så lite.

Under vises tabellen med målingene, der er “worst case” og ikke reelt til normal bruk.

Trykksensor	5mA
Bluetooth-modul	45mA
Arduino	25mA
LED-strip	60mA
Strekklapp /m bro	5mA
Monkey	760ma

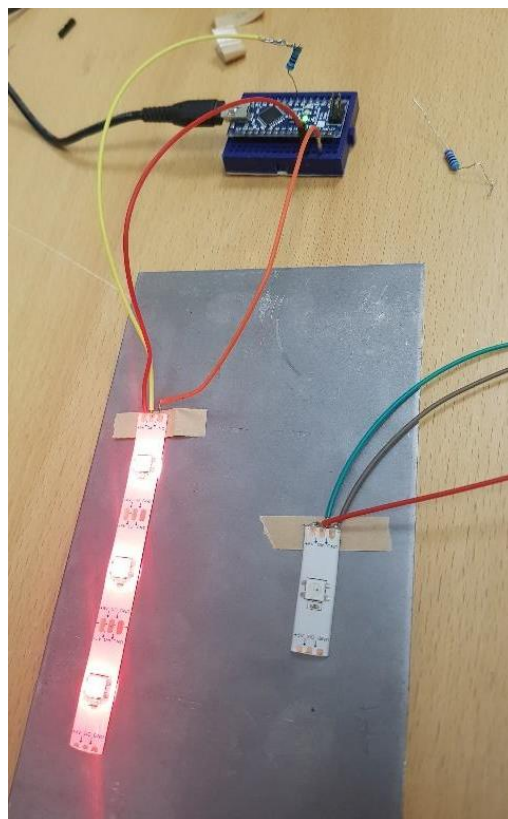
Tabell 14: Strømforbruk ved "worst case scenario"

Strekklappene forbruker lite strøm og krever svært lite strøm med forbruk på ≈ 5 mA per bro. Dvs. 15mA per enhet, da hver enhet er utstyrt med 3 broer per søyle. Ved første prototype ble det anvendt et 9V-batteri. 9 V-batterier har tilstrekkelig høy spenning, men for lav kapasitet for å vare så lenge som ønsket. Derfor var det nødvendig å anvende andre typer batterier til prototype 2.

For prototype 2 ble det anskaffet spesialbatterier med en størrelse på 14505 (AA) med en spenning på 3.6 V per stykk. Med denne typen batterier er det mulig å oppnå 7.3 V ved å koble batteriene i serie, $3.6 \text{ V} + 3.6 \text{ V} = 7.2\text{V}$. Dette gir en batterikapasitet på 2100mA som er langt overlegen batterikapasitet til 9 V-batteriene, med kapasitet på 500mA. Batteriene som ble anvendt kan sees i figur [51].



Figur 51: Batteri type 14505

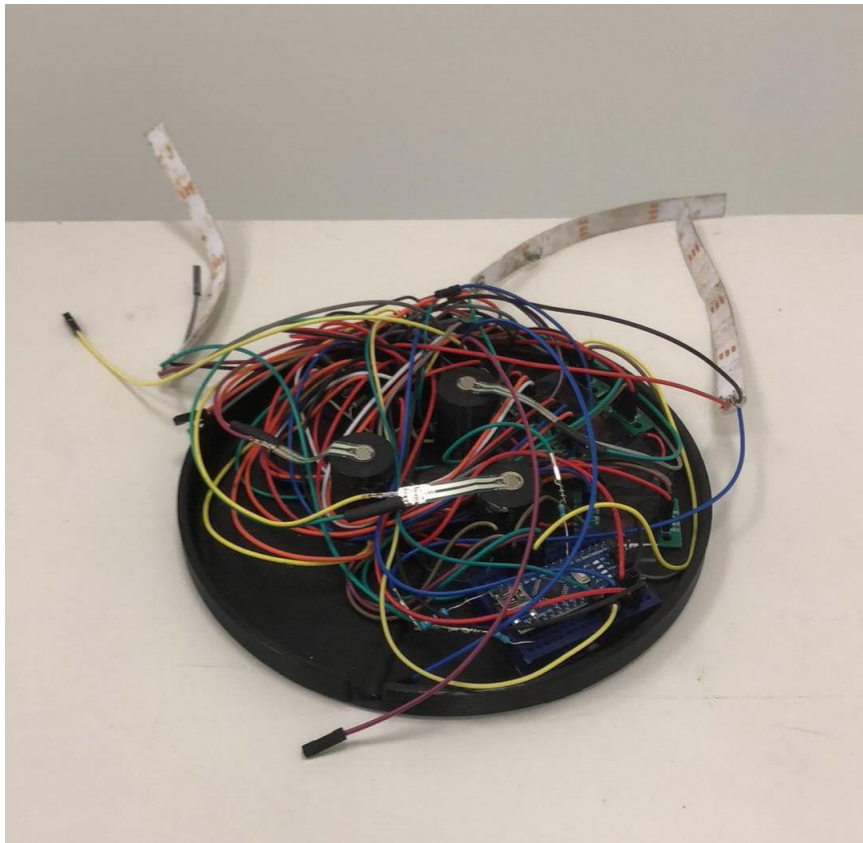


Figur 52: Testing av LED-strip

6.2.8 Kretskort

Gruppen har gått fra koblingsbrett til kretskort, slik at det tar mindre plass og reduserer risikoen for feil. For eksempel; kabler som mister kontakten, feilkoblinger av kretsen, bruk av uriktige motstandere eller at kablene kommer i klem med lokket og blir ødelagte. Dette er særlig viktig med tanke på at hver Monkey er utstyrt med ca. 55 kabler uten bruk av kretskort.

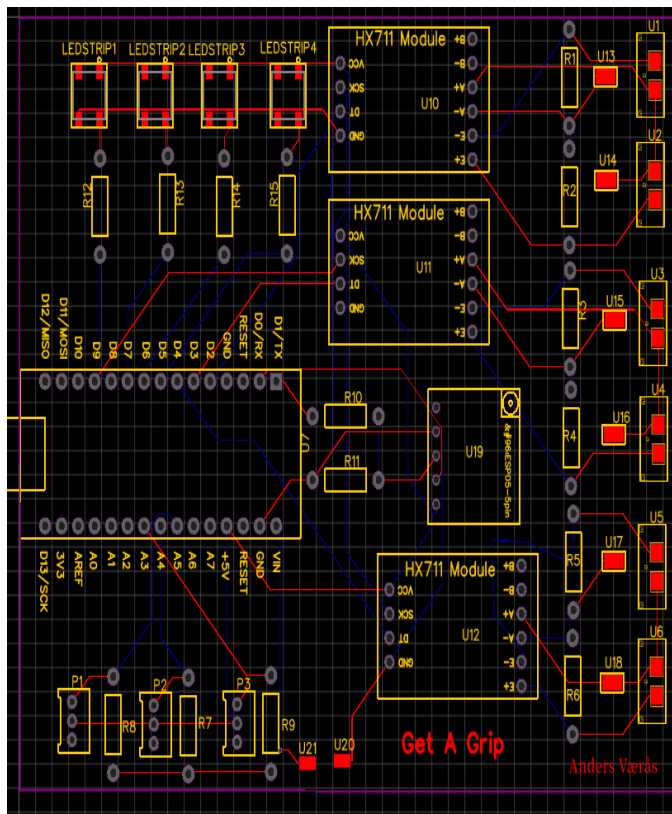
Mer utdypende informasjon om design og bestilling av kretskort kan sees i egen rapport om kretskort som ligger i Vedlegg D.2 Trykkede Kretskort.



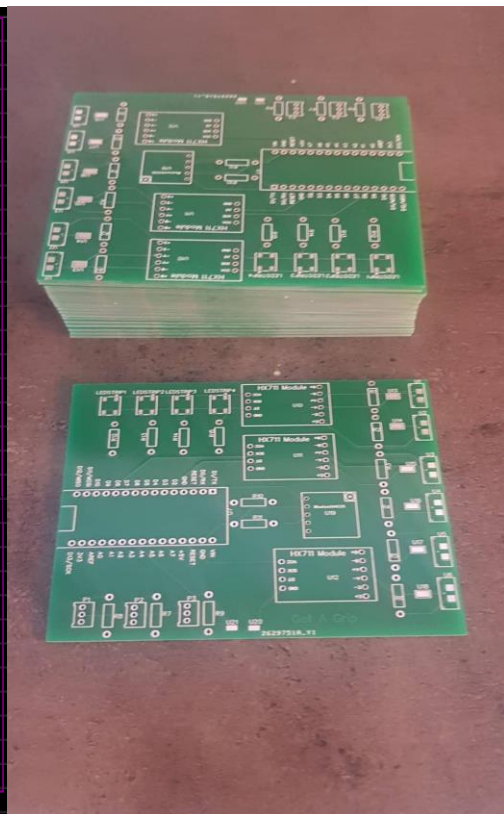
Figur 53: Kablingsbrett med kabler

6.2.8.1 Første Kretskort

I prosessen med design og bestilling av kretskort ble det lagt ned svært mye tid og arbeid. Alt fra tegneprogram til det å bestille denne typen produkter måtte undersøkes. Hvor produktet ble bestilt fra var viktig, da ikke alle produsenter leverer i prisklasser som passet for dette prosjektet, eller har for lav kvalitet på produktene de leverer. Kretskortene til «Get a Grip» ble bestilt fra EasyEDA som tilbyr en tjeneste hvor arbeidet kan lagres på deres websider. Denne bedriften samarbeider med JLCPCB som er en av kinas største kretskort fabrikker.



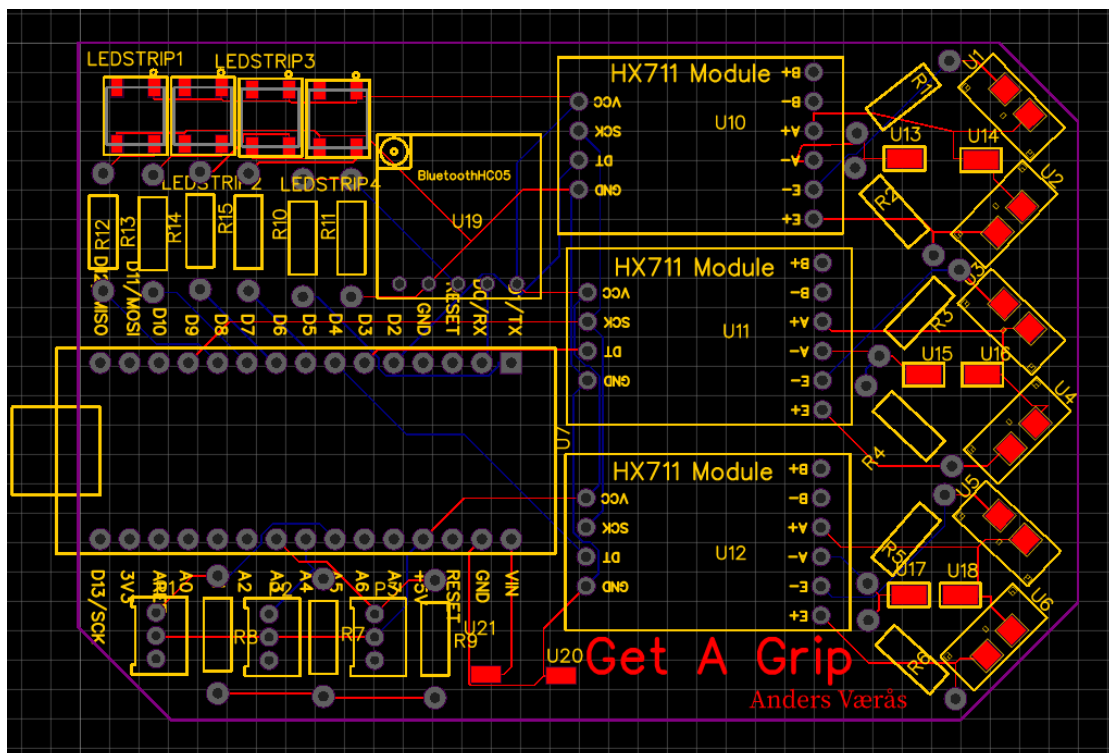
Figur 54: Design av kretskort nr. 1



Figur 55: Produserte kretskort

6.2.8.2 Andre Kretskort

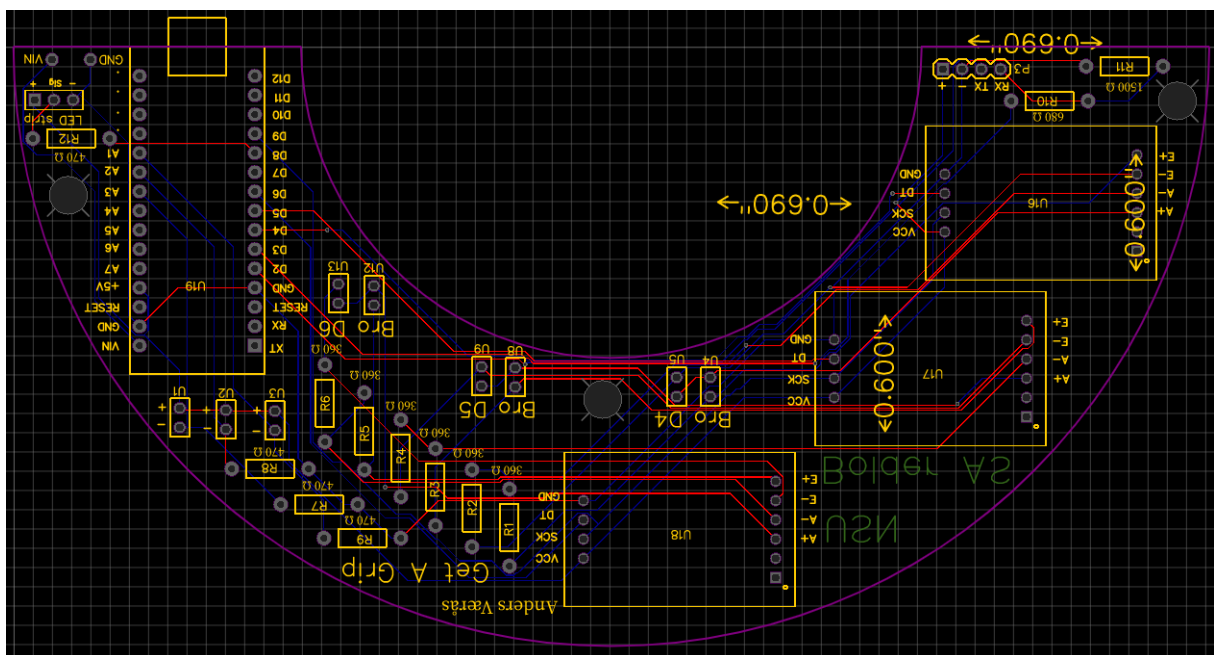
Det ble fort tydelig at størrelsen kretskortet ønsket for prototype 2 var problematisk. Ved første utkast var målene på arealet av kortet 10 cm x 8 cm som kan sees i figur [54] over. Komponentene på kortet ble derfor forsøkt flyttet nærmere hverandre, men dette skapte problemer med å få festet kablene på en slik måte at de ikke krysset hverandre. Ved å flytte komponentene var det mulig å spare inn 3 cm i bredden og 2 cm i lengden på kortet. Selv med denne innsparingen på størrelsen var kortet for stort til å passe i chassiset til enheten. Derfor gikk diskusjonen videre til maskiningeniørene om å få utvidet diameteren på chassiset, som da gjorde det mulig å anvende kretskortet vist i figur [56] under.



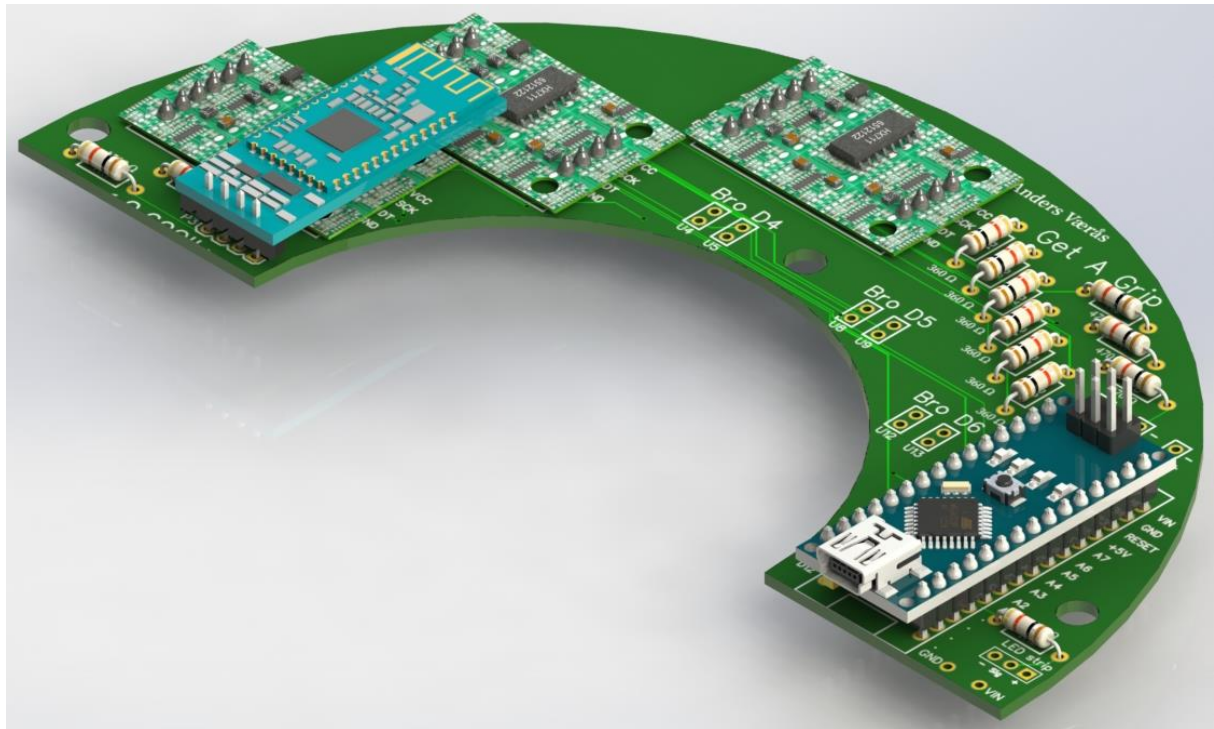
Figur 56: Design av kretskort nr. 2

6.2.8.3 Tredje Kretskort

Da det ble tydelig at størrelsen på kretskortet i forhold til chassiset var problematisk, kom gruppen opp med ideen om å forme kretskortet i en halvmånefasong. På denne måten ville kretskortet ha arealet det var behov for uten at chassiset måtte endres i større grad. Ved dette designet var det mulig å få koblet alle kabler korrekt, uten feilmelding i tegningene. Dette designet kan sees i figur [57] under.



Figur 57: Design av kretskort nr. 3



Figur 58: Modell av kretskort nr. 3

6.3 Teknisk – Data

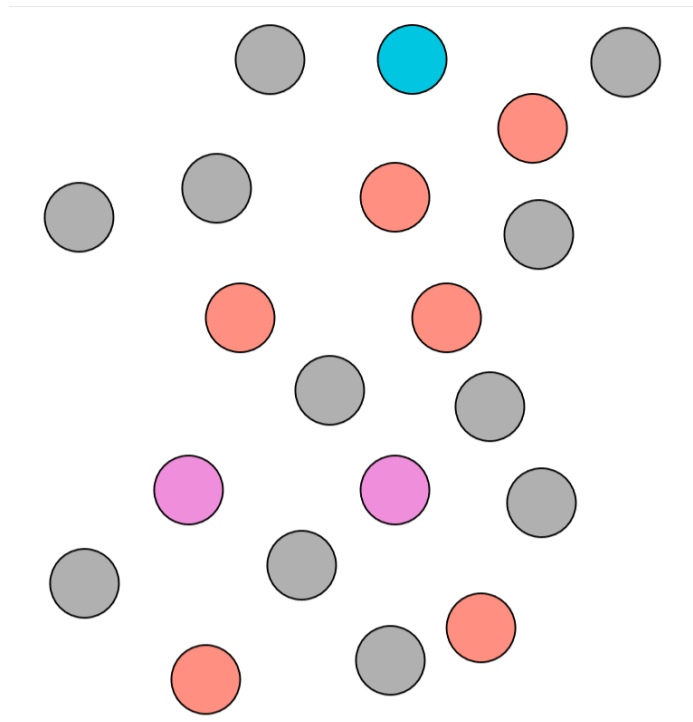
6.3.1 Design av Datasystemer

Datasystemene inkluderer en rekke implementasjoner, fra lav-nivå i klatre-enheter, til høy-nivå i skyen. Målet er at sluttbrukeren av systemet skal kunne kommunisere med veggene gjennom en enkel smarttelefon-app der en kan skru opp løyper, klatre i dem, og se progresjon og statistikk. Dette dokumentet tar for seg visjonen for brukererfaring siden av systemet, den generelle funksjonaliteten av de ulike delene av systemet, og kommunikasjonen mellom dem.

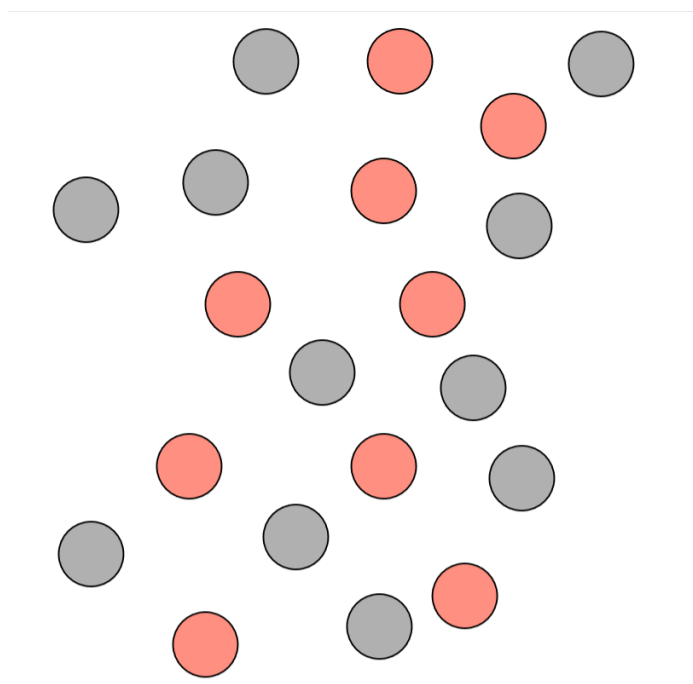
6.3.1.1 Brukeren

Klatresystemet vil ha to grensesnitt; et for de som skrur klatreløyper, og et for klatrere. Løyper som skrur opp gis en tilfeldig farge, og et tilfeldig navn. Det er opp til rute-setteren å velge start- og endegrep, og sette vanskelighetsgrad. For en klatrer, vil løypen lyses opp i riktig farge, som også vises på app-en. For å velge løype kan navnet på løypen skrives inn, eller en QR-kode skannes.

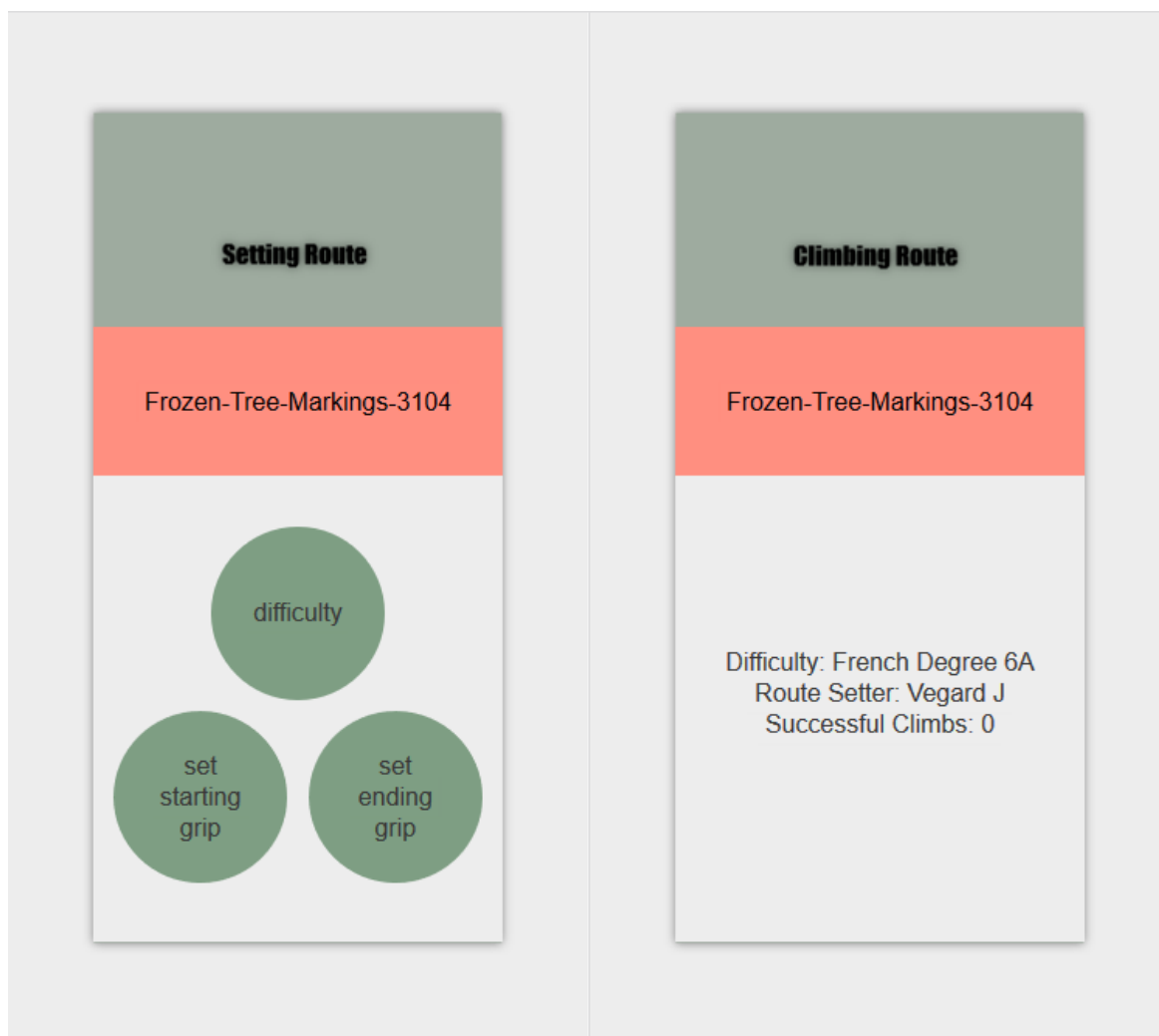
Når veggene merker en kraft på et av håndtakene, vil et nytt klatreforsøk automatisk påbegynnes, og avsluttes når ingen kraft lenger registreres på noe grep. Et klatreforsøk vil bare markeres og lagres som godkjent om det først registreres berøring av startgrepene, og berøring av sluttgrepet i tre sekunder, eller mer. Følgende figurer illustrerer potensielle app-grensesnitt, og rutebelysning, for rute-settere og klatrere:



Figur 59: Potensiell klatrerute med start- og endregrep. Ruten er belyst i oransje, startgrep i rosa og endegrepet er belyst i blått



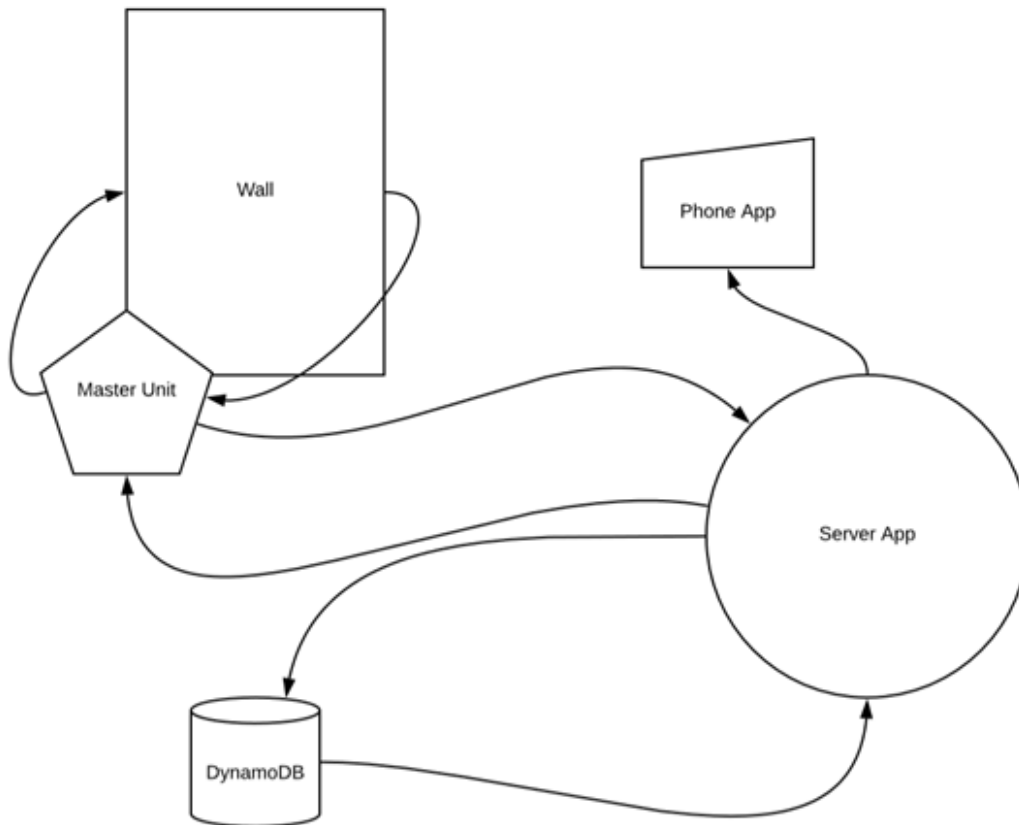
Figur 60: Potensiell klatrerute for en klatrer, der klatretakene er belyst i oransje



Figur 61: Mulig design av app for rutesetter

Figur 62: Mulig design av app-skjerm for klatrere, der fargene i app-en samsvarer med fargene i løypa

6.3.1.2 System



Figur 63: Komponenter i datasystemet, med linjer for kommunikasjon

For å oppnå et mangfoldig interaktivt system som vist her, kreves flere ledd, hvor en sky-basert server vil ha en sentral beliggenhet.

6.3.1.2.2 Rekkevidde

Det merkes at bruker applikasjonen og en full implementasjon av server systemet i Heroku er utenfor rekkevidden av et slikt prosjekt, og data delen tar i hovedsak for seg programmering av enheter i vegg og master enhet, integrasjoner i master enhet mot ulike applikasjoner, og kode for testing av funksjonalitet i enhet, master, og

applikasjoner. Noe utforming og testing av server system og kobling opp mot DynamoDB er gjennomført, men bare på konsept-basis.

6.3.1.2.1 Server

Server-applikasjonen legges i skyen, på en service ved navn Heroku [34]. Den vil være hovedleddet i kommunikasjon mellom vegg, smarttelefon-app og database. Denne applikasjonen krever et forhåndsdefinert grensesnitt for kommunikasjon mellom de ulike partene, som utarbeides i JSON. Server-applikasjonen skrives også i Python, og tar i bruk Flask-modulen [35] for å håndtere HTTP kommunikasjon.

Serveren har ansvar for registrering, innlogging og utlogging av brukere, uthenting av brukersporings-data fra database og videreføring av data til bruker; valg av klatrerute, og igangsetting av eventuelle spill eller applikasjoner. Den er også ansvarlig for å kommunisere med rutesettere. All kommunikasjon mot bruker vil skje gjennom en telefon-app, som kommuniserer videre med serveren via JSON. For å oppnå dette kommuniserer vår Heroku-app med både masterenhet i klatreveggen og database.

Om brukeren starter opp Whack-a-mole vil et utvalg av klatretak lyses opp uregelmessig og bruker må berøre de innenfor en viss tidsramme; om brukeren ikke når klatretakene i tide vil spillet avsluttes og en poengsum tildeles og lagres i databasen, som brukeren da kan lese på sin smarttelefon; igjen ved et JSON API kall til serveren, som da vil hente ut poengsummen fra databasen.

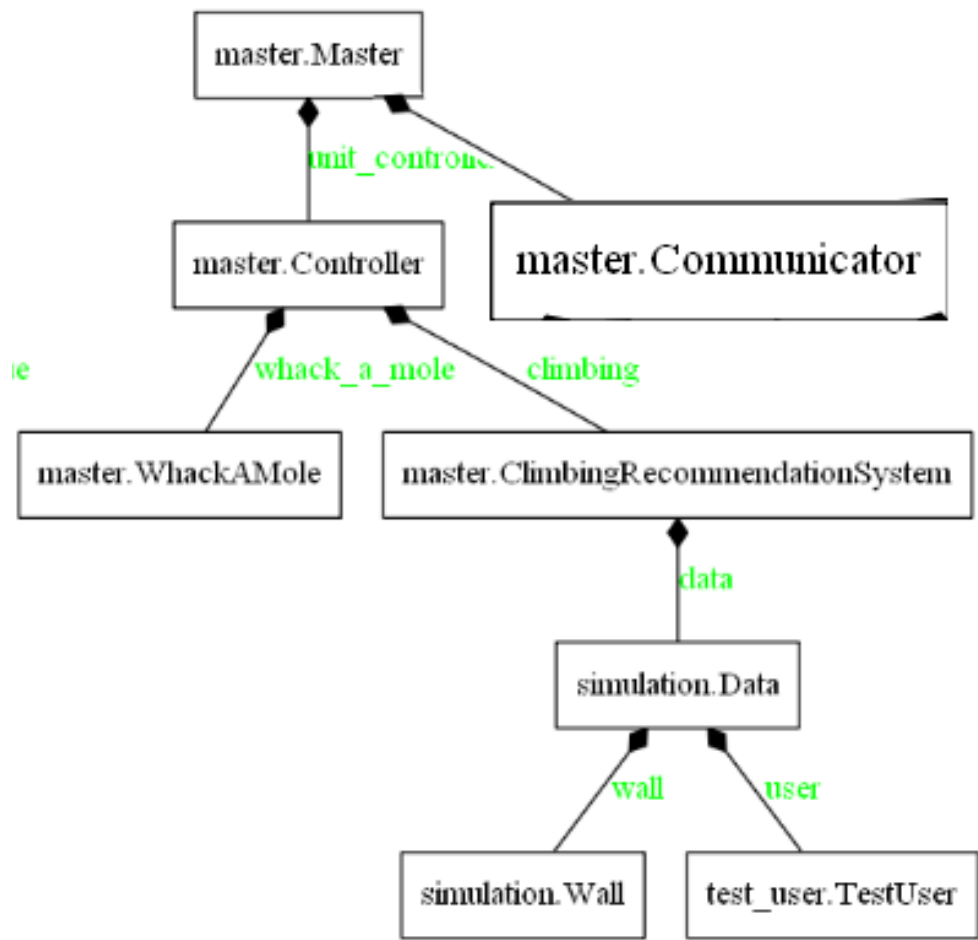
6.3.1.2.2 Database

For å holde på brukerinformasjon, innloggings-status, klatreløyper og klatre-statistikk, brukes en DynamoDB database [36]. DynamoDB er et NoSQL databasesystem

spesifikt til Amazon, der data kan lagres med dynamisk oppsett; det kreves ikke at databasens kolonner forhåndsdefineres. Databasen vil holde på brukerinformasjon, brukerstatistikk, innloggingsdata, klatreruter og rå-sensordata.

Klatre-statistikk vil innsamles av serveren og kompiles før den sendes til databasen, med tanke på lagringskapasitet. Det anslås stor gjennomgang av data, og vil derfor bare lagre det mest nødvendige; hvert klatre-forsøk vil lagres i et format som krever lite plass.

6.3.1.2.3 Master



Figur 64: Klassediagram for "master.py" [37]

En master-enhet vil ha ansvar for å kommunisere med enheter i klatrevegg. Den viderefører all informasjon fra enhetene til server-applikasjonen, og styrer klatreveggen. Enheten skrives i Python, og kan kjøre på en hvilken som helst datamaskin med Bluetooth, og ideelt sett legges på en Raspberry Pi eller lignende enhet som vil fungere som faktisk master i en reell vegg.

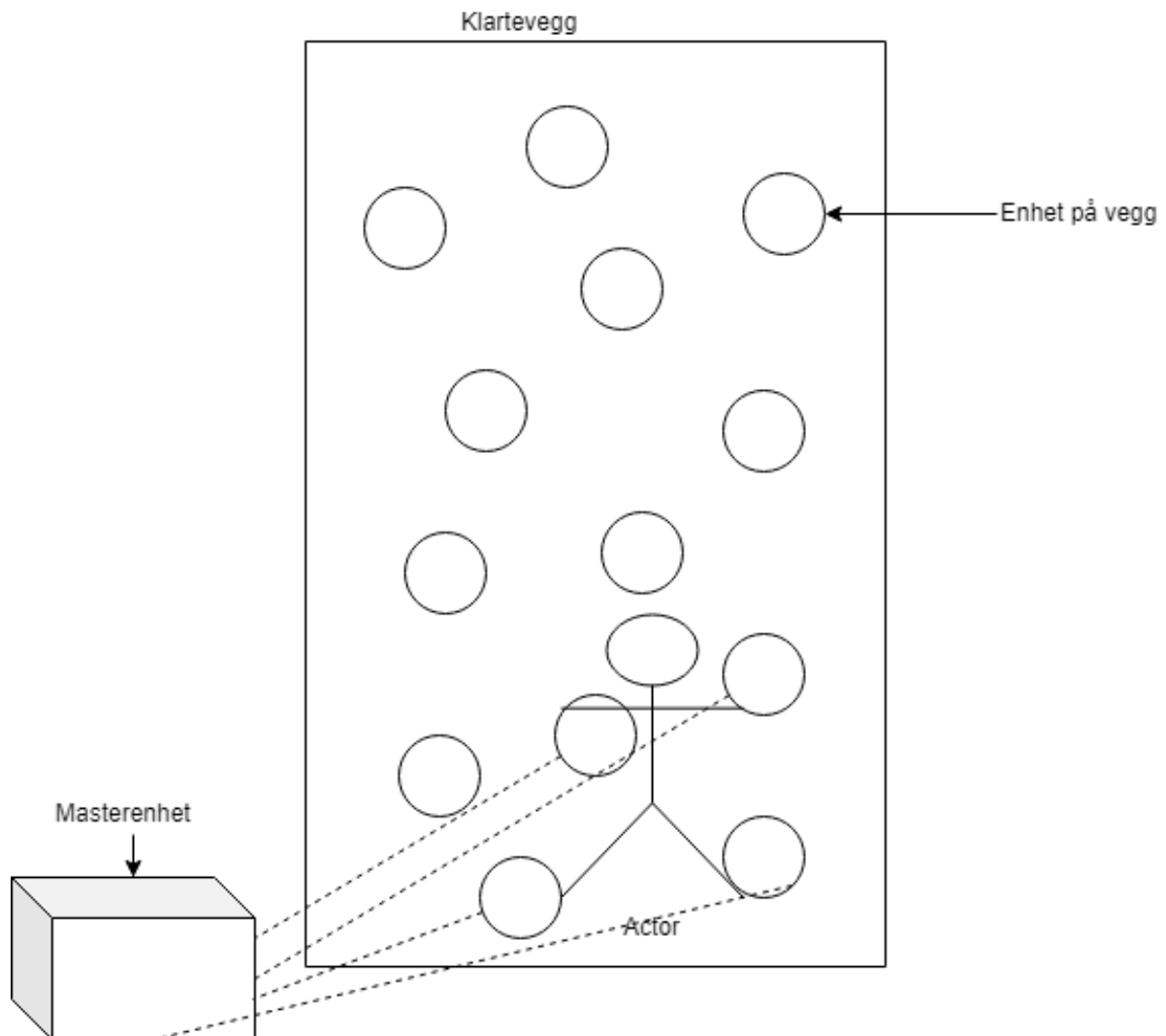
Master-enheten har ansvar for å kjøre applikasjoner og spill i veggen, samt å kommunisere med enhetene via Bluetooth. Whack-A-Mole, rute-anbefalningssystem, og vanlig klatrerutebelysning vil integreres i master, som videre vil styre enheten og lese inn brukerens tilstand i veggen. Master-enheten vil også ha ansvar for å videreføre rå-sensorutlesning til DynamoDB.

Det er laget en Bluetooth-protokoll for kommunikasjon mellom master og enhet som følgende:

Fra master	Handling		
L0	Skru av lys		
L1	Skru på lys		
LM0	Ikke blink		
LM1	Blink med tregt intervall		
LM2	Blink med middels intervall		
LM3	Blink med raskt intervall		
LSD X Y	Endre belysnings retning av led strip	X = A / D	Y = 0-4
LSC D X A B C	Endre farge i en viss retning på led strip	X = 0-4	A/B/C = 0-255
WAKE UP!	Start blåtann kommunikasjon med enhet		
"+DISC:SUCCESS\r\nOK\r\n"	Avslutt blåtann kommunikasjon		
BV ?	Les av batteri spenning		
Fra enhet			
R X	Melding X motatt	X = 0-...	
TC	Endring i berørings tilstand		
T0	Berørings tilstand er 0		
T1	Berørings tilstand er 1		
F X A Y B Z C T D	Krefter	A/B/C/D = tall	
PS 1 A 2 B 3 C	Trykksensorer	A/B/C = tall	
LC 1 A 2 B 3 C	Lastceller	A/B/C = tall	
BV = A	Batterinivå	A = tall	

Figur 65: Kommunikasjonsprotokoll for Bluetooth mellom master-enhet og enhet i vegg

For å oppnå garantier for at visse meldinger skal nå fram, sender enhetene en svar-melding for alt som master sender. Om en svar-melding ikke er mottatt av master innenfor et tidsintervall på 2 sekunder, sender den ubesvarte meldingen på nytt. Andre veien kreves det sjeldent garanti for at meldinger når, men berøringstilstand synkroniseres hvert femte sekund, slik at det ikke oppstår feil i tilstand mellom master og Monkey.



Figur 66: Kommunikasjon mellom Gorilla og klatteveggen

6.3.1.2.4 Enhet - Monkey

Enheten døpt «Monkey», består av en mikrokontroller, casing, og diverse sensorer og LED-dioder; her brukes Arduino, som kodes i et egenartet språk som likner C.

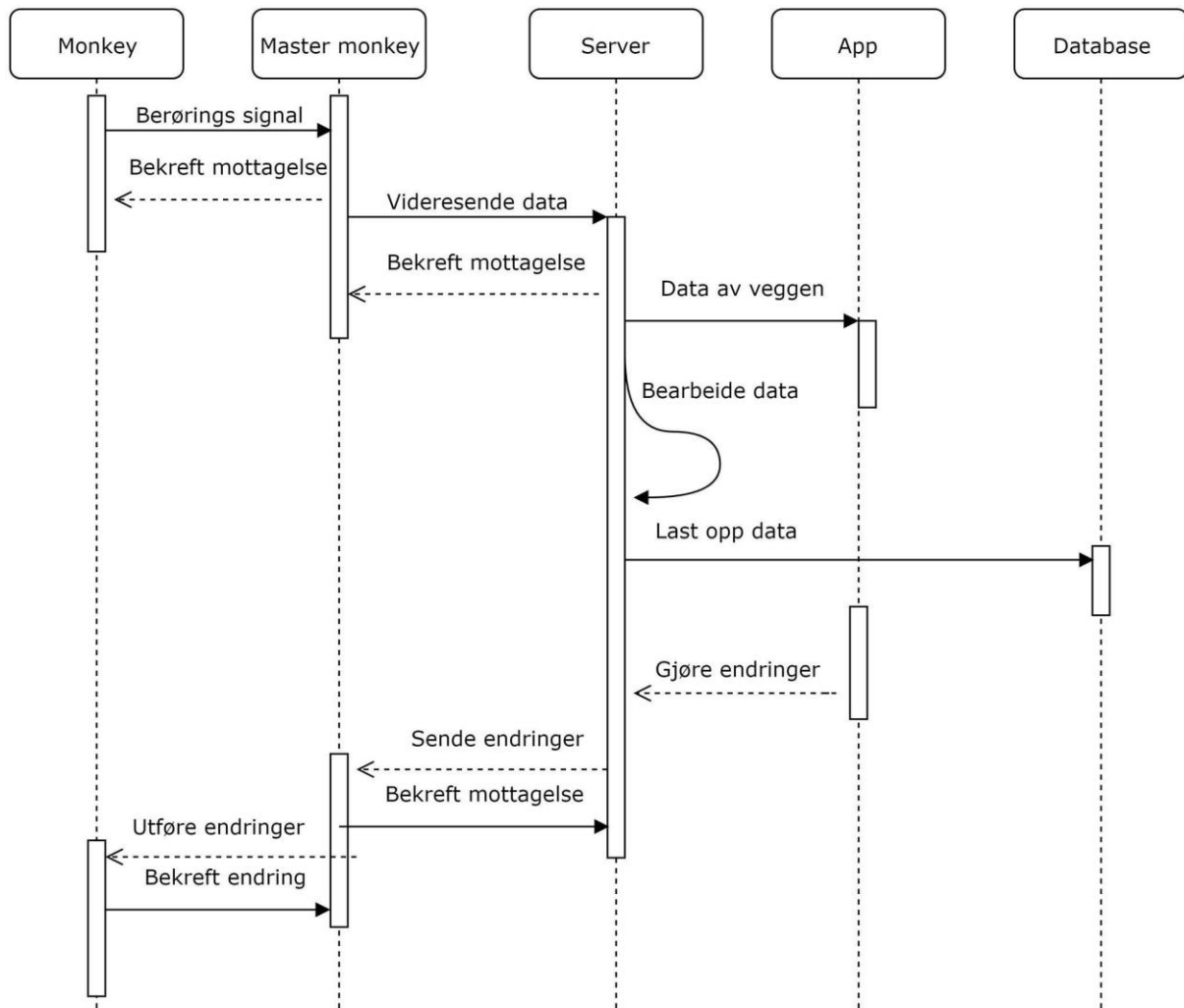
Modulene som kreves for å kjøre Arduino koden inkluderer “FastLED”, “HX711”, og “SoftwareSerial” [38], [39] og [40]. Enheten skal være i stand til å styre LED-lys, hente ut sensor informasjon, beregne krefter og berøringstilstand, lese av batterinivå, og kommunisere via Bluetooth til masterenhet.

For å ikke overgå overføringsbegrensningene mot Arduinoen fra Bluetooth, kommuniserer enheten data og meldinger i gitte intervaller. Etter undersøkelse fungerer HC-05 mest stabilt ved en baudrate av 38400 [41], som tilsvarer 4800 bytes per sekund. All data kommuniseres som strenger, der hver karakter er en byte.

Rå-sensordata alene – fra 3 last celler og 3 trykksensorer – krever da 500 bytes maksimalt, ved 10 overføringer per sekund [42]. Enheten vil også kommunisere avlesning av krefter som krever enda 330 bytes, i verste tilfelle da også ved 10 overføringer per sekund [42].

Videre kommunikasjon i enheten er så sjelden at den ikke har noen særlig innvirkning på belastning av overføring mellom Bluetooth og Arduino. Dette vil si at tilfeldig endring i berøringstilstand kan ikke forutsees, men at begrensninger er satt slik at enheten ikke overbelastes.

Hver gang en melding mottas sender Bluetooth-enheten en ACK tilbake, slik at masteren vet om en melding nådde fram eller ikke; dette er også tilfeldig, og kan utgjøre en potensielt stor del av total overføring per sekund. Uansett vil det være usannsynlig at total overføring per sekund overskrider 2000 bytes, som er godt under grensen.



Figur 67: Sekvensdiagram for hele systemet

6.3.2 Berøring

For å simulere berøring og kunne teste datasystemer har en enkelt trykksensor representert berøringstilstand; når man tar på sensoren, vil enheten gå inn i berørt tilstand, og når slutter å ta på den, vil enheten opphøre berøringstilstand. For å oppnå målet om å kunne lese av berøringstilstand i faktisk enhet, er to metoder presentert; å se på variasjon fra en gjennomsnittsverdi, og å se på størrelsen av den deriverte av sensor grafen. Det førstnevnte er ideelt om sensor input alltid vender tilbake til et

visst punkt ved opphørelse av berøring. Sistnevnte er ikke ideelt – om man påfører enheten en konstant kraft, vil den etter hvert slutte å måle berøring, ettersom den fysiske tilstanden i enheten slår seg til ro selv med påført kraft, og sensorer ikke leser av noen endring i verdi – men det vil fungere selv om sensorverdi ikke har noe fast nullpunkt, noe som har vist seg å være tilfellet i enkelte av de utførte testene. Videre utdypelse av berøring, samt krefter, kan leses om i vedlegg E.3 – Tester Prototype 2.

6.3.4 Belysning

Enheden støtter både belysning i form av LED-diode, og LED-strips. LED-strips den endelige enheten vil være delt i fire. Man kan sette belysningstilstand og farge i RGB i hver enkelt retning. Belysning kan settes til å blinke med forhåndsdefinerte intervaller, eller ren av og på tilstand med statisk lysstyrke.

6.3.5 Integrasjoner

I master enheten er det gjort integrasjoner opp mot 3 systemer; et system for klatreanbefalinger i sanntid [43], et Whack-a-Mole spill (videre forklart i delkapittel 6.3.10.1), og opplastning mot AWS IoT Core [44].

6.3.6 Kode

All koden for prosjektet er lagt ut på GitHub under <http://github.com/getagripdocs>. Koden for testing av prototype 1 ligger under Tests, og for prototype 2 under prototype-2-monkey-tests. Det er lagt ut to implementasjoner som ikke er integrert i hovedsystemet; de ligger på GitHub under TapTap og gag-server-app.

Hoveddelen for data ligger under prototype-2-monkey; der kode for master enhet og enheter i vegg ligger under «master.py» og «prototype_2_basic.ino».

6.3.7 Arduino Nano

Som mikrokontroller er Arduino Nano tatt i bruk. Den kjører kode skrevet i en variant av C, som kompileres, lastes opp og legges i et flash-minne på 32KB hvorav 2KB brukes av bootloader. En Arduino Nano har 8 analoge pins og 14 digitale pins. Vår enhet og kode bruker analog-pin 1-3, og digital-pin 2-9 [45].

6.3.8 Raspberry Pi Zero W

Raspberry Pi er en datamaskin som er bygget på et enkelt kretskort. Disse brukes i hovedsak til hobbyprosjekter og grunnleggende databehandling. I prosjektet tar anvendes bruk en Raspberry Pi Zero W, som er den minste tilgjengelige Pi-en varianten med innebygd trådløs-LAN og Bluetooth.

For å komme i gang med Raspberry Pi trenger man strømforsyning på 5 Volt, en USB-tilkobling med mus og tastatur, en HDMI-skjerm og et Mikro SD-kort som man kan laste ned Raspbian på. Raspbian er et operativsystem som er basert på Debian og brukes i mange Raspberry Pi prosjekter. Det er en liten og lite kostbar datamaskin, som gjør den til en perfekt kandidat for å brukes som master-enhet i «Get a Grip» sitt system, for store klatresenter.



Figur 68: Raspberry Pi Zero W

6.3.8.1 Raspberry Pi som master-enhet

Et av prosjektets mål var å bruke Raspberry Pi-en som en masterenhet for å motta og sende informasjon gjennom Bluetooth og WiFi. I operativsystemet Raspbian følger det med Python-oppsett og det er mulig å kjøre programmer gjennom terminalen på Pi-en [46]. Disse har som hovedfunksjon å være masterenhet i forhold til kommunikasjon med veggen, men i nåværende tilstand – med prototype kode i Python – er ikke en Raspberry Pi prosessor-tung nok for å håndtere mange enheter.

6.3.9 Båndbredde og Kapasitet

6.3.9.1 Bluetooth og Database

Med en overføringsrate av rå-sensordata tilsvarende 500 bytes per sekund per enhet [42], vil et senter med tusen enheter kreve en båndbredde på minst 0.5MB i sekundet. Dette er langt fra reelt, hvert innlegg til database vil ha mange felter i tillegg til tallene for sensordata, og i virkeligheten kreve rundt 10 ganger så mye [42]; altså 5MB. I løpet av en dag, ca. 12 timer, mellom 10.00 og 22.00 som er vanlig åpningstid for et klatresenter, vil dette resultere i en dataoverføring til IoT og videre til en DynamoDB database på 216GB. Dette er en en mengde data, som må begrenses. Enten ved å overføre mindre data, i form av gjennomsnitt over flere sekunder, eller færre avlesninger per sekund, eller å lese av bearbeidede sensordata som for eksempel endring i berøringstilstand.

I gjennomsnitt vil berøringstilstanden av en enhet endre seg en gang i minuttet; et håndtak berøres sjelden. Gjennomsnittsbesøket for en klatrer er på 2 timer, og i et stort senter er det omtrent 15-20 besøkende klatrere til enhver tid (et gjennomsnitt basert på daglige besøkende, besøksperiode, og åpningstider) [Referanse – muntlig - klatreverket drammen].

Om det antas at en klatrer berører rundt 30 håndtak på et minutt og hviler i 5 minutter, betyr det at en klatrer berører 5 håndtak i minuttet. Om det er 15-20 aktive klatrere til enhver tid, vil det tilsi 100 håndtak berørt i minuttet. Det betyr en overføring over Bluetooth av 600 bytes i minuttet (3 bytes per overføring av berøringsendring, og 2 berøringsendringer for når et håndtak tas på og slippes), og videre til database vil det kreve en overføring på 6KB. På en dag tilsvarer dette 4.32MB overført til database.

En ytterligere begrensning av systemet ligger i spesifikasjonen av Bluetooth som tilsier at bare syv slave-enheter kan være koblet opp mot en master-enhet [47]. For å løse dette er det mulig å bruke en konfigurasjon der enhetene i veggen kobles opp mot hverandre og viderefører informasjon til sluttpunkter koblet opp mot master, noe som kan utvide masterens rekkevidde til 14 eller 21 enheter, om enhetene i veggen kobles opp mot en eller to naboer [47].

6.3.10 Spill til klatrevegg

6.3.10.1 Whack-a-Mole

Whack-a-mole ble oppfunnet av Aaron Fechter ved Creative Engineering Inc. i 1976 [48]. Dette var da et mekanisk spill, bestående av et kabinett med 5 hull på toppen og en myk gummikubbe. Spillet går ut på at muldvarper spretter opp av hullene, som spilleren skal slå ned. Det raskere spilleren er til å slå ned muldvarpene, det høyere endelig poengsum vil spilleren ende opp med. Siden har spillet blitt rekonstruert i forskjellige former, blant annet som digitale spill [49].

Ut ifra dette utgangspunktet, så «Get a Grip» muligheten for å utforme et lignende spill ved å utnytte enhet gruppen har utviklet utformet med lys. Spillet går ut på å anvende klatretak som «muldvarper» og klatreren selv som «klubben». Spillet har derfor blitt gitt det klingende navnet «Get a Grip; Whack a Mole», heretter kalt «Whack-a-Mole». Klatretakene må berøre innenfor et gitt tidsrom. Dette kommuniseres til klatreren ved at utvalgte klatretak lysnes opp. Om klatreren berører klatretaket før tiden har gått ut, vil han/hun sanke poeng i form av å ha klart å berøre håndtaket innenfor tidsrommet. Gjenværende tid vil også faktoriseres inn i endelig poengsum, samt en beregning av poeng ut ifra hvor lenge klatreren har holdt spillet i gang totalt sett. Det settes en terskel på hvor mange ganger klatreren kan mislykkes i å berøre klatretakene, og når denne terskelen overskrides avsluttes spillet. Deretter

vil klatrerens poengsum vises på en skjerm, lagres i en felles highscore-liste, før de beste 5 poengsummene vil vises sammen med navnet på klatreren som har prestert denne poengsummen.

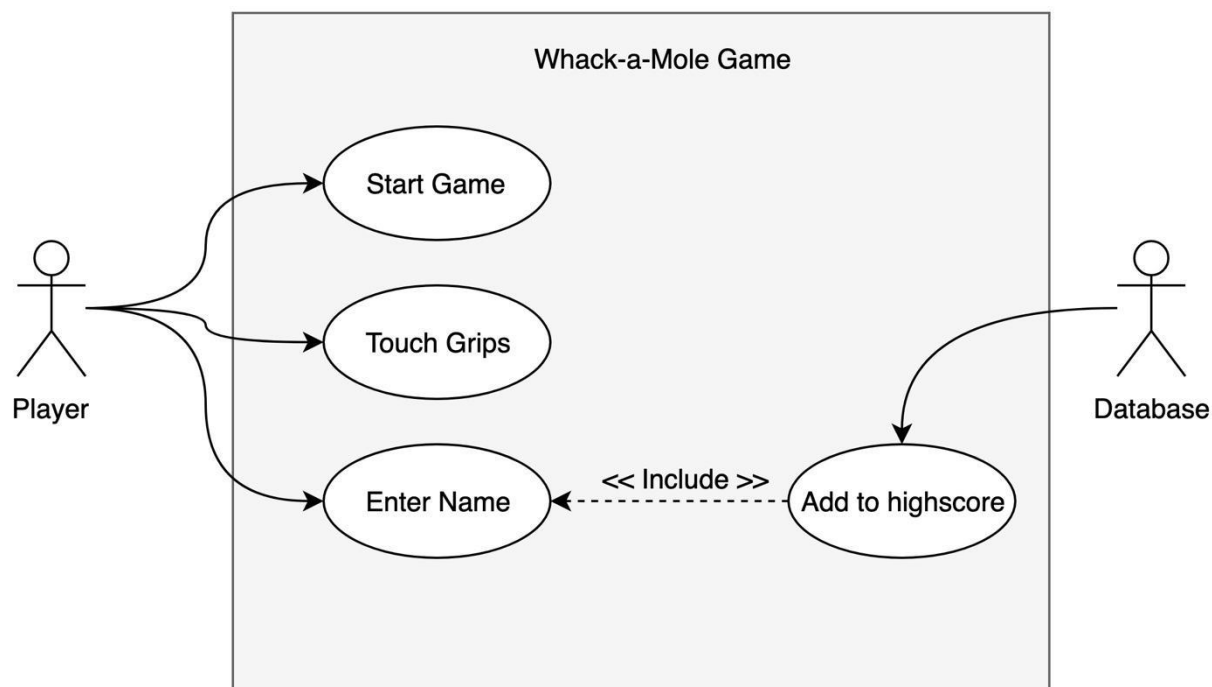
6.3.10.1 Svart boks diagram



Figur 69: Svart boks diagram av «Get a Grip»; Whack-a-Mole

Et svart boks diagram er den enkleste formen for representasjon av et system. Her vises kun hvilke inndata som systemet krever på venstre side, og hvilken utdata systemet gir på høyre side. For «Whack a Mole» tar systemet kun inn hvilket/hvilke grep klatreren har berørt, før systemet lyser opp grep som skal berøres og viser poengsummer [50].

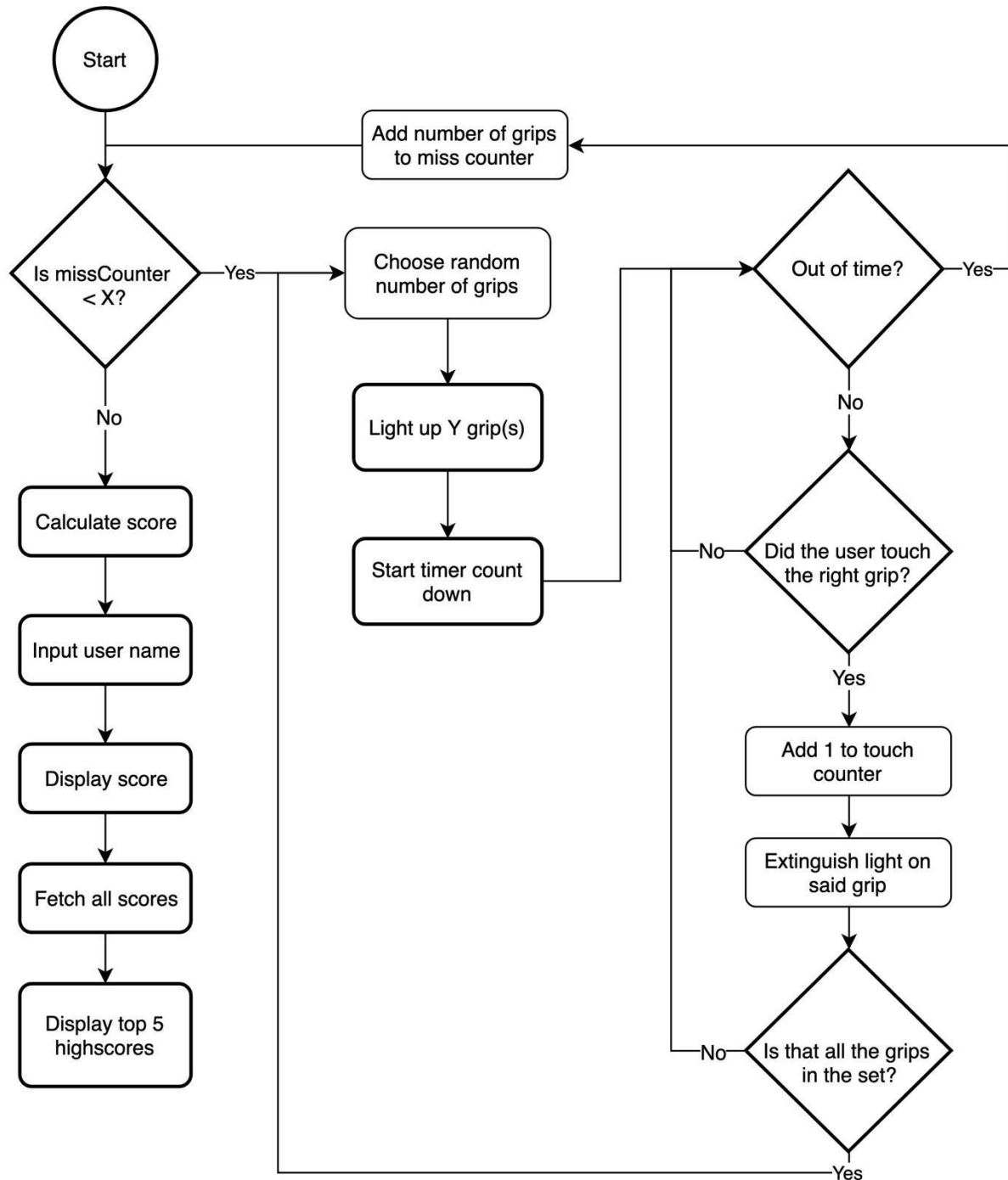
6.3.10.1.2 Use case diagram



Figur 70: Use case diagram av «Get a Grip»; Whack-a-Mole

Et use case diagram viser hvordan en person interagerer med systemet. I «Whack a Mole» kan man av diagrammet se at brukeren egentlig bare samhandler med spillet i tre tilfeller. Ved å starte spillet, ved å klatre og berøre klatretak i veggen, samt å opplyse navnet sitt for å registrere poengsum i highscore-listen. Når klatreren har opplyst navnet sitt vil registreringen av poengsum gå direkte til databasen uten at brukeren må foreta seg videre interaksjon med systemet [51].

6.3.10.1.3 Flytdiagram



Figur 71: Flytdiagram av «Get a Grip»; Whack-a-Mole

Et flytdiagram eller aktivitetsdiagram er en visuell beskrivelse av logikken og utførelsen av et program. Når spillet startes opp er det «missCounter», antall ganger

klatreren ikke har klart å berøre håndtaket i tide, som avgjør om spillet avsluttes eller ikke. Så lenge klatreren ikke har mer enn et gitt antall feil, vil programmet velge ut hvilke grep som skal lysnes opp. Dette kan være en, to eller tre grep simultant, som styres av progresjonen i spillet og en tilfeldig utvelgelse.

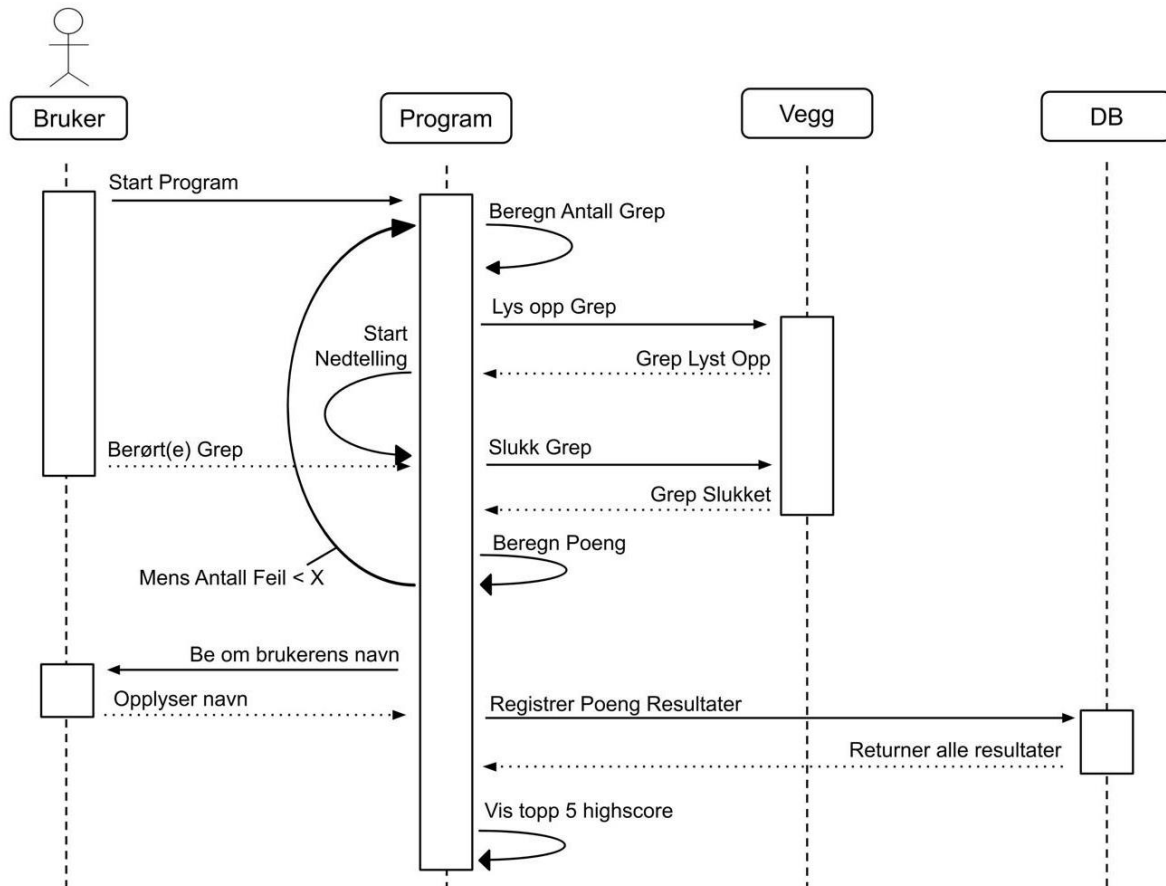
Deretter starter en tidtaker å telle ned sekunder, spilleren har på å berøre klatregrepene som nå er lyst opp. Dersom klatreren ikke berører alle klatretak innenfor den gitte tidsrammen, vil antall grep som ikke ble berørt bli beregnet og lagt til i «missCounter». Om klatreren berører et av de opplyste grepene i tide, vil lyset på dette grepet slukkes og et poeng vil bli lagt til i summen «touchCounter».

Er det flere grep i dette «settet» eller innenfor den samme tidsrammen, vil programmet avvente flere inndata fra klatretakene til tiden eventuelt går ut.

Om dette er alle grepene som har blitt lyst opp i det gitte settet vil programmet så velge ut og lyse opp et nytt sett med grep.

Når spilleren til slutt får en «missCounter» sum over den satte terskelen vil programmet regne ut en poengsum og be om navnet på spilleren. Deretter vil navn og poengsum vises på skjermen for spilleren. Helt til slutt vil programmet legge til spillerens poengsum i en highscore-liste, og vise de 5 beste poengsummene samt navnet på personen som har oppnådd disse summene.

6.3.10.1.4 Sekvensdiagram



Figur 72: Sekvensdiagram av «Get a Grip»; Whack-a-Mole

Sekvensdiagram anvendes for å vise hvordan og i hvilken rekkefølge et program eksekverer [52]. Sekvensdiagrammer er en visuell forklaring av programmet på et mer detaljert nivå, og vise hvilke objekter som interagerer med hverandre til hvilken tid. Tiden er her lest fra toppen til bunnen, med toppen som starttidspunkt.

Av figur [72] kan en se at det er brukeren som starter programmet. Som i flytdiagrammet kjører deretter programmet en utvelgelse av antall grep som skal lyses opp, og sender deretter informasjonen til klatreveggen. Deretter venter programmet på svar fra klatreveggen om at hvert av de utvalgte grepene har blitt lyst opp. Ved respons fra veggen, starter nedtelling på tidsuret.

Dersom spilleren berører klatretaket, eller tiden går ut, sender programmet beskjed til veggen om å slukke lys(ene). Programmet avventer deretter svar på om lyset har blitt slukket. Programmet regner også ut poengsummen klatreren har så langt. Når det mottas positiv respons på at lyset har blitt slukket skjer en av to ting. Enten kjøres den foregående prosessen i løkke og gjentas, eller så avsluttes spillet. Dette bestemmes i samme prosess som poengsummen blir utregnet.

Om spillet avsluttes sendes det en forespørsel til brukeren om navnet på brukeren. Så forespør programmet databasen om å hente ut listen med alle tidligere poengsummer og data tilhørende disse poengsummene. Spillerens resultater legges så til denne listen, og de 5 beste poengsummene vises [42].

6.3.10.1 TapTap

For å utvide repertoaret til klatreveggen og vise det store potensialet av spillmuligheten med et slikt produkt ble det utviklet et spill nummer 2. Her vil det utvelges en sekvens med grep som hver lys opp i ett sekund før det så slukket. Det er da spillerens oppgave å berøre grepene i den samme rekkefølgen som de ble lyst opp. Når en sekvens er fullført vil de samme grepene lys opp, med en ny påfølgende sekvens. Slik oppleves spillet som at det utvides for hver omgang. Spilleren kan berøre grepene som har blitt lyst opp og hører til sekvensen, men om et grep som hører med i sekvensen berøres, som ikke er i riktig rekkefølge avsluttes spillet. For hver gang spilleren berører et korrekt grep ilegges de en poengsum i et 1:1 forhold. I det spillet avsluttes vil poengsummen oppgis og brukeren blir bedt om å oppgi navn. Deretter vises topp 5 listen over de beste spillerne.

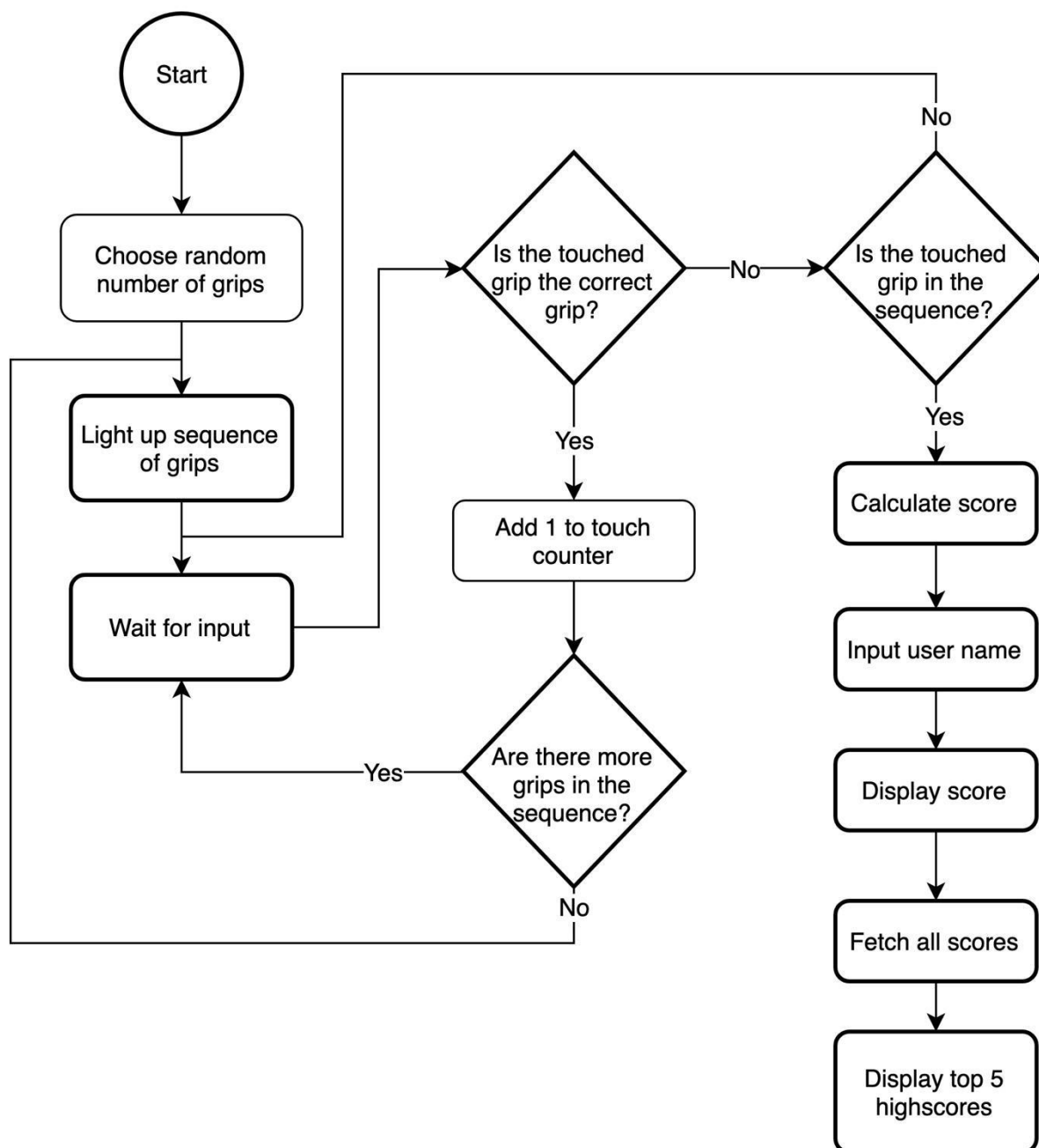
Dette spillet handler om både hukommelse og presisjon. I en større klatrevegg vil det være ideelt å klatre rundt for å berøre riktig grep i riktig rekkefølge. Men i mindre klatrevegger kan dette spille passe best ved at spilleren står ved siden av veggen, da det snart vil være umulig å ikke berøre grep som klatreren står på. Dette spillet er



utviklet med tanke på de minste, og er av svært lav vanskelighetsgrad, spesielt om spilleren står foran, og ikke klatrer i veggen.

Svart boks diagrammet og use case diagrammet er her identiske med diagrammene til Whack-a-Mole, og er derfor utelatt. Disse kan sees på figur [70] for svart boks diagram og figur [71] for use case diagram for dette spillet.

6.3.10.1.1 Flytdiagram



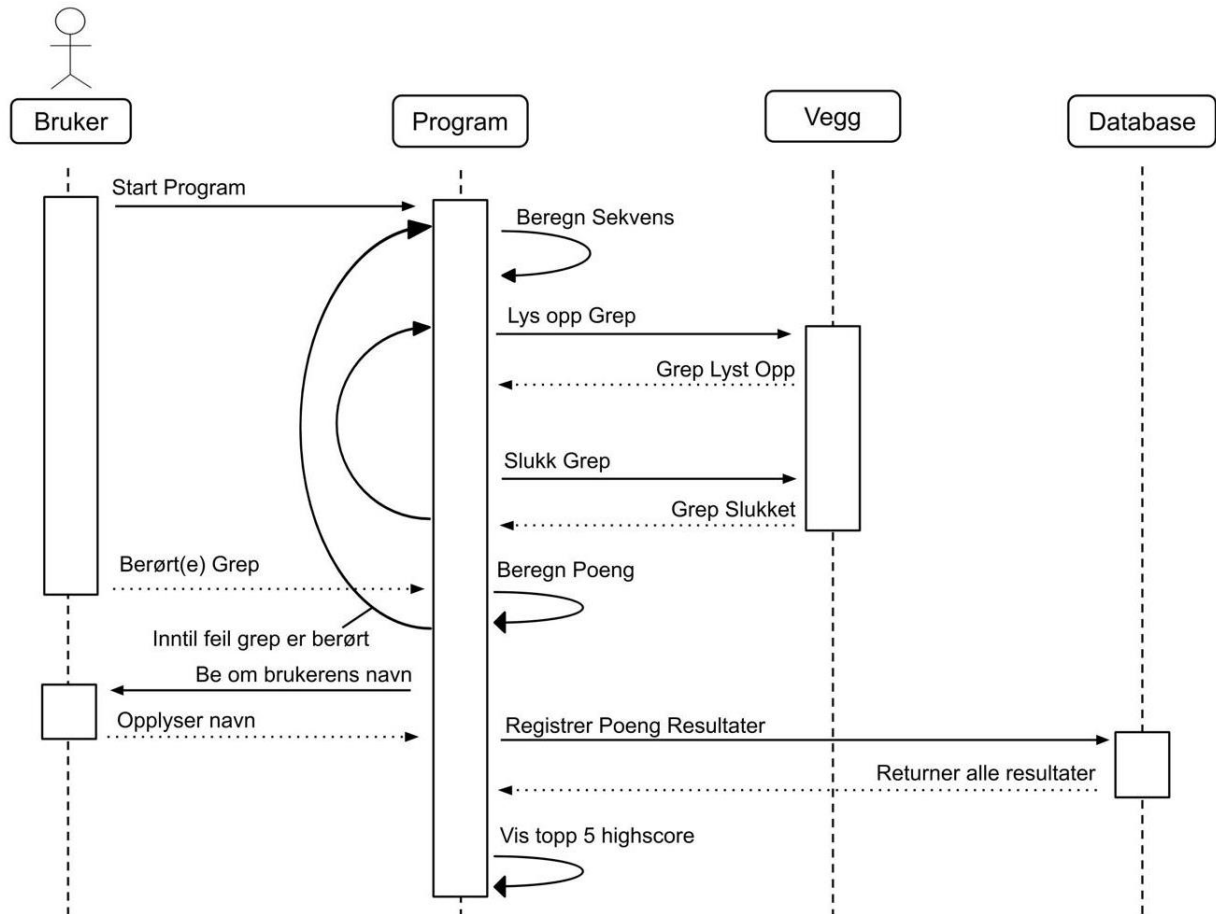
Figur 73: Flytdiagram av TapTap

Når spillet starter er velges det ut en sekvens på en til tre grep som lyses opp. Antall grep velges ut tilfeldig, med en sannsynlighets-vekting. Grepene lyses så opp i vegg, en etter en, med et sekunds mellomrom. Deretter avventer programmet inndata i form av berørte grep, uavhengig av tid. Om spilleren berører korrekt grep i

korrekt rekkefølge legges det et poeng til i deres poengsum. Om det er flere grep i denne sekvensen avventes det ny inndata. Om dette er det siste grepet i sekvensen hentes det ut en ny sekvens, og tilføyes alle tidligere sekvenser, og denne nye lengre sekvensen lyses opp.

Dersom spilleren berører et grep som ikke er det gjeldende grepet vil programmet sjekke om dette grepet hører til senere i sekvensen. Gjør grepet det, avsluttes spillet. Dersom grepet ikke hører til i sekvensen, ansees dette som forflytning i klatreveggen, og avventer programmet ny inndata.

6.3.10.1.2 Sekvensdiagram



Figur 74: Sekvensdiagram av TapTap

Sekvensdiagrammet til «TapTap» er svært likt sekvensdiagrammet til «Whack-a-Mole». Brukeren starter programmet, og programmet gjør deretter en utvelgelse av grep i sekvensen som skal lyses opp. Denne informasjonen sendes så til klatreveggen som lyser opp grepene, én og én. Klatreveggen sender deretter bekreftelse til programmet på at grepet har blitt lyst opp, og at grepet har blitt slukket. Dette gjøres til alle grepene i sekvensen har blitt lyst opp i ett sekund. Deretter avventes det berøring fra spilleren. For hver gang spilleren berører et grep beregnes poengsummen.

Når spilleren berører et ulovlig grep avsluttes spillet. Spilleren bes da oppgi navn, før en topp 5 liste over de beste poengsummene vises.

7 Kilder

I denne dokumentasjonen er IEEE-standarden for kilder anvendt, med hjelp av kildekompasset.no for utformingen.

- [1 M. Barroso, «Men's Journal,» [Internett]. Available:
] <https://www.mensjournal.com/health-fitness/ultimate-indoor-rock-climbing-workout/>. [Funnet 20 05 2019].
- [2 Kanbanize, «Kanbanize,» [Internett]. Available: <https://kanbanize.com/kanban-resources/getting-started/what-is-kanban/>. [Funnet 12 03 2019].
- [3 Stickies.io, «Stickies.io,» [Internett]. Available: <https://stickies.io/>. [Funnet 12 03 2019].
- [4 «SensorLand Strain Gauges,» 22 May 2019. [Internett]. Available:
] <http://www.sensorland.com/HowPage002.html>.
- [5 «Speedwaymotors Coil Spring,» 22 May 2019. [Internett]. Available:
] <https://www.speedwaymotors.com/QA1-10-Inch-Coil-Over-Spring-2-1-2-Inch-I-D-36862.html>.
- [6 «Ebay Leaf Spring,» 22 May 2019. [Internett]. Available:
] <https://www.ebay.co.uk/itm/Escort-Mk2-GROUP1-WORKS-SPEC-Rear-Single-Leaf-Spring-146lb-STANDARD-/382166951473>.
- [7 SolidWorks, «SolidWorks,» [Internett]. Available: <https://www.solidworks.com/>.
] [Funnet 21 05 2019].
- [8 «Hrt Holds Technical Specs,» [Internett]. Available: https://hrt-holds.com/page/technical_info. [Funnet 22 May 2019].
- [9 Productive Plastics, Inc, «Productive Plastics, Inc,» 13 April 2017. [Internett].
] Available: <https://www.productiveplastics.com/2017/04/13/metal-vs-plastic-5-key-comparisons/>. [Funnet 21 05 2019].

- [1 «AP Simple Saltery Material Densities,» 22 May 2019. [Internett]. Available:
0] http://www.apsimplepsaltery.com/appendices/material_densities/.
- [1 Formlabs, Inc, «Formlabs, Inc,» 29 08 2018. [Internett]. Available:
1] <https://formlabs.com/blog/guide-to-manufacturing-processes-for-plastics/>. [Funnet 21 05 2019].
- [1 «Dakumar Plastic Molding Machine,» 22 May 2019. [Internett]. Available:
2] https://www.dakumar.com/plastic-molding-machine-with-immediate-delivery.html?gclid=CjwKCAjwiN_mBRBBEiwA9N-e_pxjC3DI2HZrE9bNwc0vVVkx7p7_SsHJRCje1Ulo4B63rsKR_3qBEhoCP-wQAvD_BwE&fbclid=IwAR0sY1vQjbOUo0vBvApxag3H8rHw4nnbqaCEGIKCKPcgHxh5I0oOHZD3BX8.
- [1 Xcentric Mold & Engineering, «Xcentric Mold & Engineering,» [Internett].
3] Available: <https://www.xcentricmold.com/injection-molding-process/>. [Funnet 21 05 2019].
- [1 «Injection Molding Process - xcentricmold,» 22 May 2019. [Internett]. Available:
4] <https://www.xcentricmold.com/injection-molding-process/>.
- [1 N. Zhang, F. Feng og X. Zhang, «De Gruyter,» 26 07 2016. [Internett]. Available:
5] <https://www.degruyter.com/view/j/aot.2016.5.issue-4/aot-2016-0033/aot-2016-0033.xml>. [Funnet 21 05 2019].
- [1 Jaycon Systems, «Medium,» 21 11 2019. [Internett]. Available:
6] <https://medium.com/jaycon-systems/engineering-guidelines-to-designing-plastic-parts-for-injection-molding-1c554a4545be>. [Funnet 21 05 2019].
- [1 Machine Design, «Joining Plastic,» 12 11 2002. [Internett]. Available:
7] <https://www.machinedesign.com/fasteners/joining-plastic>. [Funnet 21 05 2019].
- [1 M. J. Troughton, «ScienceDirect,» 2008. [Internett]. Available:
8] <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/B9780815515814500032>. [Funnet 21 05 2019].
- [1 Midstate Mold, «MOST COMMON THERMOPLASTICS USED IN INJECTION
9] MOLDING,» 23 01 2017. [Internett]. Available:

<https://www.midstatemold.com/common-thermoplastics-injection-molding/>.
[Funnet 21 05 2019].

[2 «Prices of commodity Engineering Thermoplastics,» 22 May 2019. [Internett].

0] Available: https://www.ptonline.com/articles/prices-of-commodity-engineering-thermoplastics-trend-flat-to-lower?fbclid=IwAR3PHEy_WPLWJDqFCL7CuUcfdv8QmMd2CAItAMgy43BjTL-NtAC9tvNQ_Ws.

[2 «Overview of Materials for ABS,» 22 May 2019. [Internett]. Available:

1] http://www.matweb.com/search/DataSheet.aspx?MatGUID=72a2464fccb14746903cd8533be5d125&fbclid=IwAR2JZ8omZSEd0I2AwiUWeTsvxQSYB6ktAa_BTEJg4VzqjFXHH0AiVe--JqQ.

[2 MatWeb, «Overview of materials for Acrylonitrile Butadiene Styrene (ABS),

2] Transparent, Molded,» [Internett]. Available:

<http://www.matweb.com/search/DataSheet.aspx?MatGUID=72a2464fccb14746903cd8533be5d125&ckck=1>. [Funnet 21 05 2019].

[2 MatWeb, «Overview of materials for Polystyrene, Molded, Unreinforced,»

3] [Internett]. Available:

<http://www.matweb.com/search/DataSheet.aspx?MatGUID=df6b1ef50ce84e7995bdd1f6fd1b04c9>. [Funnet 21 05 2019].

[2 MatWeb, «Overview of materials for High Density Polyethylene (HDPE), Injection

4] Molded,» [Internett]. Available:

<http://www.matweb.com/search/DataSheet.aspx?MatGUID=fce23f90005d4fbe8e12a1bce53ebdc8>. [Funnet 21 05 2019].

[2 MatWeb, «Overview of materials for Polypropylene, Impact Modified;

5] Molded/Extruded,» [Internett]. Available:

<http://www.matweb.com/search/DataSheet.aspx?MatGUID=0b9e41983fd54215971bcaabb7111300>. [Funnet 21 05 2019].

[2 MatWeb, «Overview of materials for Polypropylene, Molded,» [Internett].

6] Available:

<http://www.matweb.com/search/DataSheet.aspx?MatGUID=08fb0f47ef7e454fbf7092517b2264b2>. [Funnet 21 05 2019].

[2 «Polymer Additives and Mechanical Properties,» 22 May 2019. [Internett].

7] Available:

<http://www.kazuli.com/UW/4A/ME534/lexan2.htm?fbclid=IwAR1Z0RUmh3fOQF8SiCMly6zovsrD0uKW1Z7INGpFBquznRGFhli0y9F1u8l>.

[2 «Hookes Law and Stress-strain,» 22 May 2019. [Internett]. Available:

8] <https://www.toppr.com/guides/physics/mechanical-properties-of-solids/hookes-law-and-stress-strain-curve/>.

[2 Santa Clara University, «Additives, fillers, and reinforcements,» [Internett].

9] Available:

http://www.dc.engr.scu.edu/cmdoc/dg_doc/develop/material/overview/a3000002.htm. [Funnet 21 05 2019].

[3 A. Aqueel, «Introduction to Arduino Nano,» [Internett]. Available:

0] <https://www.theengineeringprojects.com/2018/06/introduction-to-arduino-nano.html>. [Funnet 13 05 2019].

[3 «Amazon Pressure Sensor,» [Internett]. Available:

1] <https://www.amazon.com/YUNAWU-RP-C7-6-LT-Pressure-20g-1-5kg-Arduino/dp/B07KH76YMN>. [Funnet 22 May 2019].

[3 «SensorLand,» [Internett]. Available:

2] <http://www.sensorland.com/HowPage002.html>. [Funnet 22 May 2019].

[3 «???,» [Internett]. Available:

3] https://www.google.com/search?q=aa+or+aaa+battery&source=Inms&tbm=isch&sa=X&ved=0ahUKEwjultPu767iAhU0xcQBHcv-BrQQ_AUIDigB&biw=958&bih=927#imgrc=_4HPulo8PsVVwM:. [Funnet 22 May 2019].

[3 Heroku, «Heroku,» [Internett]. Available: <https://www.heroku.com/>. [Funnet 15 05 4] 2019].

[3 Flask, «Flask web development, one drop at the time,» [Internett]. Available:

5) <http://flask.pocoo.org/>. [Funnet 15 05 2019].

[3 Amazon, «Amazon DynamoDB,» Amazon, [Internett]. Available:

6) <https://aws.amazon.com/dynamodb/>. [Funnet 15 05 2019].

[3 R. Nakamura, «Exploring Pyreverse,» Pythonhosted.org, [Internett]. Available:

7) https://pythonhosted.org/theape/documentation/developer/explorations/explore_graphs/explore_pyreverse.html. [Funnet 15 05 2019].

[3 D. Garcia, «FastLED Animation Library,» [Internett]. Available: <http://fastled.io/>.

8) [Funnet 15 05 2019].

[3 Arduino.cc, «SoftwareSerial Library,» Arduino, [Internett]. Available:

9) <https://www.arduino.cc/en/Reference/SoftwareSerial>. [Funnet 15 05 2019].

[4 Bogde, «GitHub.com,» [Internett]. Available: <https://github.com/bogde/HX711>.

0) [Funnet 15 05 2019].

[4 ITead Studio, «Electronicaestudio.com,» [Internett]. Available:

1) <http://www.electronicaestudio.com/docs/istd016A.pdf>. [Funnet 15 05 2019].

[4 «GitHub getagripdocs,» [Internett]. Available: <https://github.com/getagripdocs/>.

2) [Funnet 20 May 2019].

[4 «Modeling and Simulation of an assistive training...» [Internett]. Available:

3) <https://docdro.id/C0bsiXY>. [Funnet 22 May 2019].

[4 «AWS IoT Core,» [Internett]. Available: <https://aws.amazon.com/iot-core/>. [Funnet

4] 22 May 2019].

[4 Arduino.cc, «Arduino Nano User Manual,» [Internett]. Available:

5) <https://www.arduino.cc/en/uploads/Main/ArduinoNanoManual23.pdf>. [Funnet 15 05 2019].

[4 Maker.io, «digikey.com,» [Internett]. Available:

6) <https://www.digikey.com/en/maker/blogs/2018/how-to-run-python-programs-on-a-raspberry-pi>. [Funnet 15 05 2019].

- [4 Bluetooth.com, «Legacy Specifications,» [Internett]. Available:
7] <https://www.bluetooth.com/specifications/archived-specifications/>. [Funnet 15 05 2019].
- [4 EngineeringCreative.com, «EngineeringCreative.com,» [Internett]. Available:
8] <http://www.engineeringcreative.com/about/ce-timeline>. [Funnet 12 05 2019].
- [4 CrazyGames.com, «CrazyGames.com,» [Internett]. Available:
9] <https://www.crazygames.com/game/whack-a-mole>. [Funnet 12 05 2019].
- [5 M. Rouse, «SearchSoftwareWuality.TechTarget.com,» [Internett]. Available:
0] <https://searchsoftwarequality.techtarget.com/definition/black-box>. [Funnet 12 05 2019].
- [5 LucidChart.com, «UML Use Case Diagram Tutorial,» [Internett]. Available:
1] <https://www.lucidchart.com/pages/uml-use-case-diagram>. [Funnet 12 05 2019].
- [5 LucidChart.com, «UML Sequence Diagram Tutorial,» [Internett]. Available:
2] <https://www.lucidchart.com/pages/uml-sequence-diagram>. [Funnet 12 05 2019].
- [5 Kanbanize, «Kanbanize.com,» [Internett]. Available:
3] <https://kanbanize.com/kanban-resources/getting-started/what-is-kanban/>. [Funnet 12 03 2019].
- [5 «Multilayer PCB,» [Internett]. Available:
4] <https://www.theengineeringprojects.com/2018/03/multilayer-pcb.html>.
- [5 «PCBWay - Flexible PCB,» [Internett]. Available:
5] https://www.pcbway.com/blog/Engineering_Technical/Flexible_PCB.html.
- [5 «Indiamart - Flexible / Stiff PCB,» [Internett]. Available:
6] <https://www.indiamart.com/proddetail/flexible-pcb-18130067448.html>.
- [5 «Techentice - PCB,» [Internett]. Available: <https://www.techentice.com/new-technologies-changing-the-pcb-market/>.
7] <https://www.techentice.com/new-technologies-changing-the-pcb-market/>.
- [5 «Paul Eisler - Wikipedia,» [Internett]. Available:
8] https://en.wikipedia.org/wiki/Paul_Eisler.
- [5 «Sparkfun - PCB basics,» [Internett]. Available:
9] <https://learn.sparkfun.com/tutorials/pcb-basics/terminology>.

- [6 «geoffg - SurfaceMount,» [Internett]. Available:
0] <http://geoffg.net/SurfaceMount.html>.
- [6 «Altium - THT,» [Internett]. Available: <https://resources.altium.com/pcb-design-1/blog/why-use-through-hole-technology-in-pcb-design>.
- [6 «Shutterstock - SMT,» [Internett]. Available: <https://www.shutterstock.com/image-vector/vector-surface-mount-technology-component-placement-276553571?src=g2pBCqepn7aAmmrn2d3J9Q-1-7>.
- [6 «EasyEDA,» [Internett]. Available: <https://easyeda.com/>. [Funnet 22 May 2019].
3]
- [6 «Wikipedia Sikring,» [Internett]. Available:
4] [https://no.wikipedia.org/wiki/Sikring_\(elektrisk\)#/media/File:Swiss_fuses.jpg](https://no.wikipedia.org/wiki/Sikring_(elektrisk)#/media/File:Swiss_fuses.jpg).
- [6 «Wikipedia Kortslutning,» [Internett]. Available:
5] https://da.wikipedia.org/wiki/Kortslutning#/media/File:Kurzschluss_12V20A.jpg.
- [6 «Amazon Heating Element,» [Internett]. Available:
6] <https://www.amazon.com/Dernord-Stainless-Heating-Element-Submersible/dp/B0182BEVJY>.
- [6 «Computerhope - ESD,» [Internett]. Available:
7] <https://www.computerhope.com/esd.htm>.
- [6 «Anti Static Spray - Asalco,» [Internett]. Available:
8] <https://www.asalco.com/products/electronic/item/anti-static-spray>.
- [6 «Kretskort - SNL,» [Internett]. Available: <https://snl.no/kretskort>. [Funnet 22 May
9] 2019].
- [7 «Circuit Basics - Custom PCB,» [Internett]. Available:
0] <http://www.circuitbasics.com/make-custom-pcb/>. [Funnet 22 May 2019].
- [7 «Sunpower - What is an Optoisolator,» [Internett]. Available:
1] <https://www.sunpower-uk.com/glossary/what-is-an-optoisolator/>. [Funnet 22 May
2019].
- [7 «Zener Diode - Electronics Tutorials,» 22 May 2019. [Internett]. Available:
2] https://www.electronics-tutorials.ws/diode/diode_7.html.

- [7 «Battery Management System - utdallas,» 22 May 2019. [Internett]. Available:
3] <https://www.utdallas.edu/essl/projects/battery-management-systems-investigator-m-pyne/>.
- [7 H. Kniberg, «Making sense of MVP (Minimum Viable Product) – and why I prefer
4] Earliest Testable/Usable/Lovable,» 25 01 2016. [Internett]. Available:
<https://blog.crisp.se/2016/01/25/henrikkniberg/making-sense-of-mvp>. [Funnet 28
03 2019].
- [7 Axtion Fitness Tech, «ValoClimb Game Wall,» Axtion Fitness Tech, [Internett].
5] Available: <https://axtiontech.com/products/valoclimb-game-wall?variant=4962018099232>. [Funnet 27 02 2019].
- [7 M. K. Villatoro, «Tension Board vs Moon Board – Indoor Climbing Gym,»
6] [Internett]. Available: <https://travelexperta.com/2019/02/tension-board-vs-moon-board-indoor-climbing-gym.html>. [Funnet 27 02 2019].
- [7 Moon Climbing, «MOONBOARD FAQ,» [Internett]. Available:
7] <https://www.moonboard.com/Faq>. [Funnet 27 02 2019].
- [7 MoonClimbing, «How to Connect to the LED MoonBoard,» YouTube.com,
8] [Internett]. Available:
<https://www.youtube.com/watch?v=D9VoJ89x2WE&index=9&list=PLglMC8AzgSRX0TIW7gJLe3U9Izu6vqf4z>. [Funnet 27 02 2019].
- [7 Google.Play.com, «Moon Climbing - MoonBoard,» Google.Play.com, [Internett].
9] Available:
https://play.google.com/store/apps/details?id=com.moonclimbing.moonboard&hl=en_US. [Funnet 27 02 2019].
- [8 Tension Board, «Tension board installation guide,» [Internett]. Available:
0] <https://www.tensionclimbing.com/wp-content/uploads/2018/10/Tension-Installation-1.pdf>. [Funnet 27 02 2019].
- [8 Google.Play.com, «Tension Board,» Tension Board, [Internett]. Available:
1] https://play.google.com/store/apps/details?id=com.auroraclimbing.tensionboard&hl=en_US. [Funnet 27 02 2019].

- [8 Tension Climbing , «Tension Board,» YouTube.com, [Internett]. Available:
2] <https://www.youtube.com/watch?v=11qQVmOc714>. [Funnet 27 02 2019].
- [8 E. Krumland, «The Tension Board Review,» 18 01 2018. [Internett]. Available:
3] <https://akrummylife.wordpress.com/2018/01/18/the-tension-board-review/>.
[Funnet 27 02 2019].
- [8 N. Hernandez., «Kilter board with climber,» [Internett]. Available:
4] <http://www.timetoclimb.com/climbing/tension-kilter-boards-moonboard-competition/attachment/kilter-board-with-climber/>. [Funnet 27 02 2019].
- [8 Google.Play.com, «Kilter Board,» Google.Play.com, [Internett]. Available:
5] https://play.google.com/store/apps/details?id=com.auroraclimbing.kilterboard&hl=en_US. [Funnet 27 02 2019].
- [8 N. Hernandez, «Tension and Kilter Boards – The Moon Board’s got Some
6] Competition,» [Internett]. Available: <http://www.timetoclimb.com/climbing/tension-kilter-boards-moonboard-competition/>. [Funnet 27 02 2019].
- [8 E. Karlsson, «Crazy Moves - Nina Williams - Kilter Board - Colorado,»
7] YouTube.com, 13 09 2018. [Internett]. Available:
<https://www.youtube.com/watch?v=z8JdsfVo4jE>. [Funnet 27 02 2019].
- [8 Valo Motion, «Supercharge Climbing with ValoClimb!,» [Internett]. Available:
8] <https://valomotion.com/valoclimb/>. [Funnet 27 02 2019].
- [8 Valo Motion, «Plug 'n Play Package,» Valo Motion, [Internett]. Available:
9] <https://valomotion.com/valoclimb/technical-specifications/>. [Funnet 27 02 2019].
- [9 A. Osterwalder, Y. Pigneur, G. Berna og T. Papadacos, Value Proposition Design:
0] How to Create Products and Services Customers Want, USA: Wiley, 2014.
- [9 H. Yogev, «Is there a chance you are missing your best customers?,» 12 04 2017.
1] [Internett]. Available: <http://www.reachormiss.com/blog/chance-missing-best-customers/>. [Funnet 27 02 2019].
- [9 T. Christie, «MkDocs Project documentation with Markdown,» [Internett].
2] Available: <https://www.mkdocs.org/>. [Funnet 20 05 2019].

- [9 FileZilla-Project.org, «FileZilla the free FTP solution,» FileZilla, [Internett].
3] Available: <https://filezilla-project.org/>. [Funnet 20 05 2019].
- [9 ROYMECH, «Friction Factors,» 17 01 2013. [Internett]. Available:
4] https://www.roymech.co.uk/Useful_Tables/Tribology/co_of_frict.htm. [Funnet 21
05 2019].
- [9 Wikipedia.com, «Vertical jump,» Wikipedia.com, [Internett]. Available:
5] https://en.wikipedia.org/wiki/Vertical_jump. [Funnet 21 05 2019].
- [9 ROYMECH, «Safety Factors..,» ROYMECH, [Internett]. Available:
6] http://www.roymech.co.uk/Useful_Tables/ARM/Safety_Factors.html?fbclid=IwAR0V9FWd4TjcXUwJhsx5jETR_2TQ-JChLBM2SiApv1JFxOD7Ue_XC_VZ0LE. [Funnet
21 05 2019].
- [9 S. Kamthai og R. Magaraphan, «AIP Conference Proceedings,» AIP Scitation, 22
7] 05 2015. [Internett]. Available: <https://aip.scitation.org/doi/pdf/10.1063/1.4918424>.
[Funnet 21 05 2019].
- [9 MatWeb, «AISI 1010 Steel, cold drawn,» MatWeb, [Internett]. Available:
8] <http://www.matweb.com/search/datasheet.aspx?MatGUID=025d4a04c2c640c9b0eaaef28318d761>. [Funnet 21 05 2019].
- [9 F.E.D.S., «Torque-Tension Relationship for Metric Fasteners,» 03 04 2009.
9] [Internett]. Available: https://crafter.fastenal.com/static-assets/pdfs/Torque-Tension_Chart_for_Metric_Fasteners.pdf. [Funnet 21 05 2019].
- [1 Tension Climbing , «Tension Board,» YouTube.com, [Internett]. Available:
0] <https://www.youtube.com/watch?v=11qQVmOc714>. [Funnet 022 2019].
0]

8 Vedlegg

Kapittel	Endringer	Dato	Laget av
A	Opprettet	12.03.2019	Sandra Aakervik
B, C	Opprettet	12.03.2019	Vegard Jørgensen og Anders Værås
D.1	Opprettet	12.03.2019	Nils Kristian Hillier
D.2, D.4, D.5	Opprettet	12.03.2019	Anders Værås
D.3	Opprettet	12.03.2019	Christopher Furøy
D.6	Opprettet	12.03.2019	Sandra Aakervik
D.7	Opprettet	12.03.2019	Vegard Jørgensen og Nils Kristian Hillier
D.8	Opprettet	12.03.2019	William Grønning
A, B, C, D, E	Formatering	13.03.2019	Sandra Aakervik
E, F	Opprettet	14.03.2019	Sandra Aakervik og Vegard Jørgensen
E.1	Opprettet	12.03.2019	William Grønning
E.2	Opprettet	12.03.2019	Vegard Jørgensen og Nils Kristian Hillier
Vedlegg	Opprettet kapittel versjonslogg	28.03.2019	Sandra Aakervik
E.2– E.5	Fjernet	19.05.2019	
D.1, D.4, D.5, D.6, D.7,	Flyttet fra hoveddokument	19.05.2019	
D.2, D.3, F.1	Opprettet	20.05.2019	Anders Værås

D.8	Opprettet	20.05.2019	Vegard Jørgensen
D.9	Opprettet	20.05.2019	Christopher Furøy
E.3	Opprettet	20.05.2019	Vegard Jørgensen
E.4, E.5, F.2 – F.6	Opprettet	20.05.2019	William Grønning

Figurliste – Vedlegg

Vedlegg Figur 1: Gantt-Diagram Januar	168
---	-----

Vedlegg Figur 2: Gantt-Diagram Februar	169
Vedlegg Figur 3: Gantt-Diagram Mars	170
Vedlegg Figur 4: Gantt-Diagram April	170
Vedlegg Figur 5: Gantt-Diagram Mai	171
Vedlegg Figur 6: Gantt-Diagram Juni	171
Vedlegg Figur 7: Abstraksjon av Kanban-brett.....	211
Vedlegg Figur 8: «Get a Grip» Kretskort	216
Vedlegg Figur 9: PCB-kort.....	217
Vedlegg Figur 10: En-lags PCB.....	219
Vedlegg Figur 11: Dobbeltsidig PCB	219
Vedlegg Figur 12: Multi lags-PCB [54].....	220
Vedlegg Figur 13: Fleksibel PCB [55]	221
Vedlegg Figur 14: Flex stiv PCB [56]	222
Vedlegg Figur 15: Spor i PCB.....	223
Vedlegg Figur 16: Diverse komponenter på et PCB-kort [57]	225
Vedlegg Figur 17: En gammel TV	226
Vedlegg Figur 18: Typer oppsett	228
Vedlegg Figur 19: Toppen av en PCB (silklayer)	228
Vedlegg Figur 20: Hull for montering av komponenter [59].....	230
Vedlegg Figur 21: Overflatemonterte komponenter [59].....	231
Vedlegg Figur 22: Gjennomhull teknologi (THT) [54]	232
Vedlegg Figur 23: Overflate teknologi (SMT) [54]	234
Vedlegg Figur 24: Bestille PCB [54]	235
Vedlegg Figur 25: Mulige valg til PCB [54]	236
Vedlegg Figur 26: Gerber-fil [54].....	236
Vedlegg Figur 27: Typer sikringer [55]	238
Vedlegg Figur 28: Kortslutning [55]	239
Vedlegg Figur 29: Varmeelement [55]	241
Vedlegg Figur 30: Elektrostatisk utladning [55]	242
Vedlegg Figur 31: Antistatisk spray [55]	243
Vedlegg Figur 32: Kretskort [55]	245
Vedlegg Figur 33: PCB design [56]	247
Vedlegg Figur 34: Optoisolator [57].....	249
Vedlegg Figur 35: Zener-diode krets [58].....	251
Vedlegg Figur 36: BMS system [59]	252
Vedlegg Figur 37: Sikringer	254

Vedlegg Figur 38: Den smidige-sykkelen [60]	255
Vedlegg Figur 39: Den smidige-sykkelen [60]	258
Vedlegg Figur 40: ValoClimb med spill [61].....	261
Vedlegg Figur 41: Moon Board [62]	262
Vedlegg Figur 42: Moon Board App [62].....	262
Vedlegg Figur 43: Tension Board [62]	264
Vedlegg Figur 44: Tension Board App [62]	264
Vedlegg Figur 45: Kilter Board [70]	266
Vedlegg Figur 46: Kilter Board App [71].....	266
Vedlegg Figur 47: ValoClimb på vegg [61].....	267
Vedlegg Figur 48: ValoClimb prosjektor [74]	267
Vedlegg Figur 49: Value Proposition Design – Wiley [76].....	270
Vedlegg Figur 50: Avhengighetsdiagram.....	273
Vedlegg Figur 51: Rogers Bell Kurve [77]	275
Vedlegg Figur 52: Modell av testvegg	282
Vedlegg Figur 53: Avkapp med sirkelsag.....	283
Vedlegg Figur 54: Snekring av «hovedvegg».....	283
Vedlegg Figur 55: Ferdig installert vegg	284
Vedlegg Figur 56: Prosjektets nettside	285
Vedlegg Figur 57: FileZilla katalogen for «Get a Grip» (gruppe 12)	287
Vedlegg Figur 58: Teste i testvegg	292
Vedlegg Figur 59: Egenskapert til PLA-plast brukt i designet	294
Vedlegg Figur 60: Moment-stang	295
Vedlegg Figur 61: Moment-nøkkel	295
Vedlegg Figur 62: 408g vekt.....	296
Vedlegg Figur 63: 900g vekt.....	296
Vedlegg Figur 64: 1398g vekt.....	296
Vedlegg Figur 65:1889g vekt.....	296
Vedlegg Figur 66: 11Nm	297
Vedlegg Figur 67: 15Nm	297
Vedlegg Figur 68: 9.20Nm	297
Vedlegg Figur 69: 25Nm	297
Vedlegg Figur 70: 11.30Nm.....	297
Vedlegg Figur 71: Von Miseses simulering av design med 2000N påført bolt	298
Vedlegg Figur 72: Tøynings simulering av design med 2000N påført fra bolt	299
Vedlegg Figur 73: Deformerings simulering av design med 2000N påført fra bolt	300

Vedlegg Figur 74: Deformering av lokk sett ovenfra	301
Vedlegg Figur 75: Deformering av lokk sett fra siden	301
Vedlegg Figur 76: Ingen synlig plastikkdeformasjon på lokket.....	301
Vedlegg Figur 77: Prototype 1 - innside	303
Vedlegg Figur 78: Sensoravlesning rådata over tid (tid i x-akse, data i y-akse)	305
Vedlegg Figur 79: Avlesninger av verdier på en sensor ved ulik vekt (gitt i gram).....	307
Vedlegg Figur 80: Simulering av enheten laget av PLA. Støtte langt ute på venstre side og langt inne på høyre side	308
Vedlegg Figur 81: Virkelig deformasjon av lokk under 30Nm. Målt til å være ca. 2mm fra startpunkt	309
Vedlegg Figur 82: Koblingsbrett i prototype 2	311
Vedlegg Figur 83: Statisk test på pakning	315
Vedlegg Figur 84: Krefter og Motkrefter – statisk test på pakning.....	318
Vedlegg Figur 85: Kontaktinformasjon – statisk test på pakning	318
Vedlegg Figur 86: Resultat – statisk test på pakning	319
Vedlegg Figur 87: Simulert klatregrep	320
Vedlegg Figur 88: Materialeegenskaper – simulering av bøyning	321
Vedlegg Figur 89: Resultat – simulering av bøyning.....	322
Vedlegg Figur 90: Bøyning av søyle 1.....	323
Vedlegg Figur 91: Bøyning av søyle 2.....	323
Vedlegg Figur 92: Graf av bøyning 1	323
Vedlegg Figur 93: Graf av bøyning 2	324
Vedlegg Figur 94: Koblingsbrett med Arduino Nano og LED-diode	328
Vedlegg Figur 95: Koblingsbrett med Arduino Nano og Bluetooth-modul	329
Vedlegg Figur 96: Koblingsbrett med trykksensorer	330
Vedlegg Figur 97: Kobling mellom Arduino Nano og LCD-skjerm	331
Vedlegg Figur 98: Kobling mellom Arduino Nano, forsterker og strekklapp.....	332
Vedlegg Figur 99: Kobling mellom Arduino Nano og LED-strips	333
Vedlegg Figur 100: Koblingsbrett med oppsett for prototype 1.....	334
Vedlegg Figur 101: Design av krets for prototype 2	336
Vedlegg Figur 102: Trykket kretskort for prototype 2.....	337
Vedlegg Figur 103: Illustrasjon av kraft påført bolt.....	340
Vedlegg Figur 104: Kraftpåvirkning på søyler og ytre casing	347
Vedlegg Figur 105: Søylediagram - timeantall	354



[DOKUMENTASJON]

Tabeller – Vedlegg

Vedlegg Tabell 1: KS.3.1.0001 Kapasitet for Dataoverføring	172
Vedlegg Tabell 2: KS.3.1.0002 Registrering av Fall	172
Vedlegg Tabell 3: KS.3.1.0003 Registrering av Krefter	172
Vedlegg Tabell 4: KS.3.1.0004 Registrering av Rotasjon.....	172
Vedlegg Tabell 5: KS.3.1.0005 Identifisering av klatretak	173
Vedlegg Tabell 6: KS.3.1.0006 Belysningsidentifisering	173
Vedlegg Tabell 7: KS.3.2.0001 Installasjon Fremside	174
Vedlegg Tabell 8: KS.3.2.0002 Installasjon Enkel	174
Vedlegg Tabell 9: KS.3.2.0003 Lys gjenværende batteri styrke	174
Vedlegg Tabell 10: KS.3.2.0004 Strammekraft av Bolt	174
Vedlegg Tabell 11: KS.1.0001 Trådløs Strømtilførsel.....	175
Vedlegg Tabell 12: KS.1.0002 Installasjon etter Standarder	175
Vedlegg Tabell 13: KS.1.0003 Holdbarhetsstandard	175
Vedlegg Tabell 14: KS.1.0004 Elektrisk Levetid	175
Vedlegg Tabell 15: KS.1.0005 Tilførsel av Strøm Uten Kabel.....	176
Vedlegg Tabell 16: KS.1.0006 Feste ved Bolt.....	176
Vedlegg Tabell 17: KS.1.0007 Berøringssensor	176
Vedlegg Tabell 18: KS.1.0008 Lokasjon i Rommet.....	176
Vedlegg Tabell 19: KS.1.0009 Kommunikasjon med kontrollenhet	176
Vedlegg Tabell 20: KS.1.0011 Kommunikasjonsmåte.....	177
Vedlegg Tabell 21: KS.1.0012 Identifiseringssensor - Type.....	177
Vedlegg Tabell 22: KS.1.0013 Identifiseringsmerke	177
Vedlegg Tabell 23: KS.1.0014 System-Lagringsenhet	177
Vedlegg Tabell 24: KS.1.0015 System-Brukerforholdsregistrering	178
Vedlegg Tabell 25: KS.P1.01 Led lys til prototype 1.....	179
Vedlegg Tabell 26: KS.P1.02 Arduino Kretskort	179
Vedlegg Tabell 27: KS.P1.03 Bluetooth	179
Vedlegg Tabell 28: KS.P1.04 Stramming av bolt.....	179
Vedlegg Tabell 29: KS.P1.05 Krefter langs Z-aksen.....	180

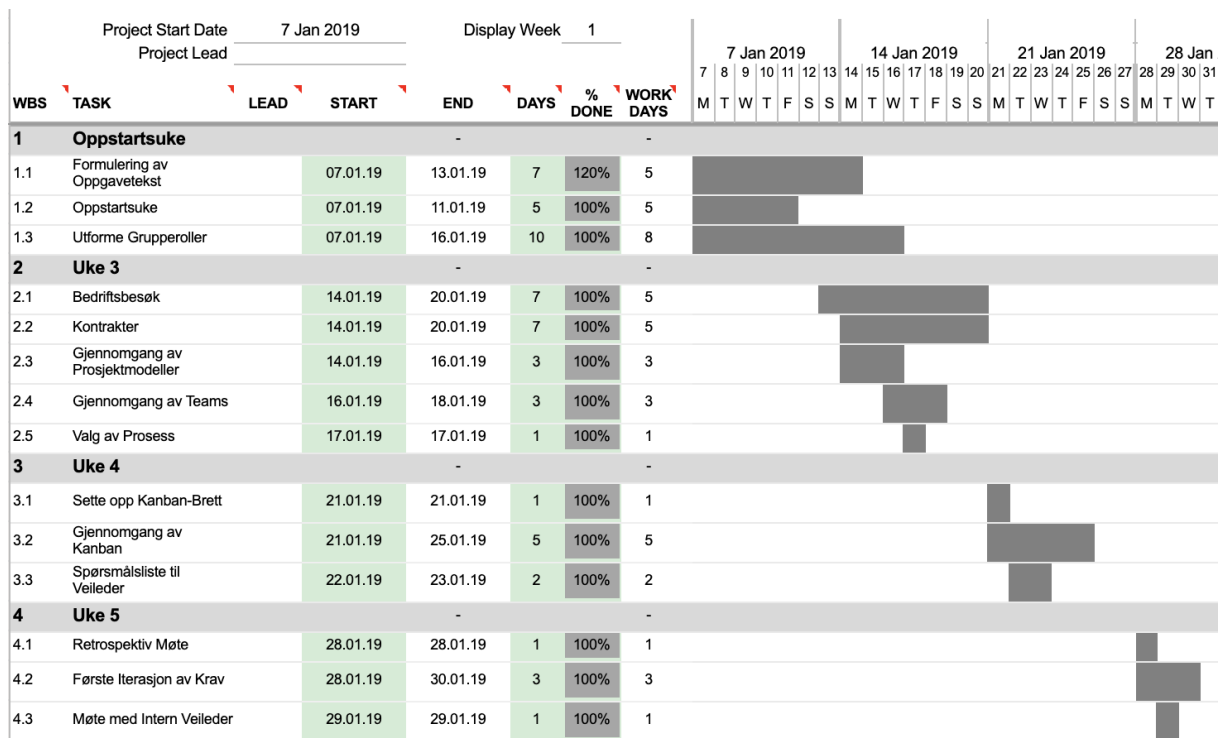
ID	Tittel	Beskrivelse	Dato	Status	Test ID	Use Case ID	Opphav
KS.P1.06	Av/på funksjonalitet	Kunne vite om håndtaket blir berørt eller ikke	28.02.19	testet	T.P1.06	//	Iterasjon 1
	Kommentar						

Vedlegg Tabell 30: KS.P1.06 Av/På-funksjonalitet	180
Vedlegg Tabell 31: KS.P1.07 Sturke egenskaper til case.....	180
Vedlegg Tabell 32: KS.P1.08 Av/på funksjonalitet	180
Vedlegg Tabell 33: KS.P2.01	181
Vedlegg Tabell 34: KS.P2.02 Måle berøring	181
Vedlegg Tabell 35: KS.P2.03 Måle krefter og torque.....	181
Vedlegg Tabell 36: KS.P2.04 Bluetooth fra 5 enheter til en master-enhet	181
Vedlegg Tabell 37: KS.P2.05 Stabil Bluetooth overføring	182
Vedlegg Tabell 38: KS.P2.06 Kretskort	182
Vedlegg Tabell 39: KS.P2.07 Ha trådløs strømtilførsel	182
Vedlegg Tabell 40: KS.P2.09 Måling av batteri-nivå.....	182
Vedlegg Tabell 41: KS.P2.09 Måling av trykk	183
Vedlegg Tabell 42: KS.P2.10 Måling av tøying	183
Vedlegg Tabell 43: KS.P2.11 Stramming av bolt.....	183
Vedlegg Tabell 44: KS.P2.12 Utlesning av rå-sensordata.....	183
Vedlegg Tabell 45: KS.P2.13 Whack-a-Mole i master-enhet	184
Vedlegg Tabell 46: KS.P2.14 Klatre anbefalingssystem i master-enhet	184
Vedlegg Tabell 47: KS.P2.15 Opplasting av rå-sensordata til IoT Cloud.....	184
Vedlegg Tabell 48: KS.P2.16 Styring av veggssystemer og brukerintegrasjon	184
Vedlegg Tabell 49: KS.P2.17 Strømforbruk innenfor godkjent nivå.....	185
Vedlegg Tabell 50: T.3.1.0001 Kapasitet for dataoverføring	186
Vedlegg Tabell 51: T.3.1.0002 Registrering av fall.....	187
Vedlegg Tabell 52: T.1.0003 Registrering av krefter.....	187
Vedlegg Tabell 53: T.3.1.0004 Registrering av rotasjon	188
Vedlegg Tabell 54: T.3.1.0005 Identifisering av klatretak	188
Vedlegg Tabell 55: T.3.1.0006 Belysningsidentifisering	189
Vedlegg Tabell 56: T.3.2.0001 Installasjon av klatretak fra fremside.....	190
Vedlegg Tabell 57: T.3.2.0002 Enkel installasjon av klatretak.....	190
Vedlegg Tabell 58: T.3.2.0003 Lys gjenværende batteri styrke.....	191
Vedlegg Tabell 59: T.3.2.0004 Strammekraft av bolt	191
Vedlegg Tabell 60: T.3.2.0004 Strammekraft av bolt	192
Vedlegg Tabell 61: T.1.0002 Installasjon etter standarder	192

Vedlegg Tabell 62: <i>T.1.0003 Holdbarhetsstandard</i>	193
Vedlegg Tabell 63: <i>T.1.0004 Elektrisk levetid</i>	193
Vedlegg Tabell 64: <i>T.1.0005 Tilførsel av strøm uten kabel</i>	194
Vedlegg Tabell 65: <i>T.1.0006 Feste ved bolt</i>	194
Vedlegg Tabell 66: <i>T.1.0008 Lokasjon i rommet</i>	195
Vedlegg Tabell 67: <i>T.1.0007 Berøringssensor</i>	195
Vedlegg Tabell 68: <i>T.1.0009 Kommunikasjon med kontrollenhet</i>	196
Vedlegg Tabell 69: <i>T.1.0010 System-lagringsenhet</i>	196
Vedlegg Tabell 70: <i>T.1.0011 System-brukerforholdsregler</i>	197
Vedlegg Tabell 71: <i>T.P1.01 Led lys til prototype 1</i>	198
Vedlegg Tabell 72: <i>T.P1.02 Arduino Kretskort</i>	198
Vedlegg Tabell 73: <i>T.P1.03 Bluetooth</i>	199
Vedlegg Tabell 74: <i>T.P1.04 Stramming av bolt</i>	199
Vedlegg Tabell 75: <i>T.P1.05 Krefter langs Z-aksen</i>	200
Vedlegg Tabell 76: <i>T.P1.06 Av/på funksjonalitet</i>	200
Vedlegg Tabell 77: <i>T.P1.07 Styrke egenskaper til case</i>	201
Vedlegg Tabell 78: <i>T.P1.08 Funksjonalitet av enhet i case</i>	201
Vedlegg Tabell 79: <i>T.P2.01 Retningsbestemt LED-strip</i>	202
Vedlegg Tabell 80: <i>T.P2.02 Måle berøring</i>	202
Vedlegg Tabell 81: <i>T.P2.03 Måle krefter og torque</i>	203
Vedlegg Tabell 82: <i>T.P2.04 Bluetooth fra 5 enheter til master-enhet</i>	203
Vedlegg Tabell 83: <i>T.P2.05 Stabil Bluetooth overføring</i>	204
Vedlegg Tabell 84: <i>T.P2.06 Kretskort</i>	204
Vedlegg Tabell 85: <i>T.P2.07 Ha trådløs strømtilførsel</i>	205
Vedlegg Tabell 86: <i>T.P2.08 Måling av batterinivå</i>	205
Vedlegg Tabell 87: <i>T.P2.09 Måling av trykk</i>	206
Vedlegg Tabell 88: <i>T.P2.10 Måling av tøyning</i>	206
Vedlegg Tabell 89: <i>T.P2.11 Stramming av bolt</i>	207
Vedlegg Tabell 90: <i>T.P2.12 Utlesing av rå-sensordata</i>	207
Vedlegg Tabell 91: <i>T.P2.13 Whack-a-Mole i mater-enhet</i>	208
Vedlegg Tabell 92: <i>T.P2.14 Klatre anbefalingssystem i master-enhet</i>	208
Vedlegg Tabell 93: <i>T.P2.15 Opplasting av rå-sensordata til IoT Cloud</i>	209
Vedlegg Tabell 94: <i>T.P2.16 Styring av veggsystemer og bruker integrasjon</i>	209
Vedlegg Tabell 95: <i>Sammenlikning av produkter på dagens marked</i>	269
Vedlegg Tabell 96: <i>Nytteverdi</i>	272
Vedlegg Tabell 97: <i>Nytteverdi – Iterasjon 2</i>	278

Vedlegg Tabell 98: Value Proposition-Design – Iterasjon 2	279
Vedlegg Tabell 99: Resultatmatrise for testing av prototype 1	310
Vedlegg Tabell 100: Resultater av testing. Tester er beskrevet videre i vedlegg E.2 Tester Prototype 1 og E.3 Tester Prototype 2	314
Vedlegg Tabell 101: Modellinformasjon – statistisk test på pakning	316
Vedlegg Tabell 102: Testegenskaper – statistisk test på pakning.....	316
Vedlegg Tabell 103: Enheter – statistisk test på pakning	317
Vedlegg Tabell 104: Materialspesifikasjoner – statistisk test på pakning	317
Vedlegg Tabell 105: Modellinformasjon – simulering av bøyning	321
Vedlegg Tabell 106: Enheter – simulering av bøyning.....	321
Vedlegg Tabell 107: Avlesning i tabell fra graf 1	325
Vedlegg Tabell 108: Avlesning i tabell fra graf 2	325
Vedlegg Tabell 109: Fargekode og forklaring på kabling.	335
Vedlegg Tabell 110: Spesifikasjoner for bolt.....	343
Vedlegg Tabell 111: Bokstavforklaring $F = FT c * D$ $F = 30N.m0.78 * 0.01m = 3850 N$	344
Vedlegg Tabell 112: Forhold mellom spenninger i punkter i søylene	348
Vedlegg Tabell 113: Kraftpåføring uten dreiemoment.....	349
Vedlegg Tabell 114: Kraftpåføring uten dreiemoment 2.....	350
Vedlegg Tabell 115: Timeliste per person per måned	353
Vedlegg Tabell 116: Totalt timeantall for prosjektet	353

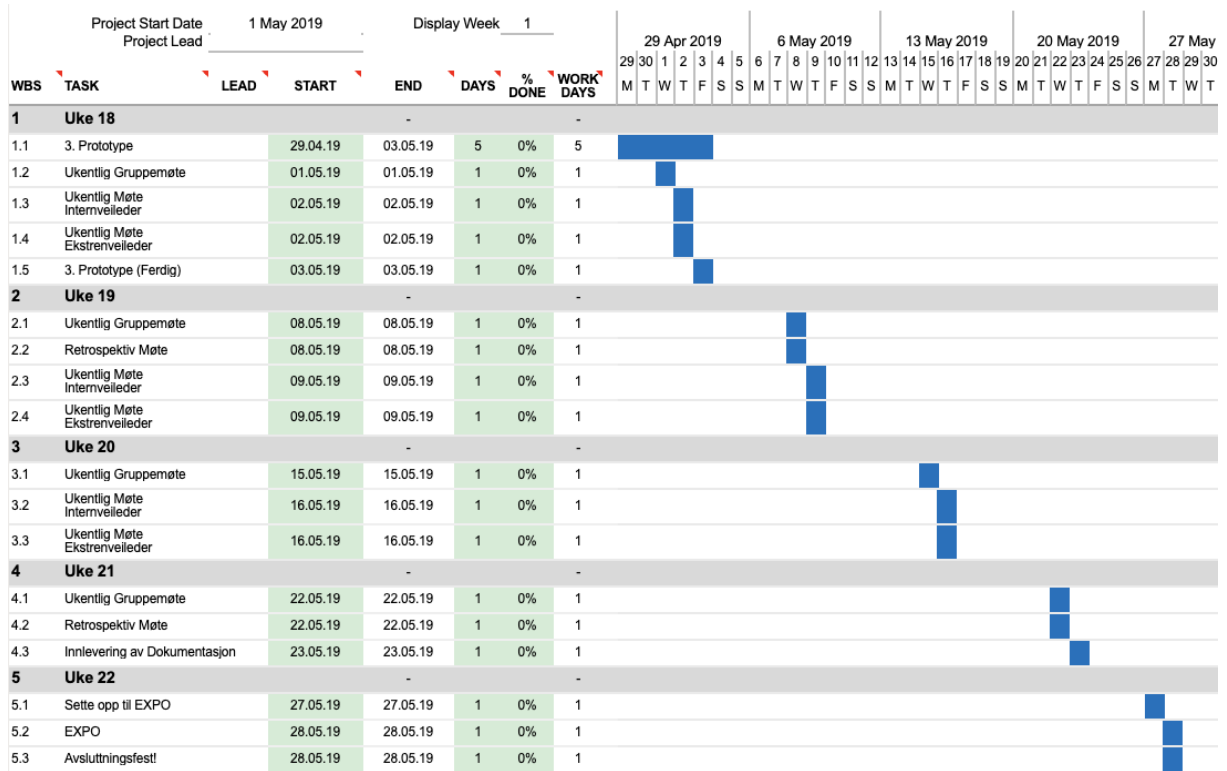
Vedlegg – A: Gantt-Diagram



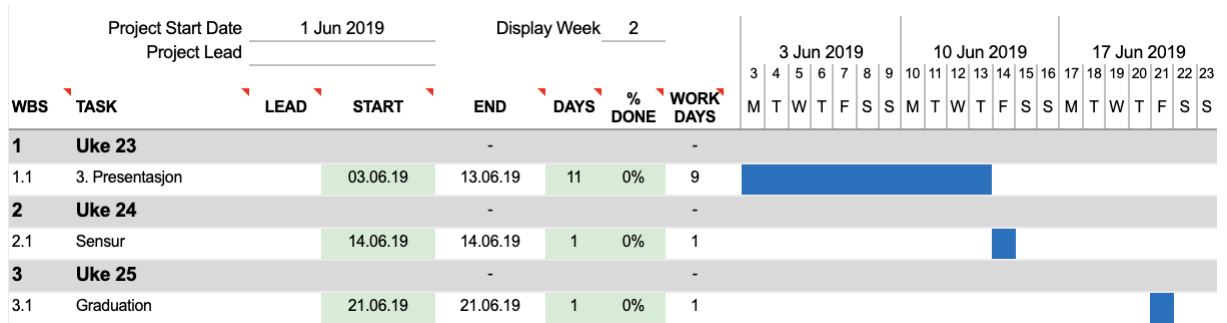
Vedlegg Figur 1: Gantt-Diagram Januar

		Project Start Date	1 Feb 2019		Display Week		1		18 Feb 2019					25 Feb 2019								
		Project Lead							18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	1	2	3
WBS	TASK	LEAD	START	END	DAYS	% DONE	WORK DAYS	M	T	W	T	F	S	S	M	T	W	T	F	S	S	
1	Uke 6																					
1.1	Ferdigstille Dokumenter 1. Presentasjon		04.02.19	07.02.19	4	100%	4															
1.2	Ukentlig Møte Ekstrenveileder		05.02.19	05.02.19	1	100%	1															
1.3	Ukentlig Gruppemøte		06.02.19	06.02.19	1	100%	1															
1.4	Ukentlig Møte Internveileder		07.02.19	07.02.19	1	100%	1															
2	Uke 7																					
2.1	1. Presentasjon		11.02.19	11.02.19	1	100%	1															
2.2	Tur til Stavanger		12.02.19	14.02.19	3	100%	3															
2.3	Ukentlig Møte Ekstrenveileder		13.02.19	13.02.19	1	100%	1															
2.4	1. Prototype (Iterasjon)		13.02.19	13.02.19	1	100%	1															
2.5	Ukentlig Gruppemøte		13.02.19	13.02.19	1	100%	1															
2.6	1. Prototype		13.02.19	01.03.19	17	100%	13															
2.7	Ukentlig Møte Internveileder		15.02.19	15.02.19	1	100%	1															
2.8	Retrospektiv Møte		15.02.19	15.02.19	1	100%	1															
3	Uke 8																					
3.1	1. Prototype		18.02.19	01.03.19	12	100%	10															
3.2	Webside på Skolens Servere		18.02.19	20.02.19	3	0%	3															
3.3	Ukentlig Gruppemøte		20.02.19	20.02.19	1	100%	1															
3.4	Ukentlig Møte Internveileder		21.02.19	21.02.19	1	100%	1															
3.5	Ukentlig Møte Ekstrenveileder		21.02.19	21.02.19	1	100%	1															
4	Uke 9																					
4.1	1. Prototype		25.02.19	01.03.19	5	100%	5															
4.2	Ukentlig Gruppemøte		27.02.19	27.02.19	1	100%	1															
4.3	Retrospektiv Møte		27.02.19	27.02.19	1	100%	1															
4.4	Webside på Skolens Servere		18.02.19	02.03.19	13	100%	10															
4.5	Ukentlig Møte Internveileder		28.02.19	28.02.19	1	100%	1															
4.6	Ukentlig Møte Ekstrenveileder		28.02.19	28.02.19	1	100%	1															

Vedlegg Figur 2: Gantt-Diagram Februar



Vedlegg Figur 5: Gantt-Diagram Mai



Vedlegg Figur 6: Gantt-Diagram Juni

Vedlegg – B: Krav

B.1 Funksjonelle Krav

ID	Tittel	Beskrivelse	Dato	Status	Test ID	Use Case ID	Opphav
KS.3.1.0001	Kapasitet for Dataoverføring	Dataoverføring for standard klatretak må ikke overgå kapasiteten til kommunikasjonskanalen	21/01/19	Ikke Testet	T.3.1.0001	//	Bolder AS
	Kommentar	Andre krav for 'master' klatretak					

Vedlegg Tabell 1: KS.3.1.0001 Kapasitet for Dataoverføring

ID	Tittel	Beskrivelse	Dato	Status	Test ID	Use Case ID	Opphav
KS.3.1.0002	Registrering av Fall	Enheten må kunne registrere forskjell på hopp, fall og stopp	21/01/19	Ikke Testet	T.3.1.0002	//	Bolder AS
	Kommentar						

Vedlegg Tabell 2: KS.3.1.0002 Registrering av Fall

ID	Tittel	Beskrivelse	Dato	Status	Test ID	Use Case ID	Opphav
KS.3.1.0003	Registrering av Krefter	Sensorene må kunne registrere krefter som blir påført klatrtaket	21/01/19	Ikke Testet	T.3.1.0003	//	Bolder AS
	Kommentar						

Vedlegg Tabell 3: KS.3.1.0003 Registrering av Krefter

ID	Tittel	Beskrivelse	Dato	Status	Test ID	Use Case ID	Opphav
KS.3.1.0004	Registrering av Rotasjon	Må kunne registrere rotasjon sånn at vi vet den sitter riktig	21/01/19	Ikke Testet	T.3.1.0004	//	Bolder AS
	Kommentar						

Vedlegg Tabell 4: KS.3.1.0004 Registrering av Rotasjon

ID	Tittel	Beskrivelse	Dato	Status	Test ID	Use Case ID	Opphav
KS.3.1.0005	Identifisering av klatretak	Må kunne registerere fra hvilket klatretak data er registrert	21/01/19	Ikke Testet	T.3.1.0005	//	Bolder AS
	Kommentar						

Vedlegg Tabell 5: KS.3.1.0005 Identifisering av klatretak

ID	Tittel	Beskrivelse	Dato	Status	Test ID	Use Case ID	Opphav
KS.3.1.0006	Belysningsidentifisering	Hvert klatretak må ha lys for å vise rute-retning.	21/01/19	Ikke Testet	T.3.1.0006	//	Bolder AS
	Kommentar	Dette kan være lys/ikke lys, grønt/rødt lys, eller flere fargekoder					

Vedlegg Tabell 6: KS.3.1.0006 Belysningsidentifisering

B.2 Ikke-Funksjonelle Krav

ID	Tittel	Beskrivelse	Dato	Status	Test ID	Use Case ID	Opphav
KS.3.2.0001	Installasjon Fremside	Må kunne installeres fra fremsiden av veggen	21/01/19	Ikke Testet	T.3.2.0001	//	Bolder AS
	Kommentar						

Vedlegg Tabell 7: KS.3.2.0001 Installasjon Fremside

ID	Tittel	Beskrivelse	Dato	Status	Test ID	Use Case ID	Opphav
KS.3.2.0002	Installasjon Enkel	Må kunne installeres enkelt	21/01/19	Ikke Testet	T.3.2.0002	//	Bolder AS
	Kommentar Hva betyr enkelt? Må Defineres videre						

Vedlegg Tabell 8: KS.3.2.0002 Installasjon Enkel

ID	Tittel	Beskrivelse	Dato	Status	Test ID	Use Case ID	Opphav
KS.3.2.0003	Lys gjenværende batteri styrke	Klatretaket må ha en lysdiode som indikerer hvor mye strøm det er igjen i batteriet. Denne må kunne vise forskjellige lysfarger	21/01/19	Ikke Testet	T.3.2.0003	//	Bolder AS
	Kommentar						

Vedlegg Tabell 9: KS.3.2.0003 Lys gjenværende batteri styrke

ID	Tittel	Beskrivelse	Dato	Status	Test ID	Use Case ID	Opphav
KS.3.2.0004	Strammekraft av Bolt	Enheden må kunne registrere hvor stramt klatretaket er festet til veggen	21/01/19	Ikke Testet	T.3.2.0004	//	Bolder AS
	Kommentar						

Vedlegg Tabell 10: KS.3.2.0004 Strammekraft av Bolt

B.3 Bedriftskrav

ID	Tittel	Beskrivelse	Dato	Status	Test ID	Use Case ID	Opphav
KS.1.0001	Trådløs Strømtilførsel	Standard klatretak må ha strømtilførsel uten kabling	21/01/19	//	T.1.0001	//	Bolder AS
	Kommentar	Andre krav for evt. 'master'/topp- og bunn-klatretak					

Vedlegg Tabell 11: KS.1.0001 Trådløs Strømtilførsel

ID	Tittel	Beskrivelse	Dato	Status	Test ID	Use Case ID	Opphav
KS.1.0002	Installasjon etter Standarder	klatretakene må kunne installeres med samme parametere som for en standard klatrevegg	21/01/19	//	T.1.0002	//	Bolder AS
	Kommentar						

Vedlegg Tabell 12: KS.1.0002 Installasjon etter Standarder

ID	Tittel	Beskrivelse	Dato	Status	Test ID	Use Case ID	Opphav
KS.1.0003	Holdbarhetsstandard	klatretakene må tåle samme krefter som for standard klatreklatretak	21/01/19	//	T.1.0003	//	Bolder AS
	Kommentar	Sikkerhet					

Vedlegg Tabell 13: KS.1.0003 Holdbarhetsstandard

ID	Tittel	Beskrivelse	Dato	Status	Test ID	Use Case ID	Opphav
KS.1.0004	Elektrisk Levetid	klatretaket må ha elektrisitet tilsvarende minimum *3 uker* levetid	21/01/19	//	T.1.0004	//	Bolder AS
	Kommentar						

Vedlegg Tabell 14: KS.1.0004 Elektrisk Levetid

ID	Tittel	Beskrivelse	Dato	Status	Test ID	Use Case ID	Opphav
KS.1.0005	Tilførsel av Strøm Uten Kabel	Enheten må kunne tilføres strøm uten kabel	21/01/19	//	T.1.0005	//	Bolder AS
	Kommentar						

Vedlegg Tabell 15: KS.1.0005 Tilførsel av Strøm Uten Kabel

ID	Tittel	Beskrivelse	Dato	Status	Test ID	Use Case ID	Opphav
KS.1.0006	Feste ved Bolt	Enheten skal utformes med et boltehull og innrettes for å kunne festes til treningsapparat ved hjelp av en bolt	18.02.19	//			Patent WO201615 9778
	Kommentar						

Vedlegg Tabell 16: KS.1.0006 Feste ved Bolt

ID	Tittel	Beskrivelse	Dato	Status	Test ID	Use Case ID	Opphav
KS.1.0007	Berøringssensor	Enheten skal bestå av en sensor som oppfatter berøring	18.02.19	//			Patent WO201615 9778
	Kommentar						

Vedlegg Tabell 17: KS.1.0007 Berøringssensor

ID	Tittel	Beskrivelse	Dato	Status	Test ID	Use Case ID	Opphav
KS.1.0008	Lokasjon i Rommet	Enheten skal inneholde en sensor som kan avføle enhetens posisjon og/eller stilling i et treningsrom	18.02.19	//			Patent WO201615 9778
	Kommentar						

Vedlegg Tabell 18: KS.1.0008 Lokasjon i Rommet

ID	Tittel	Beskrivelse	Dato	Status	Test ID	Use Case ID	Opphav
KS.1.0009	Kommunikasjon med kontrollenhet	Enheten skal utformes med en trådløs kommunikasjonsinnretning,	18.02.19	//			Patent WO201615 9778
	Kommentar						

Vedlegg Tabell 19: KS.1.0009 Kommunikasjon med kontrollenhet

ID	Tittel	Beskrivelse	Dato	Status	Test ID	Use Case ID	Opphav
KS.1.0011	Kommunikasjonsmåte	Enheten skal kunne kommunisere med en eller flere av de følgende kommunikasjonsmåtene - Lokalt trådløst nettverk (Wi-Fi) - Mobilt nettver (f.eks. 4G) - Radiofrekvensidentifikasjon (RFID) - Blåtann/Bluetooth -Nærfelstkommunikasjon (NFC)	18.02.19	//			Patent WO201615 9778
	Kommentar						

Vedlegg Tabell 20: KS.1.0011 Kommunikasjonsmåte

ID	Tittel	Beskrivelse	Dato	Status	Test ID	Use Case ID	Opphav
KS.1.0012	Identifiseringssensor - Type	Enheten skal inneholde en identifiseringssensor ved bruk av en eller flere av	18.02.19	//			Patent WO201615 9778
	Kommentar						

Vedlegg Tabell 21: KS.1.0012 Identifiseringssensor - Type

ID	Tittel	Beskrivelse	Dato	Status	Test ID	Use Case ID	Opphav
KS.1.0013	Identifiseringsmerke	Enhetens identifiseringssensor skal kunne gjenkjenne et identifiseringsmerke til å unikt identifisere brukeren eller apparatet	18.02.19	//			Patent WO201615 9778
	Kommentar						

Vedlegg Tabell 22: KS.1.0013 Identifiseringsmerke

ID	Tittel	Beskrivelse	Dato	Status	Test ID	Use Case ID	Opphav
KS.1.0014	System-Lagringsenhet	Systemet skal ha av en lagringsenhet	18.02.19	//			Patent WO201615 9778
	Kommentar						

Vedlegg Tabell 23: KS.1.0014 System-Lagringsenhet

ID	Tittel	Beskrivelse	Dato	Status	Test ID	Use Case ID	Opphav
KS.1.0015	System- Brukerforholdsregister	Systemets lagringsenhet skal videre tilkobles til et brukerforholdsregister	18.02.19	//			Patent WO201615 9778
	Kommentar						

Vedlegg Tabell 24: KS.1.0015 System-Brukerforholdsregistrering

B.4 Prototype 1 Krav

ID	Tittel	Beskrivelse	Dato	Status	Test ID	Use Case ID	Opphav
KS.P1.01	Led lys til prototype 1.	LED lys for visuell tilbakemelding	28.02.19	Testet	T.P1.01	//	Iterasjon 1
	Kommentar						

Vedlegg Tabell 25: KS.P1.01 Led lys til prototype 1

ID	Tittel	Beskrivelse	Dato	Status	Test ID	Use Case ID	Opphav
KS.P1.02	Arduino Kretskort	Nødvendig for å koble sammen komponenter	28.02.19	ikke testet	T.P1.02	//	Iterasjon 1
	Kommentar						

Vedlegg Tabell 26: KS.P1.02 Arduino Kretskort

ID	Tittel	Beskrivelse	Dato	Status	Test ID	Use Case ID	Opphav
KS.P1.03	Blåtann	Må ha en Sender/mottaker til og overføre data	28.02.19	Testet	T.P1.03	//	Iterasjon 1
	Kommentar						

Vedlegg Tabell 27: KS.P1.03 Bluetooth

ID	Tittel	Beskrivelse	Dato	Status	Test ID	Use Case ID	Opphav
KS.P1.04	Stramming av bolt	Måle verdien på sensoren for å se hvor hardt boltene sitter	28.02.19	Testet	T.P1.04	//	Iterasjon 1
	Kommentar						

Vedlegg Tabell 28: KS.P1.04 Stramming av bolt

ID	Tittel	Beskrivelse	Dato	Status	Test ID	Use Case ID	Opphav
KS.P1.5	Krefter langs Z-aksen	Kunne måle kreftene på håndtaket innover i veggen	28.02.19	testet	T.P1.05	//	Iterasjon 1
	Kommentar						

Vedlegg Tabell 29: KS.P1.05 Krefter langs Z-aksen

ID	Tittel	Beskrivelse	Dato	Status	Test ID	Use Case ID	Opphav
KS.P1.06	Av/på funksjonalitet	Kunne vite om håndtaket blir berørt eller ikke	28.02.19	testet	T.P1.06	//	Iterasjon 1
	Kommentar						

Vedlegg Tabell 30: KS.P1.06 Av/På-funksjonalitet

ID	Tittel	Beskrivelse	Dato	Status	Test ID	Use Case ID	Opphav
KS.P1.07	Styrke egenskaper til case	Enkapsulering av enheten. Gir større kontroll over kraftoverføring til sensorer	28.02.19	testet	T.P1.07	//	Iterasjon 1
	Kommentar						

Vedlegg Tabell 31: KS.P1.07 Styrke egenskaper til case

ID	Tittel	Beskrivelse	Dato	Status	Test ID	Use Case ID	Opphav
KS.P1.08	Funksjonalitet av enhet i case	Enkapsulering av enheten. Gir større kontroll over kraftoverføring til sensorer	28.02.19	testet	T.P1.08	//	Iterasjon 1
	Kommentar						

Vedlegg Tabell 32: KS.P1.08 Av/på funksjonalitet

B.6 Prototype 2 Krav

ID	Tittel	Beskrivelse	Dato	Status	Test ID	Use Case ID	Opphav
KS.P2.01	Retnings bestemt LED strip	LED strip skal kunne lyse opp i bestemte retninger	25.04.19	Testet	T.P2.01	//	Iterasjon 2
	Kommentar						

Vedlegg Tabell 33: KS.P2.01

ID	Tittel	Beskrivelse	Dato	Status	Test ID	Use Case ID	Opphav
KS.P2.02	Måle berøring	Enhet skal sende berøringstilstand til master	25.04.19	Testet	T.P2.02	//	Iterasjon 2
	Kommentar						

Vedlegg Tabell 34: KS.P2.02 Måle berøring

ID	Tittel	Beskrivelse	Dato	Status	Test ID	Use Case ID	Opphav
KS.P2.03	Måle krefter og torque	Kunne måle krefter i 3 akser, og torque i XY planet	25.04.19	Testet	T.P2.03	//	Iterasjon 2
	Kommentar						

Vedlegg Tabell 35: KS.P2.03 Måle krefter og torque

ID	Tittel	Beskrivelse	Dato	Status	Test ID	Use Case ID	Opphav
KS.P2.04	Blåtann fra 5 enheter til en master enhet	Ha kapasitet for å kommunisere med 5 enheter per master	25.04.19	Testet	T.P2.04	//	Iterasjon 2
	Kommentar						

Vedlegg Tabell 36: KS.P2.04 Bluetooth fra 5 enheter til en master-enhet

ID	Tittel	Beskrivelse	Dato	Status	Test ID	Use Case ID	Opphav
KS.P2.05	Stabil blåttann overføring	Viktige meldinger skal alltid nå frem	25.04.19	Testet	T.P2.05	//	Iterasjon 2
	Kommentar						

Vedlegg Tabell 37: KS.P2.05 Stabil Bluetooth overføring

ID	Tittel	Beskrivelse	Dato	Status	Test ID	Use Case ID	Opphav
KS.P2.06	Kretskort	Egendesignet kretskort for kobling i enhet	25.04.19	Testet	T.P2.06	//	Iterasjon 2
	Kommentar						

Vedlegg Tabell 38: KS.P2.06 Kretskort

ID	Tittel	Beskrivelse	Dato	Status	Test ID	Use Case ID	Opphav
KS.P2.07	Ha trådløs strømtilførsel	Batteri casing som kan skiftes mens enhet er i vegg	25.04.19	Testet	T.P2.07	//	Iterasjon 2
	Kommentar						

Vedlegg Tabell 39: KS.P2.07 Ha trådløs strømtilførsel

ID	Tittel	Beskrivelse	Dato	Status	Test ID	Use Case ID	Opphav
KS.P2.08	Måling av batteri nivå	Enhet sender batteri nivå, og formidler lavt nivå automatisk	25.04.19	Testet	T.P2.08	//	Iterasjon 2
	Kommentar						

Vedlegg Tabell 40: KS.P2.09 Måling av batteri-nivå

ID	Tittel	Beskrivelse	Dato	Status	Test ID	Use Case ID	Opphav
KS.P2.9	Måling av trykk	Tre trykksensorer på tårn i enhet	25.04.19	Testet	T.P2.09	//	Iterasjon 2
	Kommentar						

Vedlegg Tabell 41: KS.P2.09 Måling av trykk

ID	Tittel	Beskrivelse	Dato	Status	Test ID	Use Case ID	Opphav
KS.P1.10	Måling av tøyning	Tre lastceller på tårn i enhet	25.04.19	Testet	T.P2.10	//	Iterasjon 2
	Kommentar						

Vedlegg Tabell 42: KS.P2.10 Måling av tøyning

ID	Tittel	Beskrivelse	Dato	Status	Test ID	Use Case ID	Opphav
KS.P2.11	Stramming av bolt	Skal kunne lese av om tilstrammings nivå er lik gitt verdi	25.04.19	Testet	T.P2.11	//	Iterasjon 2
	Kommentar						

Vedlegg Tabell 43: KS.P2.11 Stramming av bolt

ID	Tittel	Beskrivelse	Dato	Status	Test ID	Use Case ID	Opphav
KS.P2.12	Utløsning av rå sensor data	Enhet skal sende rå sensor data over blåtann	25.04.19	Testet	T.P2.12	//	Iterasjon 2
	Kommentar						

Vedlegg Tabell 44: KS.P2.12 Utløsning av rå-sensordata

ID	Tittel	Beskrivelse	Dato	Status	Test ID	Use Case ID	Opphav
KS.P2.13	Whack-a-mole i master enhet	Integrasjon av whack-a-mole spill mot master	25.04.19	Testet	T.P2.13	//	Iterasjon 2
	Kommentar						

Vedlegg Tabell 45: KS.P2.13 Whack-a-Mole i master-enhet

ID	Tittel	Beskrivelse	Dato	Status	Test ID	Use Case ID	Opphav
KS.P2.14	Klatre anbefalings system i master enhet	Integrasjon av system for energi optimering av rute	25.04.19	Testet	T.P2.14	//	Iterasjon 2
	Kommentar						

Vedlegg Tabell 46: KS.P2.14 Klatre anbefalingssystem i master-enhet

ID	Tittel	Beskrivelse	Dato	Status	Test ID	Use Case ID	Opphav
KS.P2.15	Opplastning av rå sensor data til IoT Cloud	Kommunikasjon til server som viderefører til DB	25.04.19	Testet	T.P2.15	//	Iterasjon 2
	Kommentar						

Vedlegg Tabell 47: KS.P2.15 Opplasting av rå-sensordata til IoT Cloud

ID	Tittel	Beskrivelse	Dato	Status	Test ID	Use Case ID	Opphav
KS.P1.16	Styring av veggssystemer og bruker integrasjon	Heroku server i cloud som kommuniserer med master	25.04.19	Testet	T.P2.16	//	Iterasjon 2
	Kommentar						

Vedlegg Tabell 48: KS.P2.16 Styring av veggssystemer og brukerintegrasjon

ID	Tittel	Beskrivelse	Dato	Status	Test ID	Use Case ID	Opphav
KS.P1.17	Strømforbruk innenfor godkjent nivå	Sørge for at det vi måler stemmer med forventet tall	25.04.19	Testet	T.P2.17	//	Iterasjon 2
	Kommentar						

Vedlegg Tabell 49: KS.P2.17 Strømforbruk innenfor godkjent nivå

Vedlegg – C: Tester

C.1 Funksjonelle Tester

Test ID:	T.3.1.0001	Prioritet	Høy
Krav Testet			
Test Beskrivelse	Kapasitet for dataoverføring		
Ressurser			
Test Steg	<ol style="list-style-type: none"> 1. Starte opp så mye som mulig (stress test) 2. Se om systemet klarer og få med all data 3. Se om systemet har kapasiteten og ikke "krasjer" 		
Aksept Kriterier	<ul style="list-style-type: none"> * Når systemet klarer stress testen * Når den får med all relevant data * Når den klarer og overføre over lengere tid uten problemer 		

Vedlegg Tabell 50: T.3.1.0001 Kapasitet for dataoverføring

Test ID:	T.3.1.0002	Prioritet	lav
Krav Testet			
Test Beskrivelse	Registrering av fall		
Ressurser			
Test Steg	<ol style="list-style-type: none"> 1. Starte opp systemet, få en klatrer til å klatre/hoppe opp veggen. 2. Få klatreren til og falle på ett bestemt punkt 3. tilslutt stopper vi systemet 		
Aksept Kriterier	<ul style="list-style-type: none"> * Når systemet klarer og registrere klatringen/hoppingen * Når systemet klarer og se forskjell på klatringen/hoppingen og fallet * Når systemet får med seg at vi har skrudd det av (ikke at det er fall eller noe annet) 		

Vedlegg Tabell 51: T.3.1.0002 Registrering av fall

Test ID:	T.3.1.0003	Prioritet	Høy
Krav Testet			
Test Beskrivelse	Registrering av krefter		
Ressurser			
Test Steg	<ol style="list-style-type: none"> 1. Skru på systemet 2. Påføre klatretaket krefter av en bruker 		
Aksept Kriterier	<ul style="list-style-type: none"> * Se om sensoren registrere kreftene og hvilken retning * Når systemet kan registrer hvor mye krefter som går i vær retning * Når systemet har liten feilmargin 		

Vedlegg Tabell 52: T.1.0003 Registrering av krefter

Test ID:	T.3.1.0004	Prioritet	Lav
Krav Testet			
Test Beskrivelse	Registrering av rotasjon		
Ressurser			
Test Steg	<ol style="list-style-type: none"> 1. Skru på et handtak i en bestemt vinkel 2. Se om systemet kan regne ut den riktige vinkelen 3. Rett opp vinkelen og se om systemet kan registrere det 		
Aksept Kriterier	<ul style="list-style-type: none"> * Når systemet kan registrere vinkelen vi har testet og gjentatte ganger viser det riktig * Systemet må kunne varsle når handtakene er for mye ut av vinkel og vise hvor mye det er og hvem det er på veggen (med lys?) * noe mer? 		

Vedlegg Tabell 53: T.3.1.0004 Registrering av rotasjon

Test ID:	T.3.1.0005	Prioritet	Medium
Krav Testet			
Test Beskrivelse	Identifisering av klatretak		
Ressurser	??		
Test Steg	<ol style="list-style-type: none"> 1. Starte systemet og bestemme seg for hvilken av klatretakene som skal brukes 2. Se om systemet får inn dataen den skal på gitte klatretak 3. Se om dataen stemmer 		
Aksept Kriterier	<ul style="list-style-type: none"> * Når systemet kan registrere hvor klatreren er og hvem klatretak han/hun bruker * Når systemet kan vite om det er en hånd/fot der eller en kropsdel som er kommet borti mens han/hun klatrer 		

Vedlegg Tabell 54: T.3.1.0005 Identifisering av klatretak

Test ID:	T.3.1.0006	Prioritet	Høy
Krav Testet			
Test Beskrivelse	Belysningidentifisering		
Ressurser	??		
Test Steg	<ol style="list-style-type: none">1. Starte opp systemet2. Velge en bestemt rute3. Se om systemt belyser de ønskede klatretakene		
Aksept Kriterier	<ul style="list-style-type: none">* Når systemet belyser ønsket rute* Når lyset kan sees fra alle vinkler		

Vedlegg Tabell 55: T.3.1.0006 Belysningsidentifisering

C.2 Ikke-Funksjonelle Tester

Test ID:	T.3.2.0001	Prioritet	Lav
Krav Testet			
Test Beskrivelse	Installasjon av klatretak fra fremside		
Ressurser	Prototype klatretak, bolt, drill/skrudjern, hobbyplate, standardisert hull		
Test Steg	<ol style="list-style-type: none"> 1. Sette klatretak på hobbyplaten over hullet 2. Tre bolt gjennom klatretak over hullet 3. Skru bolt på plass i hullet med drill/skrudjern 		
Aksept Kriterier	<ul style="list-style-type: none"> * Bolt passer i hull * klatretak tåler kraft etter bolten er plassert * Ingen sprekker i platen eller klatretaket etter bolten er plassert og kraft er rettet på klatretaket 		

Vedlegg Tabell 56: T.3.2.0001 *Installasjon av klatretak fra fremside*

Test ID:	T.3.2.0002	Prioritet	Høy
Krav Testet			
Test Beskrivelse	Enkel installasjon av klatretak		
Ressurser	??		
Test Steg	<ol style="list-style-type: none"> 1. Ta av klatretak 2. Ta på klatretak 3. Se om alt det tekniske funker (sensorer,lys osv) 		
Aksept Kriterier	<ul style="list-style-type: none"> * Passe alle standar klatre vegger * Skal ikke ta mer en X sekunder * Må ikke ha med masse verktøy 		

Vedlegg Tabell 57: T.3.2.0002 *Enkel installasjon av klatretak*

Test ID:	T.3.2.0003	Prioritet	Høy
Krav Testet			
Test Beskrivelse	Lys gjenværende batteri styrke		
Ressurser	??		
Test Steg	<ol style="list-style-type: none"> 1. Test med batteri med høy ladning 2. Test med batteri med middels ladning 3. Test med batteri med lav ladning 		
Aksept Kriterier	* Om enheten gir riktig indikasjon på ladningsnivå		

Vedlegg Tabell 58: T.3.2.0003 Lys gjenværende batteri styrke

Test ID:	T.3.2.0004	Prioritet	Høy
Krav Testet			
Test Beskrivelse	Strammekraft av bolt		
Ressurser	??		
Test Steg	<ol style="list-style-type: none"> 1. Skru klatretaket på for hardt 2. Skru klatretaket på for løst 3. Skru klatretaket på med riktig moment 		
Aksept Kriterier	<ul style="list-style-type: none"> * Når systemet klarer og skille de klatretakene som er skrud på for hardt * Når systemet klarer og skille de klatretakene som er skudd på for løst * Når systemet klarer og si ifra når det er riktig moment og at klatretaket er skruet på korrekt 		

Vedlegg Tabell 59: T.3.2.0004 Strammekraft av bolt

C.3 Bedriftskrav Tester

Test ID:	T.1.0001	Prioritet	Høy
Krav Testet			
Test Beskrivelse	Trådløs strømtilførsel		
Ressurser			
Test Steg	<ol style="list-style-type: none"> 1. Koble til et klatretak med trådløs strømtilførsel 2. Se om alle sensorer fungerer 3. Se om spenning/strøm holder seg stabil 		
Aksept Kriterier	<ul style="list-style-type: none"> * Når koblingene er sikre for bruker * Utstyret har til enhver tid har den strømmen/spenningen de skal ha. * Når klatretaket kan tas av og på gjentatte ganger uten problemer med strømtilførsel 		

Vedlegg Tabell 60: T.3.2.0004 Strammekraft av bolt

Test ID:	T.1.0002	Prioritet	Høy
Krav Testet			
Test Beskrivelse	Installasjon etter standarder		
Ressurser			
Test Steg	<ol style="list-style-type: none"> 1. Lage et standard klatretak med sensorer, lys, osv 2. Prøve å feste klatretaket på en annen standar vegg 3. Ta det av og på flere ganger for og se om alt holder standarder og mål 		
Aksept Kriterier	<ul style="list-style-type: none"> * Når man kan ta med klatretakene til andre vegger og feste de der * Festeenheten passer i standard tilmålte hull * Etter festeenheten er plassert sitter klatretaket når krefter blir påført 		

Vedlegg Tabell 61: T.1.0002 Installasjon etter standarder

Test ID:	T.1.0003	Prioritet	Høy
Krav Testet			
Test Beskrivelse	Holdbarhetsstandard		
Ressurser	??		
Test Steg	<ol style="list-style-type: none"> 1. Feste klatretakene på veggen 2. teste klatretakene med vekt som er lang over normalen og se hvor mye de tåler 3. teste noen flere, sånn at vi vet om standaren er lik på alle 		
Aksept Kriterier	<ul style="list-style-type: none"> * Når handtakene tåler en minimum X kg * Når handtakene har alle lik standar uten avik på X antall testet handtak. 		

Vedlegg Tabell 62: T.1.0003 Holdbarhetsstandard

Test ID:	T.1.0004	Prioritet	Medium
Krav Testet			
Test Beskrivelse	Elektrisk levetid		
Ressurser	??		
Test Steg	<ol style="list-style-type: none"> 1. Starte opp systemet og la det gå over en periode 2. I perioden kjører vi så mye data som mulig for og se hvor lenge levetiden er 3. Se om alt av de elektriske er opprativt under hele test perioden 		
Aksept Kriterier	<ul style="list-style-type: none"> * Når systemet klarer og lever data i minimum 3 uker på max kapasitet * Når systemet ikke blir farlig varmt eller "kutter" under test perioden 		

Vedlegg Tabell 63: T.1.0004 Elektrisk levetid

Test ID:	T.1.0005	Prioritet	Høy
Krav Testet			
Test Beskrivelse	Tilførsel av strøm uten kabel		
Ressurser	??		
Test Steg	<ol style="list-style-type: none"> 1. Koble opp enheten 2. Sjekke at enheten har strømm fra batteri 3. Koble ned enheten 		
Aksept Kriterier	<ul style="list-style-type: none"> * Når vi ikke må koble til noen kabler når vi installerer enheten * Når enheten klarer og lever strøm til alle componeter 		

Vedlegg Tabell 64: T.1.0005 Tilførsel av strøm uten kabel

Test ID:	T.1.0006	Prioritet	Lav
Krav Testet			
Test Beskrivelse	Feste ved bolt		
Ressurser	??		
Test Steg	<ol style="list-style-type: none"> 1. Koble til enheten og klatretakene med M10 bolt 2. Skru til med rikitig moment 3. Klatre på klatretakene 		
Aksept Kriterier	<ul style="list-style-type: none"> * Når vi kan bruke allerede eksisterende vegger og montere enheten på * Når Enheten og klatretakene er sikre til bruk 		

Vedlegg Tabell 65: T.1.0006 Feste ved bolt

Test ID:	T.1.0008	Prioritet	lav
Krav Testet			
Test Beskrivelse	Lokasjon i rommet		
Ressurser	??		
Test Steg	<ol style="list-style-type: none"> 1. Sette enheten på klatrevegen 2. Sette enheten i feil posisjon 3. Sette enheten i riktig posisjon 		
Aksept Kriterier	<ul style="list-style-type: none"> * Når enheten kan registrer at den er i feil posisjon * Når enheten kan skille mellom riktig og feil posisjon 		

Vedlegg Tabell 66: T.1.0008 Lokasjon i rommet

Test ID:	T.1.0007	Prioritet	Medium
Krav Testet			
Test Beskrivelse	Berøringssensor		
Ressurser	??		
Test Steg	<ol style="list-style-type: none"> 1. Starte systemet 2. Ta hånden på hantaket 3. Ta hånden av handtaket 		
Aksept Kriterier	<ul style="list-style-type: none"> * Når enheten klarer og registre når man tar på klatretaker * Når enheten klarer og registre at man ikke tar på klatretaket * Når enheten ikke registerer berøring uten at noen tar på klatretaket 		

Vedlegg Tabell 67: T.1.0007 Berøringssensor

Test ID:	T.1.0009	Prioritet	Medium
Krav Testet			
Test Beskrivelse	Kommunikasjon med kontrollenhet		
Ressurser	??		
Test Steg	<ol style="list-style-type: none"> 1. Slå på enheten 2. Bruke systemet sånn at enheten må sende data 3. Se om kontrollenheten kan ta imot dataen som sendes 		
Aksept Kriterier	<ul style="list-style-type: none"> * Når dataen er riktig * Når dataen kommer til kontrollenheten i "real time" * Når det er en stabil "connection" til kontrollenheten 		

Vedlegg Tabell 68: T.1.0009 Kommunikasjon med kontrollenhet

Test ID:	T.1.0010	Prioritet	Medium
Krav Testet			
Test Beskrivelse	System-lagringsenhet		
Ressurser	??		
Test Steg	<ol style="list-style-type: none"> 1. Starte enheten 2. Sende data 3. Se om lagringsenheten får dataen som ble sendt 		
Aksept Kriterier	<ul style="list-style-type: none"> * Når lagringsenheten klarer å håndtere all dataen * Når lagringsenheten har nok minne * Når lagringsenheten klarer og få med seg all data 		

Vedlegg Tabell 69: T.1.0010 System-lagringsenhet

Test ID:	T.1.0011	Prioritet	Høy
Krav Testet			
Test Beskrivelse	System-brukerforholdsregister		
Ressurser	??		
Test Steg	<ol style="list-style-type: none">1. Starte opp bruker registeret2. Koble seg opp til systemet3. Bruke systemet sånn at man får noe data		
Aksept Kriterier	<ul style="list-style-type: none">* Når systemet klarer og koble seg opp til bruker registeret* Når systemet og bruker registeret har stabil "connection"* Når bruker registeret får med seg all relevant data fra systemet		

Vedlegg Tabell 70: T.1.0011 System-brukerforholdsregler

C.4 Prototype 1 Tester

Test ID:	T.P1.01	Prioritet	Høy
Krav Testet	06.03.19		
Test Beskrivelse	Led lys til prototype 1		
Ressurser	Arduino, Trykksensor, LED-lys, batteri, casing, kabling		
Test Steg	<ol style="list-style-type: none"> 1. Skru på enheten 2. Berøre enheten 2. Se om LED lyset lyser ved berøring 3. Opphøre berøring og se om lyset skruer seg av 		
Aksept Kriterier	<ul style="list-style-type: none"> * At det lyser sterkt nok * At det lyser når det er berøring * At det slutter å lyse når berøringen avhører * At lysingen er stabil når påskrudd 		

Vedlegg Tabell 71: T.P1.01 Led lys til prototype 1

Test ID:	T.P1.02	Prioritet	Høy
Krav Testet	06.03.19		
Test Beskrivelse	Arduino Kretskort		
Ressurser	Arduino kretskort, casing, kabling, batteri		
Test Steg	<ol style="list-style-type: none"> 1. Se om det er plass i casingen vi skal bruke 2. Sjekke at alt har plass uten at det er fare for kortslutning 3. Sørge for at alt av koblinger sitter godt 		
Aksept Kriterier	<ul style="list-style-type: none"> * Når alt virker som det skal over tid * Når ingen av komponentene er for tett og ødelegger tilkoblinger * Når vi klarer og få plass i casingen vi skal bruke 		

Vedlegg Tabell 72: T.P1.02 Arduino Kretskort

Test ID:	T.P1.03	Prioritet	Middels
Krav Testet	06.03.19		
Test Beskrivelse	Blåtann		
Ressurser	Blåtann sender/mottaker, arduino, kabling, batteri, PC		
Test Steg	<ol style="list-style-type: none"> 1. Send data 2. Loggfør data på arduino, og på datamaskin som mottar 3. Se om blåtannen sender de forventede data ved å sammenlikne logger fra arduino, og data sendt over blåtann 		
Aksept Kriterier	<ul style="list-style-type: none"> * Når den dataen vi sender stemmer med ønsket data * Når den gjenntate ganger sender riktig data 		

Vedlegg Tabell 73: T.P1.03 Bluetooth

Test ID:	T.P1.04	Prioritet	Lav
Krav Testet	06.03.19		
Test Beskrivelse	Stramming av bolt		
Ressurser	Bolt, casing, trykksensor, kabling, arduino, blåtann		
Test Steg	<ol style="list-style-type: none"> 1. Skru til bolt ved 30 Nm 2. Les av sensor verdi 3. Skift håndtak, og repeter 		
Aksept Kriterier	* Om en får tilnærmet samme verdi på sensor ved 30 Nm kraft tilskrudd bolt, uavhengig av klatretak brukt.		

Vedlegg Tabell 74: T.P1.04 Stramming av bolt

Test ID:	T.P1.05	Prioritet	Middels
Krav Testet	06.03.19		
Test Beskrivelse	Krefter langs Z-aksen		
Ressurser	Vann, glass, trykksensor, arduino, blåtann sender/mottaker		
Test Steg	<ol style="list-style-type: none"> 1. Plassere glass på sensor oppå vekt og mål opp ulike mengder vann med litermål 2. Les av mål på sensor ved ulik vekt 3. Sett opp en graf over faktorene mellom sensor-tall og vekt 		
Aksept Kriterier	<ul style="list-style-type: none"> * Om grafen er tilnærmet lineær * Om variansen mellom faktorene er mindre enn 5% * Om ved skalering og videre testing sensoren gir ut riktig verdi for vekt 		

Vedlegg Tabell 75: T.P1.05 Krefter langs Z-aksen

Test ID:	T.P1.06	Prioritet	Høy
Krav Testet	06.03.19		
Test Beskrivelse	Av/på funksjonalitet		
Ressurser	Trykksensor, Blåtann, arduino, casing, klatretak, PC		
Test Steg	<ol style="list-style-type: none"> 1. Berør klatretak 2. Se om blåtann signal sender "BERØRT" 3. Slipp klatretak 4. Se om blåtann signal sender "IKKE BERØRT" 		
Aksept Kriterier	<ul style="list-style-type: none"> * Om taket konsistent sender "BERØRT" og "IKKE BERØRT" ved korresponderende handling * Om det over en periode på 5 minutter uten berøring, ikke sendes ut "BERØRT" ved noe tilfelle 		

Vedlegg Tabell 76: T.P1.06 Av/på funksjonalitet

Test ID:	T.P1.07	Prioritet	Middels
Krav Testet	06.03.19		
Test Beskrivelse	Styrke egenskaper til case		
Ressurser	Case		
Test Steg	<ol style="list-style-type: none"> 1. Simulere case 2. 3D-printe case 3. Sammenlikne deformering 		
Aksept Kriterier	*Om deformering i virkeligheten overensstemmer med simulering		

Vedlegg Tabell 77: T.P1.07 Styrke egenskaper til case

Test ID:	T.P1.08	Prioritet	Middels
Krav Testet	06.03.19		
Test Beskrivelse	Funksjonalitet av enhet i case		
Ressurser	Case, enhet		
Test Steg	<ol style="list-style-type: none"> 1. Sett inn enheten 2. Sjekk tilgang til viktige koblinger 3. Skru den til i vegg og se om alt fungerer 4. Se i hvilken grad touch funksjonalitet fungerer 		
Aksept Kriterier	<ul style="list-style-type: none"> * Om enheten passer * Om man har tilgang til å skru av/på batteri, LED lys på utsiden, kunne koble fra blåtann, og ha usb kobling tilgjengelig * Om touch sensor fungerer pålitelig - LED alltid av ved "IKKE BERØRT", og vice versa 		

Vedlegg Tabell 78: T.P1.08 Funksjonalitet av enhet i case

C.5 Prototype 2 Tester

Test ID:	T.P2.01	Prioritet	Høy
Krav Testet	12.5.19		
Test Beskrivelse	Retnings bestemt LED strip		
Ressurser	Batterier, enhet, LED-strips og arduino ferdig oppkoblet		
Test Steg	* Sette bestemte konfigurasjoner fra master via blåttann Kjøre koden og se på lys		*
Aksept Kriterier	* Om LED strip overensstemmer med bestemte konfigurasjoner Om lyset er tilstrekkelig lyst		*

Vedlegg Tabell 79: *T.P2.01 Retningsbestemt LED-strip*

Test ID:	T.P2.02	Prioritet	Høy
Krav Testet	08.5.19		
Test Beskrivelse	Måle berøring		
Ressurser	Ferdig montert enhet på vegg		
Test Steg	* Røre enhet i vegg og lese av berøringstilstand		
Aksept Kriterier	* Om den sender berøringstilstand bare når enheten er berørt, og at den alltid sender berøringstilstand når den er berørt		

Vedlegg Tabell 80: *T.P2.02 Måle berøring*

Test ID:	T.P2.03	Prioritet	Middels
Krav Testet	08.5.19		
Test Beskrivelse	Måle krefter og torque		
Ressurser	Ferdig montert enhet på vegg		
Test Steg	* Berøre enhet i vegg og lese av krefter og dreiemoment		
Aksept Kriterier	* Når krefter og dreiemoment overensstemmer med det som blir påført sensorene		

Vedlegg Tabell 81: T.P2.03 Måle krefter og torque

Test ID:	T.P2.04	Prioritet	Høy
Krav Testet	16.5.19		
Test Beskrivelse	Blåtann fra 5 enheter til en master enhet		
Ressurser	Ferdig oppkoblet enhet		
Test Steg	* Koble opp 5 enheter mot master og kjøre whack-a-mole		
Aksept Kriterier	* Når vi ser at whack-a-mole har godkjent respons; lav tid på slukking av LED diode når de er berørte, og slukker alltid ved berøring		

Vedlegg Tabell 82: T.P2.04 Bluetooth fra 5 enheter til master-enhet

Test ID:	T.P2.05	Prioritet	Høy
Krav Testet	14.5.19		
Test Beskrivelse	Stabil blåttann overføring		
Ressurser	Enhet oppkoblet med blåttann sender/mottaker		
Test Steg	* Sende meldinger fra master til enhet		
Aksept Kriterier	* Når alle meldinger når fram på forventet tid		

Vedlegg Tabell 83: T.P2.05 Stabil Bluetooth overføring

Test ID:	T.P2.06	Prioritet	Middels
Krav Testet	08.5.19		
Test Beskrivelse	Kretskort		
Ressurser	Egendefinert PCB med tilkoblet komponenter		
Test Steg	* Koble opp på normalt vis og bruke enhet		
Aksept Kriterier	* Når enhet fungerer likt som den gjorde med breadboards * Når kort passer i enhet		

Vedlegg Tabell 84: T.P2.06 Kretskort

Test ID:	T.P2.07	Prioritet	Høy
Krav Testet	08.5.19		
Test Beskrivelse	Ha trådløs strømtilførsel		
Ressurser	Batterier, batteri-socket og ferdig oppkoblet enhet		
Test Steg	* Koble opp batteri mot enhetens komponenter		
Aksept Kriterier	* Når enhet fungerer likt som den gjorde med strømtilførsel fra USB		

Vedlegg Tabell 85: T.P2.07 Ha trådløs strømtilførsel

Test ID:	T.P2.08	Prioritet	Lav
Krav Testet	08.5.19		
Test Beskrivelse	Måling av batteri nivå		
Ressurser	Batterier, batteri-socket og ferdig oppkoblet enhet		
Test Steg	* Sette inn batterier * Lese av batteri nivå		
Aksept Kriterier	* Når spennings avlesning overensstemmer med batteri spenning		

Vedlegg Tabell 86: T.P2.08 Måling av batterinivå

Test ID:	T.P2.09	Prioritet	Middels
Krav Testet	08.5.19		
Test Beskrivelse	Måling av trykk		
Ressurser	Trykk sensorer, arduino og datamaskin		
Test Steg	* Koble opp trykk sensorer og lese av verdier		
Aksept Kriterier	* Når verdier overensstemmer med påført trykk		

Vedlegg Tabell 87: T.P2.09 Måling av trykk

Test ID:	T.P2.10	Prioritet	Middels
Krav Testet	16.5.19		
Test Beskrivelse	Måling av tøyning		
Ressurser	strekkklapper, hx711 forsterker, arduino og datamaskin		
Test Steg	* Koble opp lastceller og lese av verdier		
Aksept Kriterier	* Når verdier overensstemmer med påført tøyning		

Vedlegg Tabell 88: T.P2.10 Måling av tøyning

Test ID:	T.P2.11	Prioritet	Lav
Krav Testet	08.5.19		
Test Beskrivelse	Stramming av bolt		
Ressurser	momentnøkkel, testvegg, M10 bolt og hylser		
Test Steg	* Feste enhet i vegg		
Aksept Kriterier	* Når enhet indikerer riktig tilstrammingsnivå		

Vedlegg Tabell 89: T.P2.11 Stramming av bolt

Test ID:	T.P2.12	Prioritet	Lav
Krav Testet	11.5.19		
Test Beskrivelse	Utlesning av rå sensor data		
Ressurser	Arduino med blåttann og datamaskin		
Test Steg	* Koble opp enhet og lese over blåttann		
Aksept Kriterier	* Når verdier overensstemmer med påført tøyning og trykk		

Vedlegg Tabell 90: T.P2.12 Utlesning av rå-sensordata

Test ID:	T.P2.13	Prioritet	Middels
Krav Testet	12.5.19		
Test Beskrivelse	Whack-a-mole i master enhet		
Ressurser	6 blåttann, arduino og datamaskin		
Test Steg	* Koble opp 5 enheter mot master og kjøre whack-a-mole		
Aksept Kriterier	* Når spill fungerer i henhold til gitte regler		

Vedlegg Tabell 91: T.P2.13 Whack-a-Mole i mater-enhet

Test ID:	T.P2.14	Prioritet	Lav
Krav Testet	08.5.19		
Test Beskrivelse	Klatre anbefalnings system i master enhet		
Ressurser	6 blåttann, arduino og datamaskin		
Test Steg	* Koble opp 5 enheter mot master og kjøre system		
Aksept Kriterier	* Når anbefalninger i vegg overensstemmer med simulasjon		

Vedlegg Tabell 92: T.P2.14 Klatre anbefalingssystem i master-enhet

Test ID:	T.P2.15	Prioritet	Lav
Krav Testet	08.5.19		
Test Beskrivelse	Opplasting av rå sensor data til IoT Cloud		
Ressurser	Blåtann, arduino, amazon IoT cloud og datamaskin		
Test Steg	* Koble opp enheter mot master enhet og laste opp data		
Aksept Kriterier	* Når data overensstemmer i enheter, master, og på cloud		

Vedlegg Tabell 93: T.P2.15 Opplasting av rå-sensordata til IoT Cloud

Test ID:	T.P2.16	Prioritet	Lav
Krav Testet	08.5.19		
Test Beskrivelse	Styring av veggsystemer og bruker integrasjon		
Ressurser	Blåtann, arduino, amazon IoT cloud, heroku og datamaskin		
Test Steg	* Koble master opp mot server i cloud		
Aksept Kriterier	* Når kommunikasjon mellom master og cloud fungerer som forhåndsbestemt		

Vedlegg Tabell 94: T.P2.16 Styring av veggsystemer og bruker integrasjon

Vedlegg – D: Rapporter (Dokumentasjon)

Dette dokumentet er en samling av alle rapporter som har blitt laget av «Get a Grip» gjennom prosjektet. Det er mange grunner til at rapporter blir laget; det kan være samling av data og informasjon som er nyttig å sette sammen. Dokumentering av hendelser, erfaringer og refleksjoner gruppen har gjort. Eller det kan handle om å beskrive møter og bedriftsbesøk som har vært nyttige under prosjektet.

«Get a Grip» forholder seg til prinsippet om at; er det ikke dokumentert, er det ikke gjort.

D.1 - Seks Praksiser

 <p>Vedlegg Figur 7: Abstraksjon av Kanban-brett</p>	<h3>Seks Praksiser</h3> <p>Dato: 20.01.2019</p> <p>Forfatter: Sandra Aakervik</p>
<h3>Introduksjon</h3> <p>Det er seks praksiser identifisert av David Anderson, som må være til stedet for å implementere Kanban korrekt [53].</p>	<h3>Innholdsliste</h3> <ul style="list-style-type: none"> • Seks Praksiser • Visualisere Arbeidsflyten • Begrens Pågående Arbeid • Gjør Prosessretningslinjer Eksplisitte • Tilbakemelingssløyfe • Gjør Forbedinger Sammen

D.1.1 Visualiser Arbeidsflyten

For å visualisere prosessen i Kanban må en anvende et Kanban-brett, med Kanban-kort. «Get a Grip» anvender Microsoft Teams sin løsning for disse verktøyene.

Tradisjonelt har et Kanban-brett tre kolonner, «forespørsel», «pågår/under arbeid» og «ferdig». Her er det opp til hvert prosjekt hvilke kolonner som er nødvendige. I «Get a Grip» sitt prosjekt ble det nødvendig å ha flere kolonner enn dette. Kolonnen for «forespørsel» har blitt døpt til «backlog», og det er lagt opp til flere «backlogs». For hele prosjektet, for presentasjoner og for prototyper. «Get a Grip» har også valgt å legge til «review» for gjennomgang av andres arbeid, og «planning» for oppgaver som krever lang tid eller flere personer for å fullføre planleggingen av oppgaven.

Hvert Kanban-kort representerer en arbeidsoppgave, og plasseres i den tilsvarende kolonnen ut ifra hvilken status i arbeidsprosessen oppgaven har. De viktigste elementene å ta hensyn til når man anvender Kanban-kort er at oppgavene deles opp i små nok elementer, slik at en oppgave kan fullføres (og dokumenteres som fullført) raskest mulig. Det er viktig at kortene inneholder så mye informasjon som mulig, og gjerne lenker til andre ressurser.

D.1.2 Begrens Pågående Arbeid

Ved å begrense pågående arbeid er tanken å unngå å spre arbeidsressursene for tynt utover for mange oppgaver. Derfor skal man sette opp en «Work in Progress Limit» eller «WIP» begrensning. Dette er enten ved å sette en begrensning på hvor mange oppgaver som til enhver tid kan være i hver kolonne, eller hvor mange oppgaver hver person kan ha til enhver tid.

Dette vil si at før en ny oppgave kan trekkes ut fra «backlog», må enten en oppgave fullføres eller legges tilbake i «backlog».

Get a Grip har valgt å sette sin begrensning av pågående arbeid til maksimalt tre oppgaver per person, på tvers av alle kolonner.

D.1.3 Administrer Arbeidsflyt

Poenget med Kanban er å skape en jevn og effektiv flyt i arbeidet, ved bevegelse av oppgaver gjennom produksjonsprosessen. Derfor fokuserer Kanban-modellen på å styre arbeidsprosessen og forstå hvordan denne kan effektiviseres best mulig, i stedet for å detaljstyre mennesker for å holde dem i arbeid [53].

For «Get a Grip» betyr dette jevnlig gjennomgang av status på Kanban-brettet og arbeidsoppgavene. Både ved å oppdatere «backlog» med nye oppgaver som til enhver tid dukker opp, og for fremskynde ferdigstilling av oppgaver.

D.1.4 Gjør Prosessretningslinjer Eksplisitte

«...the process should be clearly defined, published and socialized...» [53].

Gruppen har satt opp sitt eget bibliotek i Microsoft Teams med retningslinjer og bestemmelser av hvordan Kanban skal implementeres i vårt prosjekt. Alle gruppemedlemmer har satt sammen og gjort seg kjent med dette innholdet, som er tilgjengelig til enhver tid.

D.1.5 Tilbakemeldingsløyfe

Med dette menes at det er regelmessige møter for utveksling av informasjon og tilbakemeldinger.

Som nevnt i innledningen av denne rapporten har det blitt implementert ukentlige møter for å oppdatere gruppen på prosessen, og bi-ukentlige møter for diskusjon rundt gruppesamarbeidet. Det har også blitt avholdt ukentlige møter med våre veiledere for tilbakemeldinger.

D.1.6 Gjør Forbedringer Sammen

Som første felles prosjekt fra en bedrift for alle involvert i gruppen, er det å arbeide opp mot en prosess for å skape en faktisk løsning noe nytt. Ved anbefaling fra bedrift, og egen analyse, har det Kanban vist seg å være den ideelle prosessmodellen for denne oppgaven. Det er et nytteverktøy å ha noen pekepinner å orientere seg etter, ved bruk av en slik modell; en prosess er like god som det man gjør ut av den. For å få mest mulig ut av Kanban, vil gruppen følge praksisene beskrevet her så godt som mulig.

D.1.7 Konklusjon

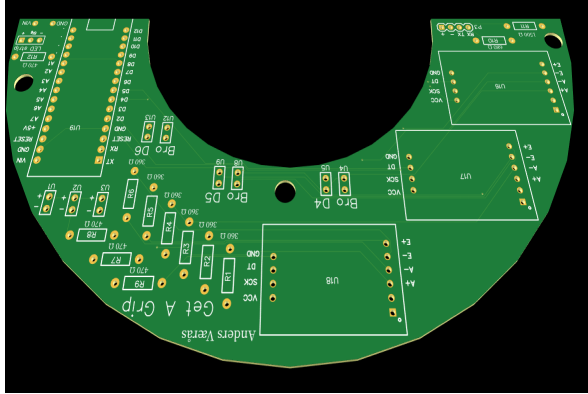
Som første felles prosjekt fra en bedrift for alle involvert i gruppen, er det å arbeide opp mot en prosess for å skape en faktisk løsning noe nytt. Ved anbefaling fra bedrift, og egen analyse, har det Kanban vist seg å være den ideelle prosessmodellen for denne oppgaven. Det er et nytteverktøy å ha noen pekepinner å orientere seg etter, ved bruk av en slik modell; en prosess er like god som det man



[DOKUMENTASJON]

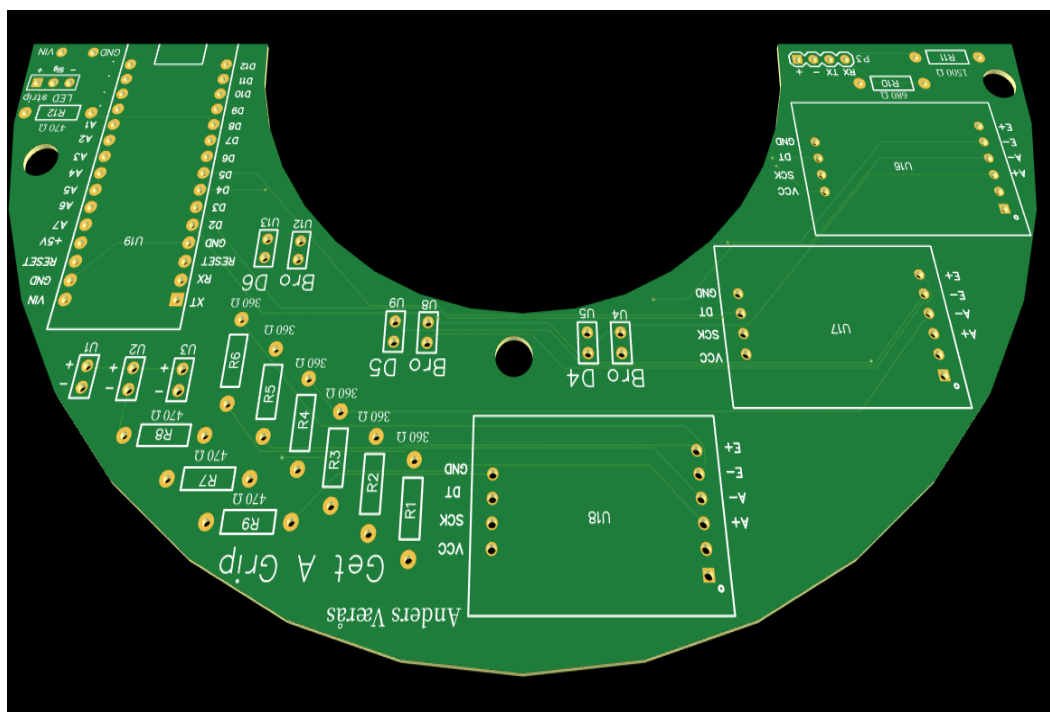
gjør ut av den. For å få mest mulig ut av Kanban, vil gruppen følge praksisene beskrevet her så godt som mulig.

D.2 Trykkede Kretskort (PCB)

 <p>Vedlegg Figur 8: «Get a Grip» Kretskort</p>	<h3>Trykkede Kretskort</h3> <p>Dato: 11.05.2019</p> <p>Forfatter: Anders Værås</p>
<h3>Introduksjon</h3> <p>Her skal jeg dekke det viktigste “delene” på ett kretskort eller PCB som det heter på engelsk.</p> <p>Jeg kommer til å bruke PCB mye i rapporten som står for printed circuit board.</p> <p>Kretskortet består hovedsakelig av pads, vias, monteringshullene, ledninger, komponenter, koblinger, fyllstoffer og elektriske grenser. Vanlige lag strukturen inneholder ett lags PCB, dobbelt lag PCB og flerlags PCB. I profesjonell sammenheng sier man heller gjerne printkort.</p> <p>Kretskort finnes i mange farger, men grønt er mest vanlig.</p>	<h3>Innholdsliste</h3> <ul style="list-style-type: none"> • Hvordan PCB lages • PCB spor og sporbredde • Trykk av PCB • Typer PCB og hva en må passe på • Hvorfor lager man kretskort • Ulike deler av PCB-en • Typer monteringsystem • Forskjellen på SMD og THT • PCB programvare design • Bestille PCB

D.2.1 Hvordan PCB lages

PCB er et kobberlaminert og ikke-ledende Trykt Kretskort, hvor alle elektriske og elektroniske komponenter er koblet sammen i ett felles Brett med fysisk støtte for alle komponenter med base av brettet. Når PCB ikke er utviklet, er alle komponenter koblet sammen med en ledning som øker kompleksiteten og reduserer påliteligheten til kretsen, slik at det ikke kan lages en veldig stor krets som hovedkort. I PCB er alle komponenter koblet uten ledninger, alle komponenter er tilkoblet internt, så det vil redusere kompleksiteten til den samlede kretsdesignet. PCB brukes til å gi strøm og tilkobling mellom komponentene, hvorved den fungerer som den ble designet. PCB kan tilpasses for spesifikasjoner til brukerkrav. Det kan bli funnet i mange elektronikk enheter som; TV, mobil, digitalkamera, datamaskiner deler som; Grafikkort, Hovedkort, etc. Det brukes også på mange felt som; medisinsk utstyr, industrimaskiner, bilindustrien, belysning, etc.



Vedlegg Figur 9: PCB-kort

D.2.2 Typer PCB og hva en man passe på

D.2.2.1 Typer PCB

Det finnes flere typer PCB tilgjengelig for kretsen. Ut av disse typene må var det viktig å velge riktig type PCB i henhold til kretsen i prosjektet.

- En-lags PCB
- Dobbeltsidig PCB
- Fler lags-PCB
- Fleksibel PCB
- Aluminiumsbelagt PCB
- Flex-stiv PCB

D.2.2.1.1 En-lags PCB:

En enkelt lags PCB er også kjent som ensidig PCB. Denne typen PCB er enkel og mest brukt PCB fordi disse PCB-ene er enkle å designe og produsere. Den ene siden av denne PCB er belagt med et lag av noe ledende materiale. Vanligvis brukes kopper som ledende materiale for PCB, fordi kobber har veldig god ledende karakteristikk. Et lag av loddemaske brukes til å beskytte PCB mot oksidasjon etterfulgt av silkeskjerm for å markere alle komponentene på PCB. I denne typen PCB brukes kun en side av PCB til å koble ulike typer elektriske eller elektroniske komponenter som motstand, kondensator, induktor etc. Disse komponentene er loddet. Disse PCB-ene brukes i lavpris- og bulkproduksjonsapplikasjoner som kalkulatorer, radio, skrivere og solid state-stasjonen.



Vedlegg Figur 10: En-lags PCB

D.2.2.1.2 Dobbeltsidig PCB

Dobbelt sidet PCB er også kjent som dobbeltsidig PCB. Som navnet antyder i denne typen PCB påføres et tynt lag av ledende materiale, som kobber både på toppen og bunnen av brettet. Disse er elektrisk forbundet med et hull gjennom brettet, som er vist i figur 4. Mer fleksibel, relativt lavere kostnad, og den viktigste fordelene med denne typen PCB-kort er den reduserte størrelsen som gjør kretsen kompakt. Denne typen PCB brukes hovedsakelig i industrielle kontroller, omformer, UPS-system, HVAC-applikasjon, telefon, forsterker og strømovervåkingssystemer.

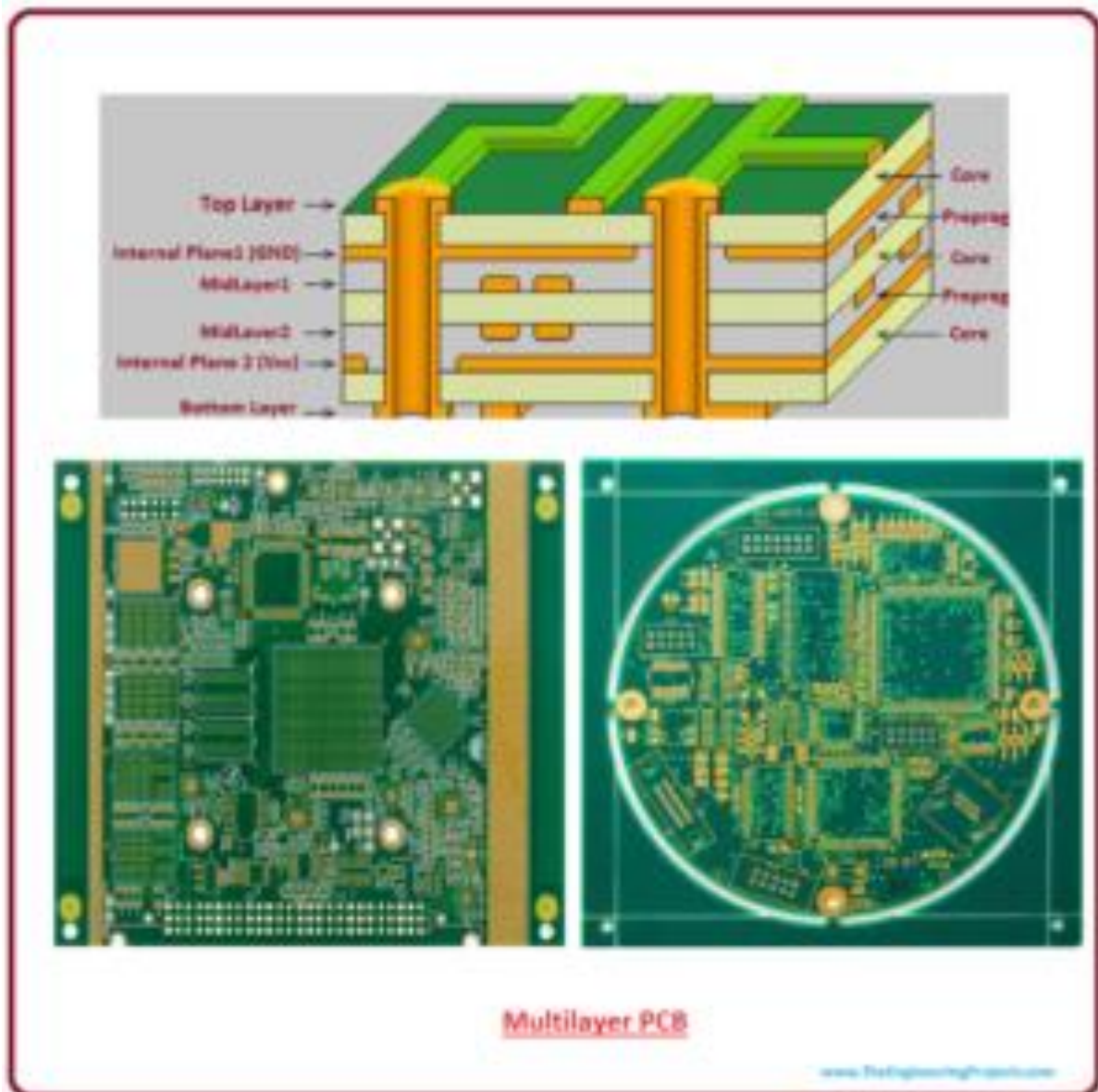


Vedlegg Figur 11: Dobbeltsidig PCB

D.2.2.1.3 Fler lags-PCB

Fler lags PCB har mer enn to lag. Det betyr at denne typen PCB har minst tre ledende lag av kobber. For å sikre brettet limes det mellom isolasjonslaget som sikrer at overskytende varme ikke vil skade noen komponent i kretsen. Denne typen PCB-

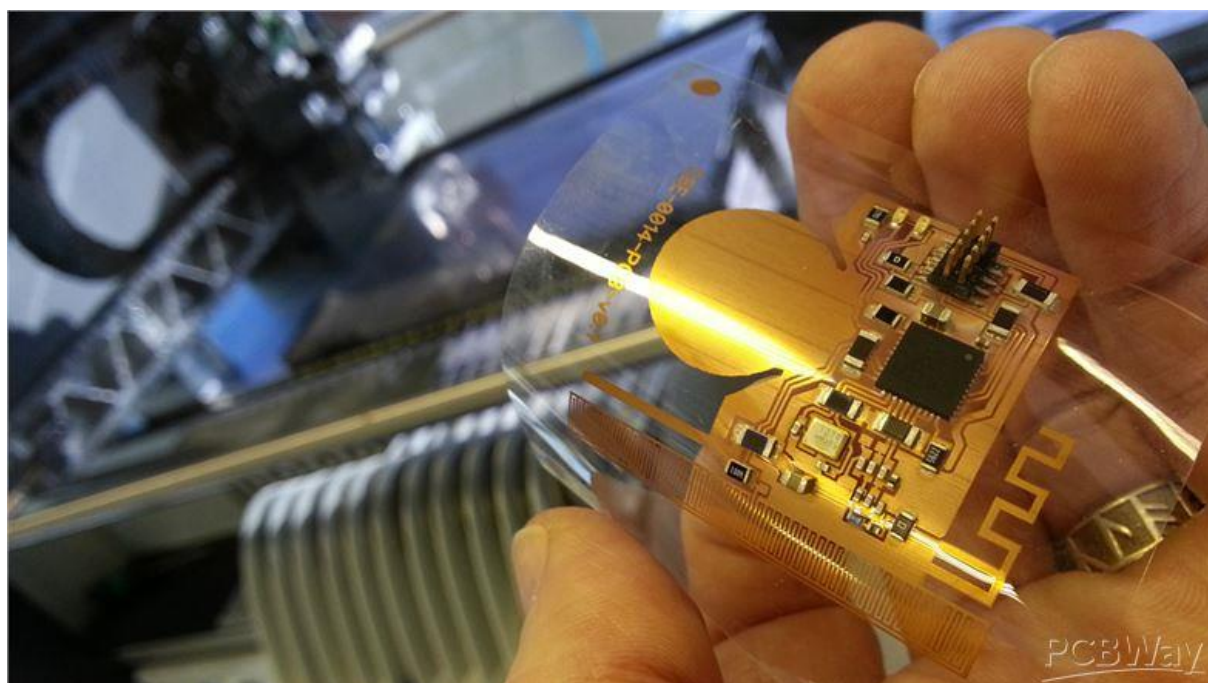
design er svært kompleks og brukes i svært komplisert og stor elektrisk oppgave i svært lav plass og kompakt krets. Denne typen PCB brukes i stor applikasjon som GPS-teknologi, satellittsystem, medisinsk utstyr, filserver og datalagring.



Vedlegg Figur 12: Multi lags-PCB [54]

D.2.2.1.4 Fleksibel PCB

Fleksibel PCB er også kjent som Flex krets. Denne typen PCB brukte fleksibelt plastmateriale som polymid, PEEK (polyetereterketon) eller transparent ledende polyesterfilm. Kretskortet er generelt plassert i brettet eller vridd. Dette er svært komplisert type PCB, og inneholder også forskjellige lagringsområder som enkeltsidig flex krets, dobbeltsidig flex krets og flersidig flex krets. Flex krets brukes i organisk lysemitterende diode, LCD fabrikasjon, flex solcelle, bilindustrien, mobiltelefoner, kamera og komplekse elektronikk enheter som bærbare datamaskiner.



Vedlegg Figur 13: Fleksibel PCB [55]

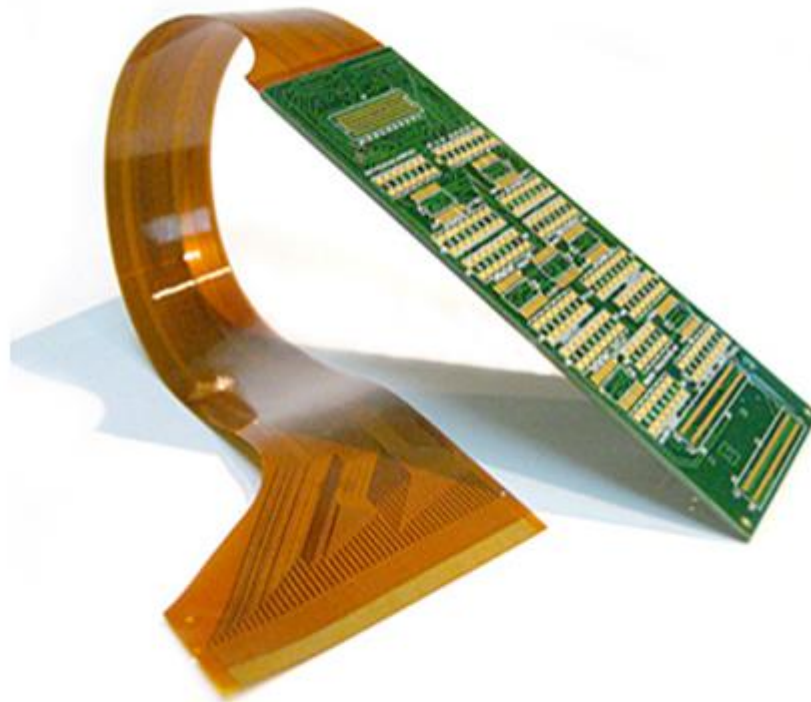
D.2.2.1.5 Stiv PCB

Stiv PCB er laget av fast materiale som ikke tillater PCB å vri. Samme som flex-PCB, Stiv PCB har også forskjellig lagkonfigurasjon som enkeltlag, dobbeltlag og flerlagig stiv PCB. Form av denne PCB endres ikke etter installasjon. Denne typen PCB kan ikke bøyes i henhold til form av base, og derfor er denne PCB kjent som RIGID PCB. Levetiden til denne typen PCB er veldig høy, så dette brukes i mange deler av

datamaskinen som RAM, GPU og CPU. Enkel i design og mest brukte og mest fremstilte PCB er enkeltsidig stiv PCB. Flerlags stiv PCB kan kompaktere ved å inneholde 9-10 lag.

D.2.2.1.6 Flex-stiv PCB

Kombinasjon av fleksibel krets og stiv krets er viktigst styret. Fleksibestandige brett består av flere lag med fleksibelt PCB festet til et antall stivt PCB-lag. Flex-stivt bord er som vist i figuren. Den brukes i mobiltelefoner, digitale kameraer og biler etc.

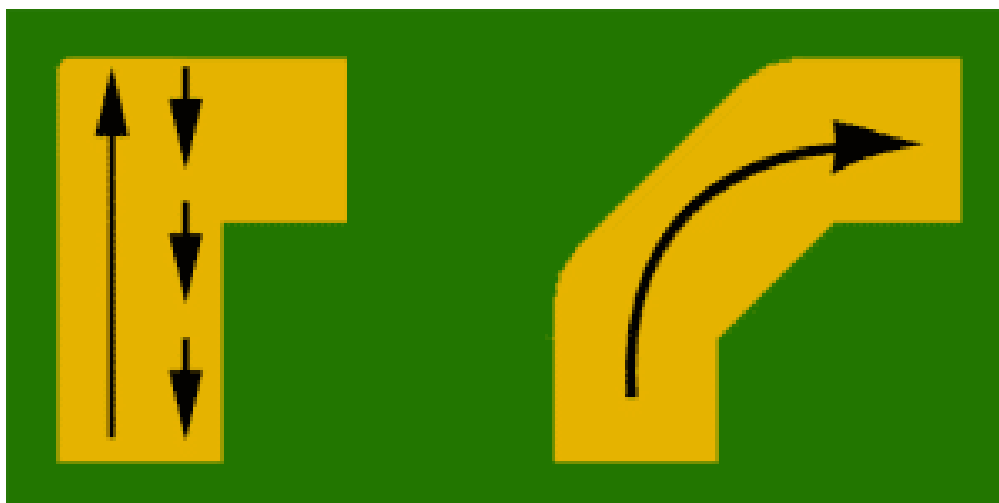


Vedlegg Figur 14: Flex stiv PCB [56]

D.2.3 PCB-spor og sporbredde

D.2.3.1 PCB-spor

Hvis du ser på et profesjonelt designet PCB, vil du sannsynligvis merke at de fleste kobbersporene bøyer i 45 grader vinkler. En årsak til dette er at 45 ° vinkler forkorter den elektriske banen mellom komponenter sammenlignet med 90 ° vinkler. En annen grunn er at høyhastighets logikk signaler kan bli reflektert fra baksiden av vinkelen, noe som forårsaker forstyrrelser:



Vedlegg Figur 15: Spor i PCB

Hvis prosjektet bruker digital logikk eller høyhastighets kommunikasjonsprotokoller over 200 MHz, bør du sannsynligvis unngå 90 ° vinkler og vias i sporene dine. For langsommere hastighetskretser vil 90 ° spor ikke ha stor effekt på ytelsen til kretsen

D.2.3.2 Sporbredde

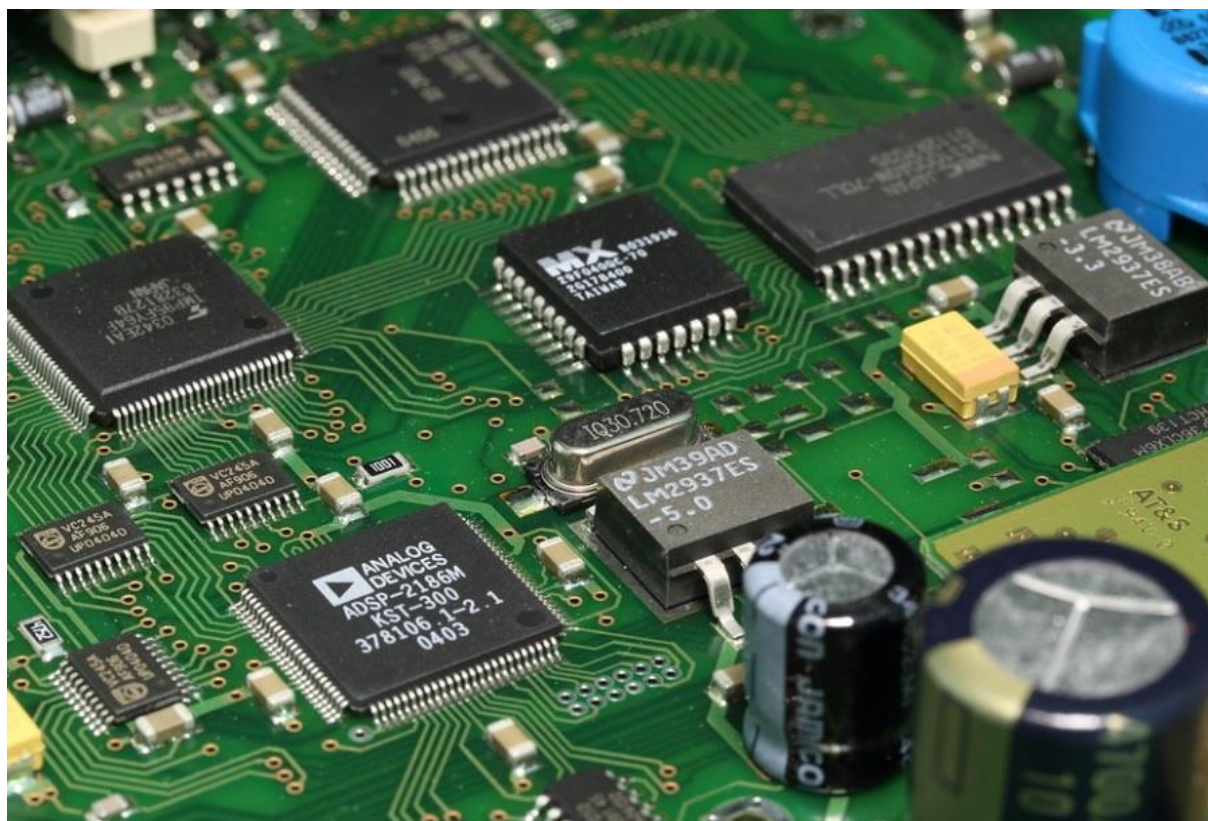
Som lagtykkelse vil bredden på sporene påvirke hvor mye strøm som kan strømme gjennom kretsen uten å skade kretsen.

Nærheten til spor til komponenter og tilstøtende spor vil også avgjøre hvor bredt sporene dine kan være. Hvis du designer en liten PCB med mange spor og komponenter, må du kanskje gjøre sporene smale for at alt skal passe.

D.2.4 Komponenter

Hvis kobbersporene oppfører seg som skjelettet av PCB, som fungerer som grunnleggende struktur - så er komponentene de vitale organene. Hver har en annen funksjon. De gir kretsen de unike egenskapene som gjør den egnet for det tiltenkte formål. Avhengig av enhet eller elektronisk gjenstand er et PCB utformet for forskjellige komponenter vil være nødvendige for forskjellige kretser. Disse komponentene kan bestå av et bredt spekter av elektroniske deler. Noen vanlige PCB-komponenter inkluderer:

- Batteri: Gir spenningen til kretsen.
- Motstander: Kontroller elektrisk strøm når den passerer gjennom dem. De er fargekodede for å bestemme verdien.
- Lysdioder: lysdiode. Lyser når strøm går gjennom det, og lar bare strømmen flyte i en retning.
- Transistor: forsterker ladning.
- Kondensatorer: Dette er komponenter som kan ta vare på elektrisk ladning.
- Induktor: lagrer energi i et magnetfelt når elektrisk strøm strømmer igjennom den
- Diode: Gjør det mulig å passere bare i én retning, blokkere den andre.
- Brytere: kan enten tillate strøm eller blokk, avhengig av om de er stengt eller åpne.



Vedlegg Figur 16: Diverse komponenter på et PCB-kort [57]

D.2.4.1 Hvorfor lager man kretskort?

De grønne PCB-ene som man ser i alt av elektronikk i dagens samfunn har ikke alltid vært sånn. For lit over 60 år siden var du nødt til å se PCB laget av materialer som Masonite, papp og treplanker. I disse gamle typene PCB, ble flate messing ledninger boltet inn i styret, og en samling av komponenter ble spredt over hele plassen. Her er en gammel TV med en av de tidligste PCB-ene inne, se på det rote!



Vedlegg Figur 17: En gammel TV

Denne monstrosity av en PCB ble snart endret, og i 1943 opprettet østeriske forskere Dr. Paul Eisler det første moderne PCB for en radio [58]. Kort tid etter byttet kobber kobbermetallet til PCB, da det var tillatt å strømme mer effektivt og det var også mye billigere å produsere.

Kretskortet fikk endelig sin berømmelse i 1956, da det amerikanske patentverket utstedte et patent for "prosessering av montering av elektriske kretser" til en gruppe forskere i den amerikanske hæren. Det er militæret som skal takkes for mange av de fremskrittene gjort i forhold til har sett i PCB. Takket være deres behov for nye våpen- og kommunikasjonssystemer har den enorme massen av gårdsdagens PCB, blitt krympet det ned til noe som i dag passer i lommen!

Dagens moderne PCB er overlegent over gammeldags teknologi, her skal jeg skrive litt om noen av grunnene.

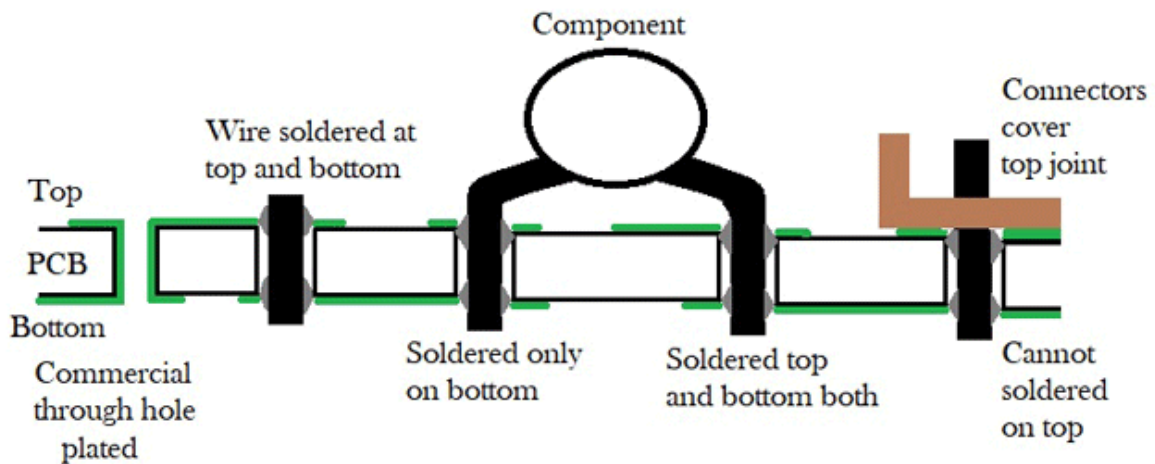
- Lav pris. Aluminium er en av de mest vanlige metaller på jorden, og utgjør 8,23% av planets vekt. Aluminium er enkelt og rimelig for meg, noe som bidrar til å kutte utgifter i produksjonsprosessen. Byggevarer med aluminium er dermed billigere.
- Miljøvennlig. Aluminium er ikke giftig og er lett å resirkulere. På grunn av sin enkle montering er produksjon av trykte kretskort av aluminium også en god måte å spare på energi.
- Varmeutslipp. Aluminium er et av de beste materialene som er tilgjengelig for å spre varme bort fra viktige komponenter i kretskort. I stedet for å spre varmen ut i resten av brettet, overfører det varme ut i friluft. Aluminium PCB kjøler seg raskere enn en tilsvarende størrelse kobber PCB.
- Materiell holdbarhet. Aluminium er langt mer holdbart enn materialer som glassfiber eller keramikk. Bruken av sterkere grunnmaterialer bidrar til å redusere skade under produksjon, frakt og installasjon.

Alle disse fordelene gjør at aluminium-PCB-er er et utmerket valg for applikasjoner krever høye effektmengder innenfor svært stramme toleranser, inkludert trafikklys, bilbelysning, strømforsyninger, motorstyringer og høyspennings kretser.

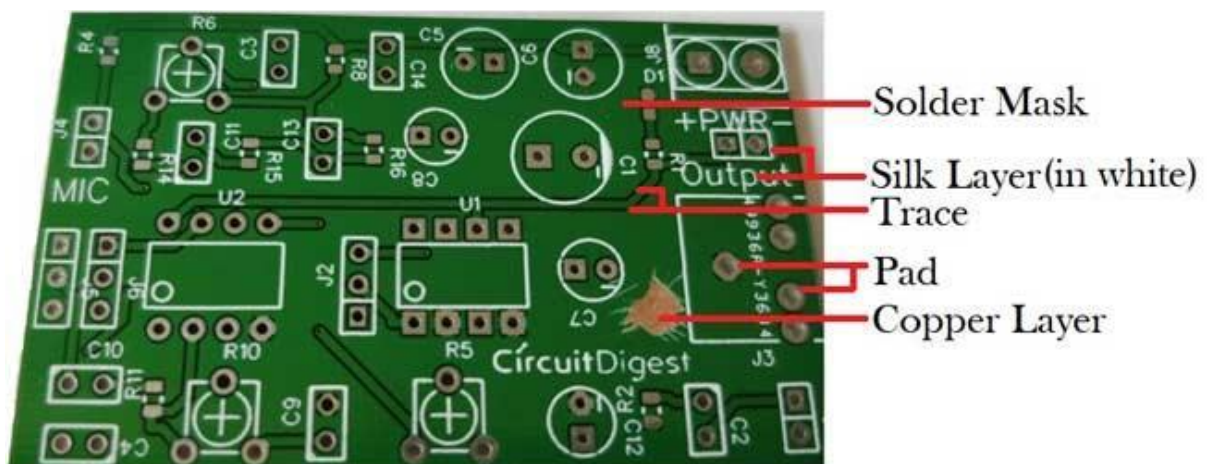
I tillegg til de store anvendelsesområdene, kan aluminium-støttede PCB også brukes i applikasjoner som krever en høy grad av mekanisk stabilitet, eller hvor PCB kan være utsatt for høye mekaniske belastninger. De er mindre utsatt for termisk ekspansjon enn et glassfiberbasert bord, noe som betyr at de andre materialene på brettet, som f.eks. Kobberfolie og isolasjon, vil være mindre tilbøyelige til å skrelle bort, noe som for lengre forlenger produktets levetid.

Gjennom årene har PCB-er utviklet seg fra de enkle enkelt lags PCB-ene som brukes i elektronikk som kalkulatorer til mer komplekse systemer, som for eksempel en høyfrekvent Teflon-design. PCB har funnet veien til nesten alle bransjer på planeten, fra enkel elektronikk som lysløsninger helt opp til mer komplekse bransjer som medisinsk eller luftfartsteknologi.

D.2.5 Ulike Deler av PCB-en



Vedlegg Figur 18: Typer oppsett



Vedlegg Figur 19: Toppen av en PCB (silklayer)

D.2.5.1 Pad

Pad er ingenting annet enn et stykke kobber hvor ledningen av komponenter er montert og hvor lodding er ferdig. Pad gir den mekaniske støtten til komponentene.

D.2.5.2 Spor

I PCB er komponenter ikke koblet til ved hjelp av ledninger. Alle komponenter er koblet til et ledende materiale som kobber. Denne kobberdelen av PCB som brukes til å koble alle komponenter som er kjent som spor. Spor ser ut som under figuren.

D.2.5.3 Lag

Ifølge søknaden, kostnad og ledig plass til krets, kan brukeren velge lag av PCB. Mest enkel i konstruksjon, enkel å designe og mest nyttig i rutinemessig liv er enkeltlags PCB. Men for svært store og komplekse kretser, er dobbeltlags PCB eller flerlags PCB mest foretrukket i forhold til enkeltlags PCB. Nå kan en dag, i flerlags PCB, kobles 10-12 lag, og det viktigste er å kommunisere mellom komponentene i forskjellige lag.

D.2.5.4 Silke lag

Silke laget brukes til å skrive ut linje, tekst eller annen kunst på overflaten av PCB. Vanligvis brukes epoxy blekk til skjerm utskrift. Silke laget kan brukes i topp og / eller bunnlag av PCB i henhold til brukerkrav som er kjent som silke skjerm TOP og silke skjerm BOTTOM.

D.2.5.5 Topp og nederste lag

I topplag av PCB, er alle komponenter montert i dette laget av PCB. Vanligvis er dette laget grønnfarget. I bunnlag av PCB, er alle komponenter loddet gjennom hullet og bly av komponenter er kjent som bunnlag av PCB. Noen ganger, i topp og / eller bunnlag er PCB belagt med grønt fargelag, som er kjent som loddemaske.

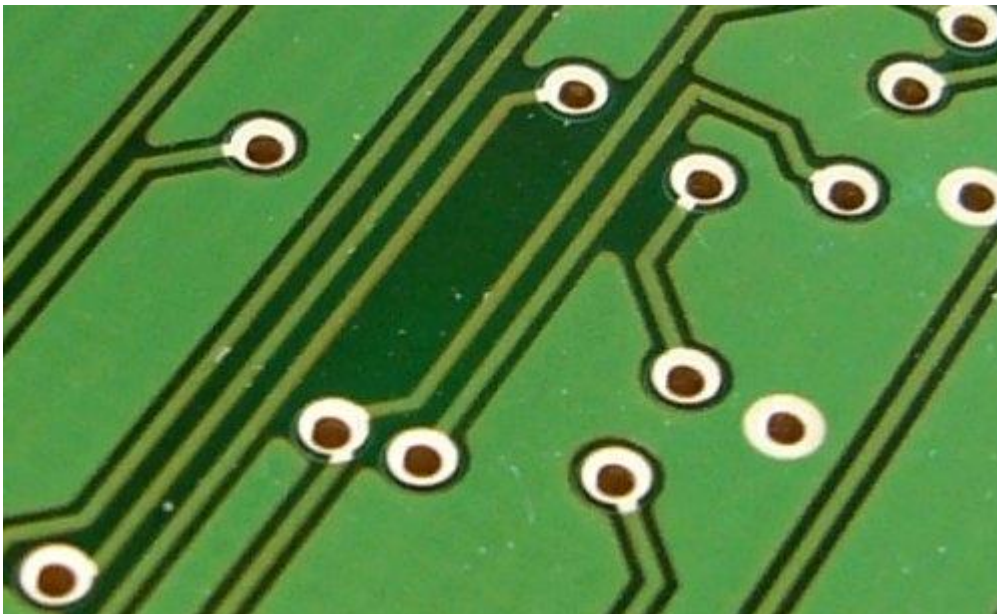
D.2.5.6 Loddemaske

Det er ett ekstra lag på toppen av kobberlaget kalt Soldermaske. Dette laget har vanligvis grønn farge, men det kan være av hvilken som helst farge. Dette isolerende laget brukes til å forhindre utilsiktet kontakt av pads med annet ledende materiale på PCB.

D.2.5.7 Typer monteringsystem

D.2.5.7.1 Hull monter (gjennomgående) PCB

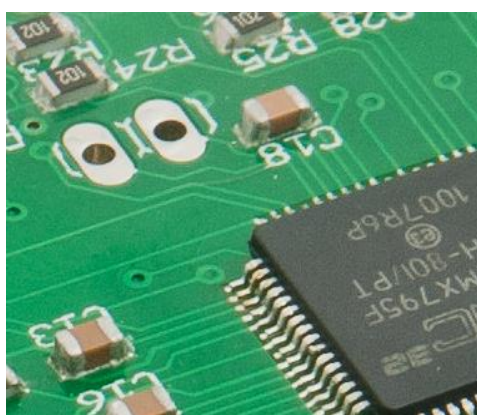
I denne typen PCB må det lages hull ved hjelp av bor på PCB. I disse hullene er leder av komponenter montert og loddet til pads som ligger på motsatt side av PCB. Denne teknologien er mest nyttig fordi den gir mer mekanisk støtte til elektriske komponenter og meget pålitelig teknologi for montering av komponenter, men boring i PCB gjør det dyrere. I enkeltlags PCB er denne monteringssteknologien enkel å implementere, men i tilfelle dobbeltlag og flerlags PCB gjør hullet vanskeligere.



Vedlegg Figur 20: Hull for montering av komponenter [59]

D.2.5.7.2 Overflatemonterte PCB

I denne typen PCB er komponentene små i størrelse fordi disse komponentene har svært lite bly, eller det kreves ingen ledninger for montering på brettet. Her, i denne teknologien, er SMD-komponenter montert direkte på overflaten av brettet og krever ikke å lage hull om bord.

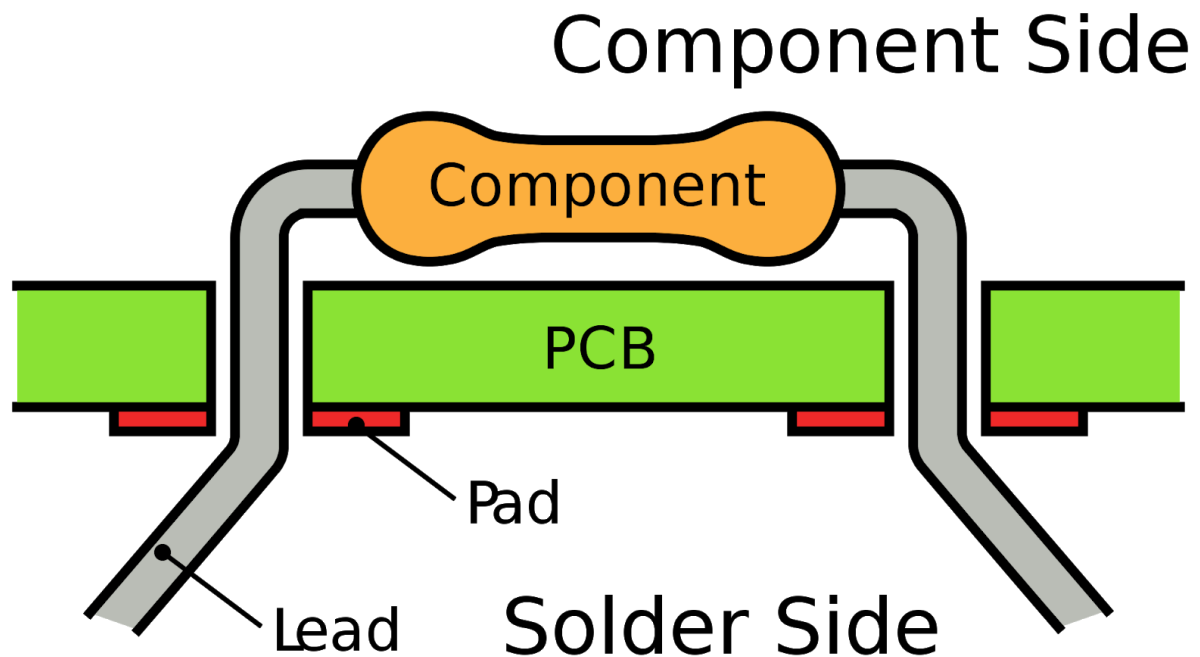


Vedlegg Figur 21: Overflatemonterte komponenter [60]

D.2.6 Forskjellen på SMD eller THT

D.2.6.1 Hva er gjennom hullteknologi?

Gjennom hullteknologi innebærer å sette komponenter med haler eller ledninger inn i hull som er boret i PCB. Disse komponentene vil bli beskrevet som gjennomgående komponenter. Ledningene kan deretter loddes på pads eller lander på undersiden av brettet, vanligvis med en bølgelodderprosess (men også for hånd).



Vedlegg Figur 22: Gjennomhull teknologi (THT) [61]

En nylig utvikling av denne prosessen har vært å bytte fra et vanlig boret hull til et belagt gjennom hull. Loddemasse legges inn i hullet, og ledningen skyves gjennom denne limen. Hele PCB blir så oppvarmet for å reflow denne loddemassen - dette kalles pin-in-paste loding. Denne utviklingen gir mulighet for plater som er en blanding av gjennomgående hull og overflatefeste, da begge komponenttyper kan loddet i en enkelt prosess.

Gjennomgående hullmontering er ekstremt pålitelig da det skaper sterke mekaniske bindinger, og er en veletablert prosess. Antallet av variabler som kan forårsake loddemateriell er mindre enn med overflatemontering, og er generelt godt undersøkt og forstått. På grunn av den ekstra boringen og det mulige kravet om å skrive ut på begge sider av PCB, kan prosessen imidlertid gjøre det rene bordet dyrere. Det kan også være vanskeligere å automatisere plasseringen av komponentene på PCB, da mange komponenter på tvers av komponenter er pakket løs eller andre bulkmetoder.

D.2.6.2 Hva er Surface Mounted Technology og hvordan fungerer det?

Surface Mount Technology er en metode som brukes til å montere elektroniske kretser, hvor komponentene er montert eller plassert direkte på oversiden av trykte kretskort.

Overflatemonteringsenheter (SMD) vil ha flatt, samlet haler eller ledninger som gjør at komponenten kan hvile på et flatt, synlig spor på PCB. Det kreves ingen hull i PCB, og loddemasse påføres gjennom en stencil for å dekke de eksponerte områdene. Komponentene plasseres deretter (ofte med maskin) i loddemassen, og deretter blir PCB oppvarmet for å reflowere pastaen.

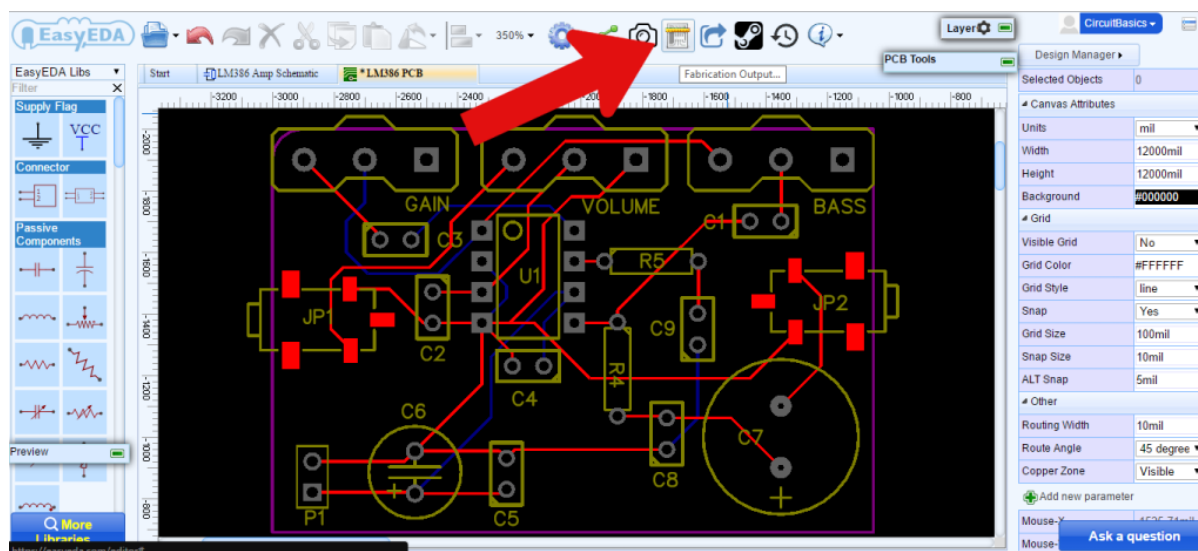
Uten behov for hull, kan SMT-komponenter noen ganger være mindre enn gjennom hullene, da de bruker mindre ledninger eller kontaktputer i stedet for ledninger. Dette kan gjøre at PCBene blir mindre og mer kompakte, med høyere kretsdensitet - eller i det minste en billigere design uten hull og bare kretsutskrift på den ene siden av brettet.

EasyEDA er en programvare som brukes til å designe og simulere kretser. Denne programvaren er et integrert verktøy for skjematisk opptak, SPICE krets simulering, basert på Ngspice og PCB layout. Den viktigste fordelen med denne programvaren er at den er nettbasert programvare og brukes i nettleservinduet. Så, denne programvaren er uavhengig av OS.

D.2.8 Bestille PCB

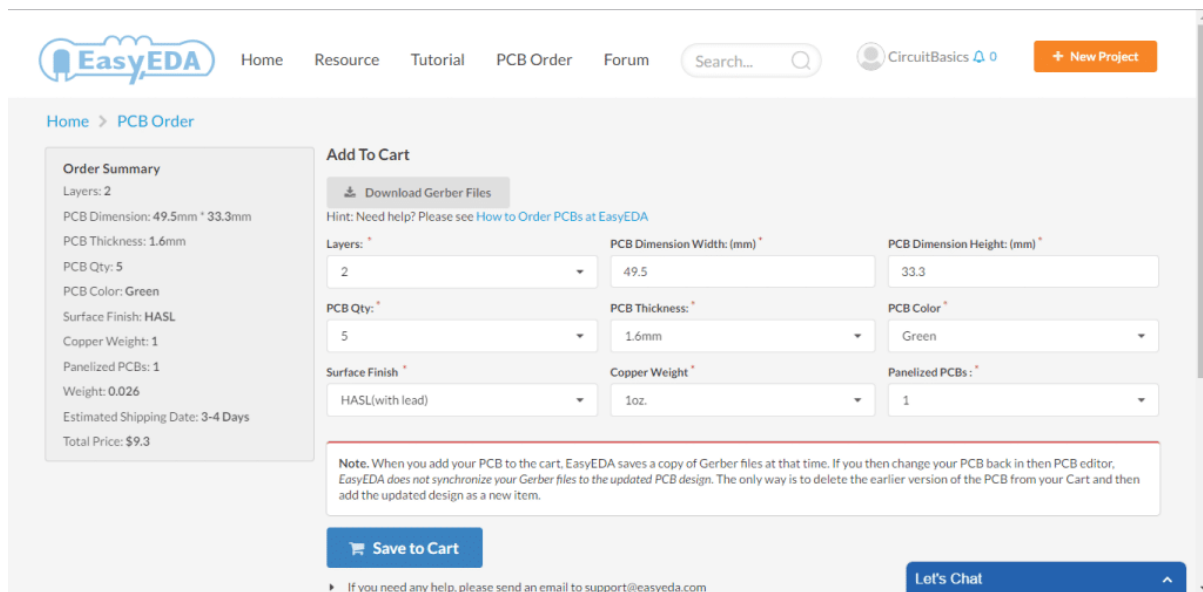
Jeg har brukt EasyPCB så jeg kommer til og forklare hvordan man bestiller kretskort på deres side, men måten man bestiller på er veldig lik på alle sider. Så man vil på en grei forståelse av hvordan dette gjør med denne forklaringen

Start med å klikke på "Fabrication Output" -knappen i toppmenyen til PCB-editoren:



Vedlegg Figur 24: Bestille PCB [63]

Dette tar deg til en annen skjerm hvor du kan velge alternativene for PCB-bestillingen din :



EasyEDA Home Resource Tutorial PCB Order Forum Search... CircuitBasics 0 + New Project

Home > PCB Order

Order Summary

Layers: 2

PCB Dimension: 49.5mm * 33.3mm

PCB Thickness: 1.6mm

PCB Qty: 5

PCB Color: Green

Surface Finish: HASL

Copper Weight: 1

Panelized PCBs: 1

Weight: 0.026

Estimated Shipping Date: 3-4 Days

Total Price: \$9.3

Add To Cart

[Download Gerber Files](#)

Hint: Need help? Please see [How to Order PCBs at EasyEDA](#)

Layers: *	PCB Dimension Width: (mm) *	PCB Dimension Height: (mm) *
<input type="text" value="2"/>	<input type="text" value="49.5"/>	<input type="text" value="33.3"/>
PCB Qty: *	PCB Thickness: *	PCB Color *
<input type="text" value="5"/>	<input type="text" value="1.6mm"/>	<input type="text" value="Green"/>
Surface Finish *	Copper Weight *	Panelized PCBs: *
<input type="text" value="HASL(with lead)"/>	<input type="text" value="1oz."/>	<input type="text" value="1"/>

Note. When you add your PCB to the cart, EasyEDA saves a copy of Gerber files at that time. If you then change your PCB back in then PCB editor, EasyEDA does not synchronize your Gerber files to the updated PCB design. The only way is to delete the earlier version of the PCB from your Cart and then add the updated design as a new item.

[Save to Cart](#)

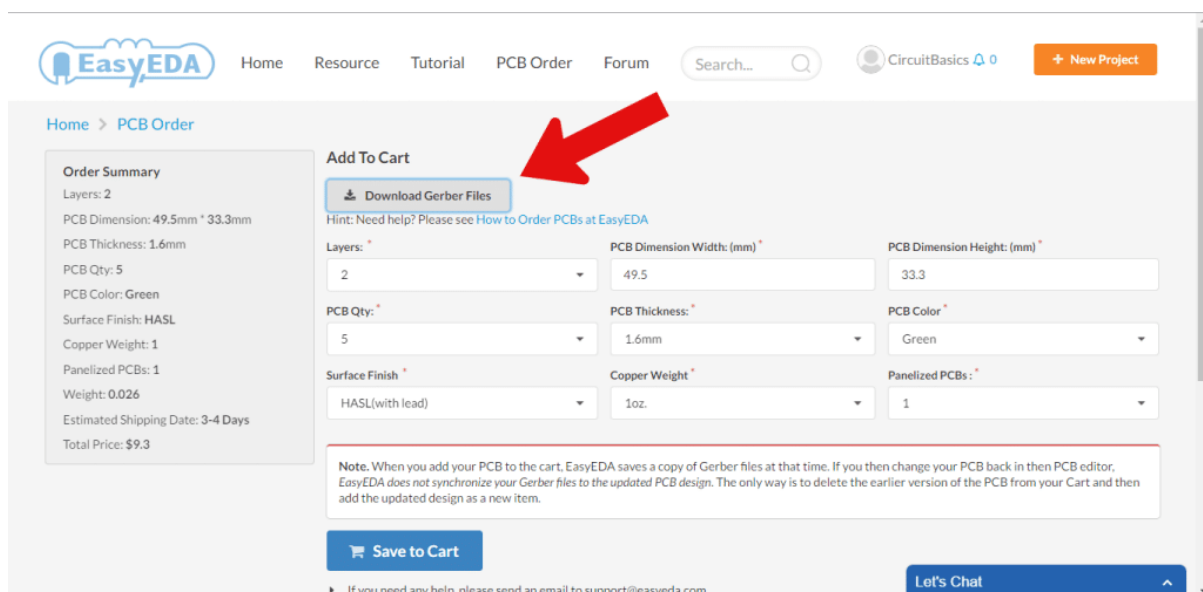
[Let's Chat](#)

If you need any help, please send an email to support@easyeda.com

Vedlegg Figur 25: Mulige valg til PCB [63]

Du kan velge antall PCB du vil bestille, antall kobberlag, PCB-tykkelsen, kobbervekten og til og med PCB-fargene. Når du har gjort dine valg, klikker du "Lagre i handlekurven", og du blir tatt til en side der du kan angi fraktadresse og faktureringsinformasjon.

Du kan også laste ned PCB's Gerber-filer hvis du vil sende dem til en annen produsent:



EasyEDA Home Resource Tutorial PCB Order Forum Search... CircuitBasics 0 + New Project

Home > PCB Order

Order Summary

Layers: 2

PCB Dimension: 49.5mm * 33.3mm

PCB Thickness: 1.6mm

PCB Qty: 5

PCB Color: Green

Surface Finish: HASL

Copper Weight: 1

Panelized PCBs: 1

Weight: 0.026

Estimated Shipping Date: 3-4 Days

Total Price: \$9.3

Add To Cart

[Download Gerber Files](#)

Hint: Need help? Please see [How to Order PCBs at EasyEDA](#)

Layers: *	PCB Dimension Width: (mm) *	PCB Dimension Height: (mm) *
<input type="text" value="2"/>	<input type="text" value="49.5"/>	<input type="text" value="33.3"/>
PCB Qty: *	PCB Thickness: *	PCB Color *
<input type="text" value="5"/>	<input type="text" value="1.6mm"/>	<input type="text" value="Green"/>
Surface Finish *	Copper Weight *	Panelized PCBs: *
<input type="text" value="HASL(with lead)"/>	<input type="text" value="1oz."/>	<input type="text" value="1"/>

Note. When you add your PCB to the cart, EasyEDA saves a copy of Gerber files at that time. If you then change your PCB back in then PCB editor, EasyEDA does not synchronize your Gerber files to the updated PCB design. The only way is to delete the earlier version of the PCB from your Cart and then add the updated design as a new item.

[Save to Cart](#)

[Let's Chat](#)

If you need any help, please send an email to support@easyeda.com

Vedlegg Figur 26: Gerber-fil [63]



Gerber-filer er et sett med bildefiler som inneholder mønstrene som brukes til å produsere din PCB. Alle filene komprimeres til en enkelt .zip-fil. Det er en egen fil for kobber spor, silke skjerm og boring av hull. Jeg bestilte 20 PCB-er til min bachelor, da det ikke koster så mye å bestille større kvantum. De er billigst å kjøpe 10 og øke med 10 om gangen, dvs 10, 20 ,30 osv er det billigste, 5 er minimum man kan bestille.

D.3 Kretsbeskyttelse

 <p>Vedlegg Figur 27: Typer sikringer [64]</p>	<h3>Kretsbeskyttelse</h3> <p>Dato: 19.04.2019</p> <p>Forfatter: Anders Værås</p>
<h3>Introduksjon</h3> <p>Det er mange måter å beskytte kretsen mot uønskede hendelser som kan ødelegge kretskortet (koblingsbrettet) noe som gjør at enheten vil slutte å fungere. Følgende rapport vil gå mer inngående inn på hva som kan gjøres for å unngå slike hendelser.</p>	<h3>Innholdsliste</h3> <ul style="list-style-type: none"> • Vanlige skader på kort • ESD (elektrostatisk utladning) • Hvordan søke ESD beskyttelse på innganger • Slik bruker du TVS-beskyttelse effektivt • Redusere Støy i PCB kortet • Hvor skal man sette "By-pass" kondensatoren? • Optisolator • Zener diode • BMS • Sikringer

D.3.1 Vanlige skader på kort

Et vanlig problem er skader forårsaket av fuktighet på elektronikk. Dette gjelder spesielt PCB-kort, siden dette korroderer kobbersporene. Kondens på et aktivt PCB-kort kan forårsake kortslutninger og skade på andre komponenter. Foruten direkte skade på PCB-en, kan også det fuktige miljøet tiltrekker reptiler og insekter som potensielt kan forårsake kortslutning.



Vedlegg Figur 28: Kortslutning [65]

D.3.1.1 Konforme belegg

konforme belegg er tynne lag av materiale påført over et kretskort. Den enkleste

løsningsen for å holde elektronikken fri for fuktighet å bruke konformbelegget og plasser det i et kabinett. Det gir en anstendig beskyttelse på PCB-en fordi eksponerte kobber og komponenter er belagt med materialer som akryl, uretaner og silikon. Ulempen med denne passive tilnærmingen er at arbeid på PCB-en kan være vanskelig, ettersom du må strippe av belegget før komponentene kan fjernes og settes på på nytt og PCB-modulen kan reinstallereres.

D.3.1.2 Sugeventilator

Noen innebygde systemer er vanligvis plassert i industrielle innkapslinger, og fanget fuktighet kan da være et irriterende problem. Installasjon av en vifte som suger luften ut av huset, kan bidra til å redusere temperatur og fuktighet. Du kan se en lignende applikasjon i baderoms vifter.

D.3.1.3 Silikatgelé (Silica Gel)

Selv om det ikke er den mest elegante løsningen, kan fuktighetsinnholdet i luften reduseres ved å plassere en pakke silikatgelé med PCB-en. Silikatgelé er bare effektiv som en fuktighetsabsorberende løsning under 60 ° C.

D.3.1.4 Varmeelementer

Å plassere det innebygde systemet inn i et intelligent mini-varmeapparat kan være en effektiv måte å løse fuktproblemer på. Dette fungerer bra for innebygde systemer som er plassert i industrielle kabinett for utendørs bruk. Dette kan brukes mye i for eksempel varmeelement for å senke de relative fuktighetsnivåene og forhindre fuktighet i bilparkeringsmaskiner, hvor kondens kan være et utpreget problem om morgenen.

I stedet for å blinde opp luften, kan en fuktighets- og temperatursensor installeres i kabinettet sammen med et varmeelement. Den intelligente proporsjonal-integral-derivat-algoritmen (PID) algoritmen kan tilføyes for å sikre at fuktigheten og temperaturen i luften kontinuerlig reguleres på en effektiv måte. Dette vil sterkt redusere enhver sjanse for at vanndråper dannes.



Vedlegg Figur 29: Varmeelement [66]

D.3.4 ESD (elektrostatisk utladning)

En ESD-pistol anvendes til å sende opp til 8 KV inn i utstyret. Dette gjøres når utstyret er i bruk. Det anvendes som oftest programvare i tandem med ESD-pistolen for å avdekke hvor eventuelle skader kan oppstå.



Vedlegg Figur 30: Elektrostatisk utladning [67]

Med tanke på elektrostatisk utladning, er ESD en av de få tingene som kan anvendes for å forhindre skader på datamaskinen eller deler av datamaskinen. På samme vis som når en gnir føttene på et teppe og berører metall, kan ESD oppstå når du arbeider i datamaskinen og kan forårsake skade på komponentene. ESD kan oppstå uten at du føler et sjokk, og oppstår bare mens du arbeider på innsiden av datamaskinen eller håndterer et utvidelseskort eller annen maskinvare.

D.3.4.1 Antistatisk spray

En væskespray som kan brukes til å eliminere statisk elektrisitet og forhindre statisk klemme. Men skjønner produktet har sine begrensninger og kan brukes på visse typer utstyr, slik som enkelte skjermer.



Vedlegg Figur 31: Antistatisk spray [68]

Elektriske ladninger er av to generelle typer: positiv og negativ. To gjenstander som har et overskudd av en type ladning, utøser motstandskraft mot hverandre når de er relativ nærhet. To gjenstander som har overskytende motsatte ladninger, en positivt ladet og den andre negativt ladet, tiltrekker seg hverandre i relativ nærhet.

Enheten for elektrisk ladning i amper-sekund og SI-systemer har det benevnningen coulomb, ekvivalent med nettstrømmen av elektrisk ladning som strømmer gjennom et tverrsnitt av en leder i en elektrisk krets i løpet av hvert sekund når strømmen har en verdi på en ampere . En coulomb består av $6,24 \times 10^{18}$ naturlige enheter av elektrisk ladning. Ett elektron i seg selv har en negativ ladning av $-1,602 \times 10^{-19}$

coulomb. En coulomb av elektrisk ladning er omtrent 3.000.000.000 esu, eller en tiendedel emu.

D.3.4.2 Hvordan øke ESD-beskyttelse på innganger

Den første forsvarslinjen i ESD-beskyttelse er å minimere impedansen på veien mot jordingen. Det finnes en måte å minimere spenningen (VESD) som brettet vil oppleve under utladning. Ved å vurdere Ohms lov, er $VESD = IESDR$, IESD ikke noe som kan kontrolleres, så den eneste måten å minimere VESD er å minimere R. Problemet er at en ikke bare kan forkorte veien til jordingen, fordi jordingsplanet gir en direkte vei til alle følsomme komponenter.

I stedet kan en legge til en beskyttelseskrets ved inngangen i form av en forbigående spennings demper.

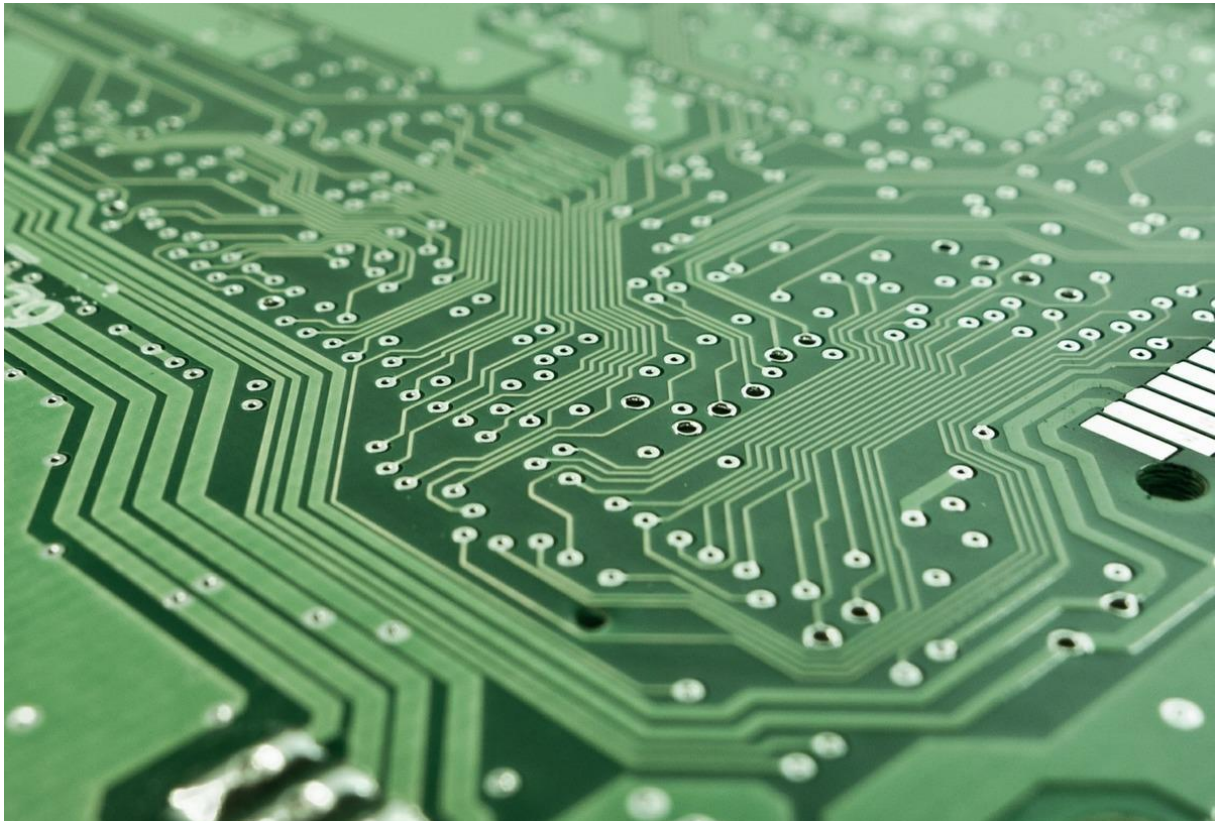
Transiente spenning suppresjons, eller TVS, består av to dioder kombinert med en lavine diode, og de kommer også som en enkelt komponent. Dette reduserer sjansene for at komponentene dine blir skadet uten å øke kostnadene eller kompleksiteten til designet ditt.

TVS subcircuit oppretter i utgangspunktet en nåværende divider mellom TVS og IC eller komponenter som du vil beskytte. Den gir høy inngangsimpedans til inngangen og påvirker dermed ikke normal drift. Men når inngangsstrømmen spiser dramatisk under en ESD-hendelse, når TVS sin spenningsspenning og sender den nåværende utladningen til jorden, i stedet for de sensitive komponentene du prøver å beskytte.

D.3.5 Slik brukes en TVS-beskyttelse effektivt

Når du legger til en TVS i ditt design, vil du jevne ut sporene dine så mye som mulig for å minimere EMI generert i hjørner og formere over hele linja. The Texas Instruments anbefalinger å bruke stor radius kurver i stedet for hjørner. Hvis du ikke kan på grunn av PCB-monteringsteknologien, bruker du en maksimal hjørnevinkel på

45 °. For meg ser det ut som en 135 graders vinkel, hvor du i stedet for en rett vinkel kutter av hjørnet, som et stoppskilt, og har i stedet to stumpe vinkler. Jeg anbefaler også TIs tekniske ressurser når du virkelig trenger å komme seg ned i ugasset for å løse et problem.



Vedlegg Figur 32: Kretskort [69]

Du bør bruke vinkelsvingninger i sporene dine nær ESD-beskyttelse krets. Skarpere hjørner er mer sannsynlig å genere EMI ettersom spenningen spiser ut.

Til slutt bør du også inkludere en buffer motstand i beskyttelseskretsen. Du legger det i serie mellom mulig ESD-kilde og IC-en du prøver å beskytte. Det bidrar til å redusere toppstrømmen som kommer til IC-en fra den nåværende divider du har lagt til ved inngangen. Noen TVS-dioder kan "reset" seg selv fra en massiv spenning spik, men ikke alle. Hvis de har blitt tilberedt fra en utslipp, kan de komme til grunn og

eliminere enhver beskyttelse du fikk fra TVS. Dioder er mektige, men det er godt å ha en annen forsvarslinje

D.3.5.1 Redusere Støy i PCB kortet

Elektronisk støy i trykt kretskort s (PCB) kan påvirke kretsens drift negativt. Dette gjelder spesielt for kretser som opererer ved frekvenser i MHz-rekkevidde og høyere. Dette skyldes at ved høyfrekvenser kan elektromagnetiske bølger som er opprettet rundt sporene og innvendige komponenter, hentes av andre spor og komponenter. Dette kan føre til forringelse av ytelse gjennom endringer induisert i formene av strøm- og spenningsimpulser. Redusere støy og dets negative effekter krever nøye utforming av PCB-layout.

Her har du noe av det du kan gjøre for å redusere støy når du

1. Mens du designer PCB-oppsettet, kan du forsøke å dekke så mye bordsområde som mulig med jord. Det er en god praksis å holde ett ansikt for bakkeplan og det andre for kraftplanet.
2. Når du designer PCB-oppsettet, må du holde signalsporene så tynne og så små som mulig. Bruk brett vias hvis nødvendig for å holde sporene små. Spor som er mindre enn 8 millimeter tykke, anses generelt som gode for å redusere kapasitiv kobling, noe som plukker opp støy. Adskillelsen mellom tilstøtende spor skal være større enn sporets bredde, ellers kan det forekomme signifikant kryss prang mellom dem.

hver bypass-kondensator vil avhenge av hver enhet den er tilknyttet. Generelt sett, hvis enhetens båndbredde er mindre enn eller lik $\sim 10\text{MHz}$, vil en $0,1\text{mF}$ by-pass kondensator redusere injisert lyd dramatisk. Hvis båndbredden til enheten er over $\sim 50\text{MHz}$, er en $0,01\text{mF}$ by-pass kondensator trolig hensiktsmessig. Mellom disse to frekvensene kan enten eller begge brukes. I alle tilfeller er det best å referere til produsentens retningslinjer for spesifikasjoner.

By-pass kondensatorledninger må plasseres så nært som mulig til enhetens strømforsyningsstift. Hvis to bypass kondensatorer brukes til en enhet, bør den minste av de to være nærmest enhet stiften. Endelig bør ledningslengden på bypass-kondensatoren være så kort som mulig for å minimalisere bly induktansen.

D.3.6 Optoisolator

En optoisolator er en elektronikk-enhet som overfører elektrisk energi fra en krets til en annen via en kort optisk overføringsbane, samtidig som det gir elektrisk isolasjon mellom to kretser. Den forbinder høyspenninger fra den ene siden av kretsen til den andre, uten direkte elektrisk kontakt.

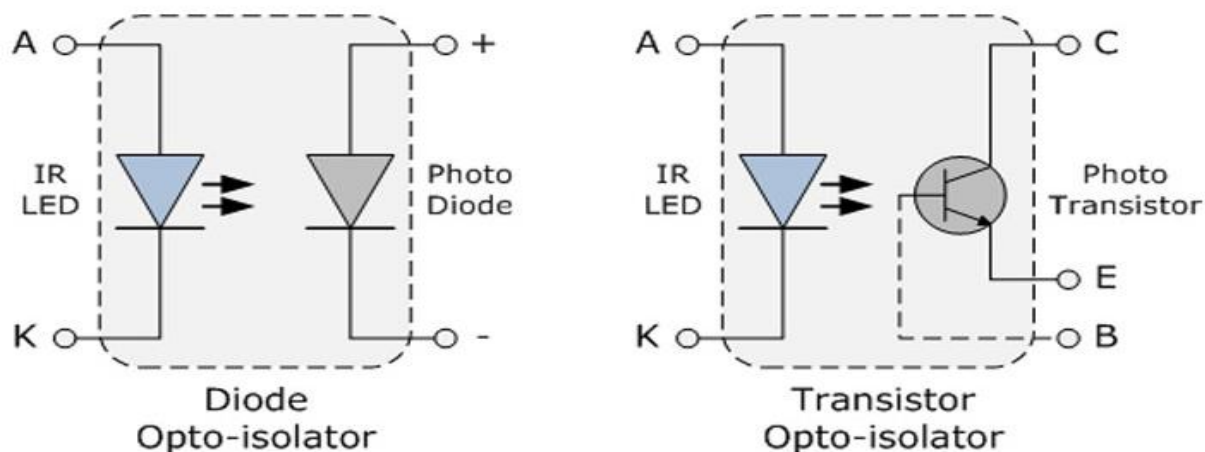
Enhetene konverterer den elektriske energien til en lysstråle ved hjelp av en lysemitterende diode, og diriger deretter lyset mot en lyssensor som en fotodiode eller fototransistor, som omdanner den optiske energien tilbake til elektrisk energi. Dette isolerer de to kretsene, forhindrer spenningspenninger, og reduserer støy og interferens i forbindelse med kommunikasjonsforbindelser.

En typisk optoisolator består av en nær-infrarød lysemitterende LED-diode, en fotosensor som en fotodiode, fototransistor eller fotodarlington-transistor, en lukket kanal og en strømkilde. De to komponentene er vanligvis innelukket i et ugjennomtrengelig fôringsrør som forhindrer at eksternt lys forstyrrer den utgående strålen og er plassert i en pakke som ligner en IC eller en transistor med ekstra ledninger.

Det finnes forskjellige typer optoisolatorer basert på den lysemitterende-enheten og konfigurasjonen. De to vanlige typene er:

Fotodiode: bruker lysdioder som lyskilde og silikonfotodioder som lyssensorer

Fototransistor: bruker en fototransistor som lyssensor



Vedlegg Figur 34: Optoisolator [71]

Fordelene med optoisolatorer

- Gir elektrisk og fysisk isolasjon av to deler av en krets og dermed sikkerhet
- Minimerer støynivå og EMI (Electromagnetic interference), og reduserer interferens som for eksempel elektrisk støt
- Relativt liten og billig
- Evne til å begrense spenningen over flere kretser
- Gi isolasjon

Ulemper med optoisolatorer

- Har begrensninger og kan ikke brukes i enkelte elektriske systemer
- Påvirket av faktorer som fuktighet, luftforurensning og barometertrykk, i alle fall om det resulterer i bøyning og forstyrrelse av isolasjonen. Det krever at enhetene benyttes i klimakontrollerte områder.

D.3.7 Zenerdiode

Omvendt spenningsbeskyttelseskretser forhindrer skade på strømforsyninger og elektroniske kretser i tilfeller ved omvendt spenning på inngangs- eller utgangsterminalene. Omvendt spenningsbeskyttelse er implementert ved inngangen til strømforsyningen eller på de tilpassede, overflødig strømforsyningene. Dette er viktig i de fleste elektroniske applikasjoner som bærbare og stasjonære datamaskin kretser, etc.

Beskyttelsen sikrer at komponentene ikke blir skadet ved bytte av strømforsyningsforbindelsene. Det finnes ulike metoder som varierer i anvendelse, effektivitet og kompleksitet. Mens noen bare gir beskyttelse mot reverseringsspenning, beskyttelse mot reverseringsspenning, overstrøm og overspenning. For å blokkere negative spenninger plasseres vanligvis en strømdiode eller en P-kanal MOSFET i serie med strømforsyningen. En ulempe ved seriedioden er at den tar opp mye plass på brettene og har stor strømfordeling ved høy belastningsstrøm. På den annen side forsvinner MOSFET mindre strøm, selv om det krever en ekstra kjørerets som øker kostnadene. Begge løsningene påvirker lavt strømforbruk og særlig seriedioden. I tillegg kan løsningene ikke være egnet ved svært høye belastningsstrømmer.

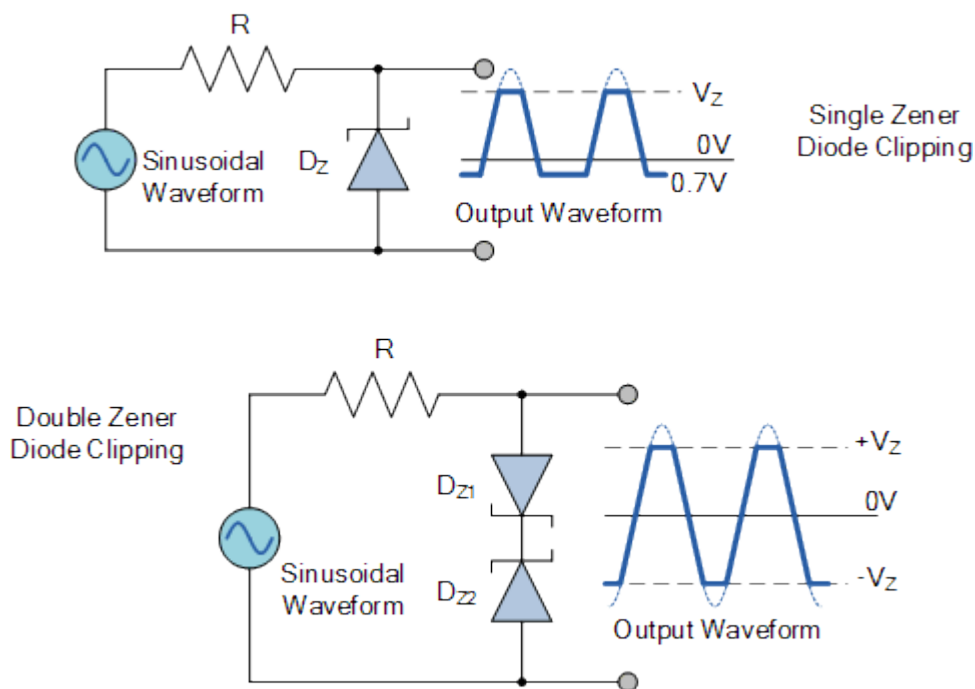
Dioden er koblet i serie med ladningen, og lar kun strømmen nå frem til ladningen når den er i forspenning. Hvis spenningen reverseres, sperrer den spenningen og reversert effekt kommer ikke frem til ladningen. Bruk av diode er den enkleste metoden og har relativt lave kostnader.

Ulempene ved å bruke dioden er forspenningsfallet som kan være signifikant ved lavspenningsapplikasjoner, høy effektfordeling i høyladningsstrøm og lav effektivitet.

En Schottky-diode brukes noen ganger på grunn av sin hurtige respons og lavspenningsfall for lavspenning.

En av de beste beskyttelseskontrolleren er LTC 4365 som er utformet for å beskytte sensitive kretser fra reverspolaritet, overstrøm og overspenninger. IC-ene blokkerer

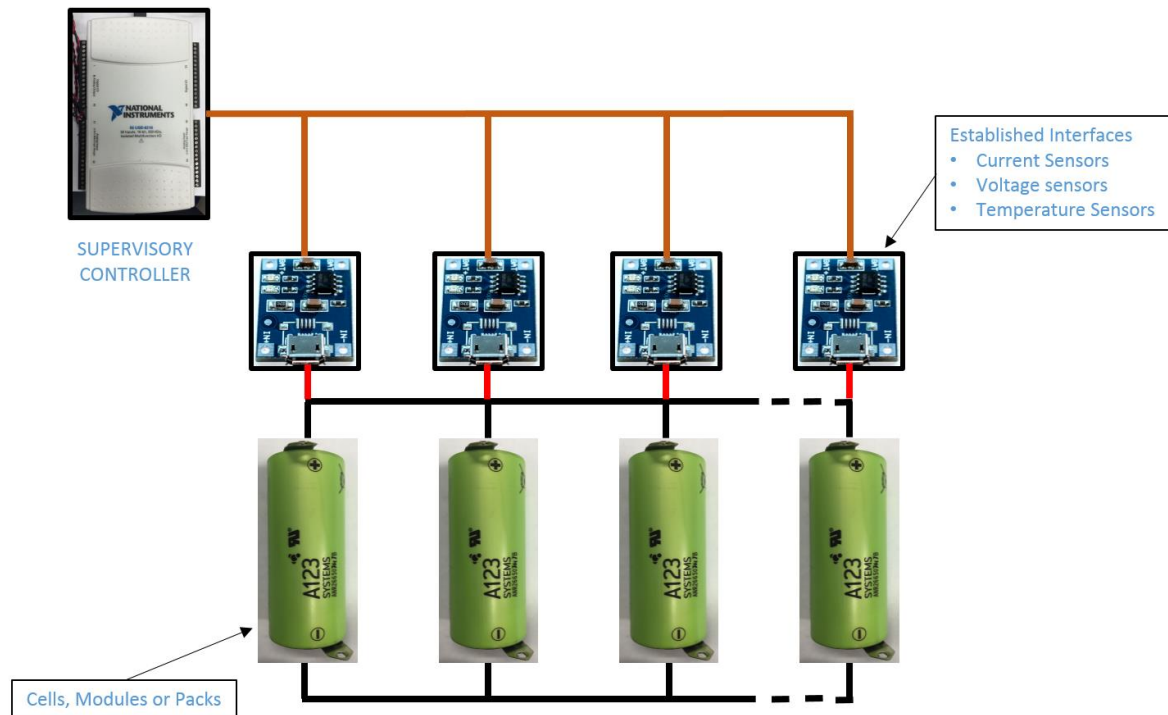
uønsket strøm eller spenning og tillater bare at sikkerhetsspenningene passerer gjennom.



Vedlegg Figur 35: Zener-diode krets [72]

D.3.8 BMS (Battery management system)

Et batteristyringssystem er i hovedsak "hjernen" til en batteripakke; det måler og rapporterer viktig informasjon om driften av batteriet og beskytter også batteriet mot skade under mange driftsforhold.



Vedlegg Figur 36: BMS system [73]

BMS har forskjellig betydning for forskjellige mennesker. For noen er det bare batteriovervåking, og kontrollerer de viktigste driftsparameterne under lading og utladning. Slik som spenninger, strømmer og batteriets indre- og omgivelsestemperatur. Overvåkingskretsene vil normalt gi innganger til beskyttelsesenheter som ville setet av alarmer eller koble fra batteriet fra ladningen eller laderen hvis noen av parameterne faller utenfor de satte grensene. Slike systemer omfatter ikke bare overvåking og beskyttelse av batteriet, men også metoder for å holde den klar til å levere full kraft når den blir påkalt samt metoder for å forlenge levetiden.

En BMS kan overvåke batteristatusen med forskjellige elementer, for eksempel:

- Spenning: total spenning, spenning av individuelle celler, minimum og maksimal celledspenning, eller spenning av periodiske kraner.
- Temperatur: gjennomsnittstemperatur, kjølemiddelets inngangstemperatur, kjølemiddelets utgangstemperatur, eller temperaturer på individuelle celler.
- Ladestatus (SOC): eller utladningsdybde (DOD), for å indikere ladningsnivået på batteriet.

- Helsetilstand (SOH): en varierende definert måling av den gjenværende batterikapasiteten som prosent av den opprinnelige kapasiteten.
- Strømtilstand (SOP): hvor mye strøm som er tilgjengelig i et bestemt tidsintervall, gitt strømforbruk, temperatur og evt. Andre forhold.
- Kjølevæskestrøm: for luft eller væskekjølte batterier.
- Strøm: strøm inn eller ut av batteriet.

Litium-ion batteriene har to kritiske designproblemer; hvis de overbelastes, kan de bli skadet og forårsake overoppheting, til og med eksplosjon eller flamme. Derfor er viktig å ha et batteristyringssystem for å gi overspenningsvern.

Litium-ion celler kan også bli skadet dersom de slippes ut under en viss terskel, omtrent 5 prosent av total kapasitet. Hvis cellene slippes ut under denne grensen, kan kapasiteten deres permanent reduseres.

En batteripakke består vanligvis av flere individuelle celler som fungerer sammen i kombinasjon. Ideelt sett bør alle cellene i en batteripakke holdes i samme ladetilstand. Hvis cellene går ut av balanse, kan enkelte celler stresses og føre til for tidlig ladningsterminering og en reduksjon i batteriets totale sykluslivstid.

Cellebalansering av batteristyringssystemet, kan forlenge batteriets levetid ved å forhindre at denne ubalansen i ladningen i de enkelte cellene oppstår.

D.3.9 Sikringer (fuse)

En sikring er en billig enhet som bare kan bære en bestemt mengde strøm. Når en sikring er satt inn i en elektronisk krets og strømmen overskrider ønsket nivå, smelter sikringen og dermed bryter kretsen og stanser strømmen. Sikringer er en viktig del av ethvert elektrisk system som bruker linjespenning og har mulighet for kortslutning eller overoppheting som kan forårsake brann.

Den vanligste typen sikring er kassettsikringen, som består av en sylindrisk kropp som vanligvis er laget av glass, plast eller keramikk, med to metallender.

Metallendene er de to klemmene på sikringen. Inne i kroppen er en tynn ledetråd som er utformet for å smelte bort hvis strømmen overstiger ønsket grense.

Så lenge strømmen forblir under maksimumsnivået, overfører lederen strømmen fra en metallene til den andre. Men når strømmen overskrider terskelen, smelter lederen og kretsen blir ødelagt.

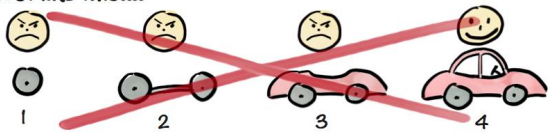
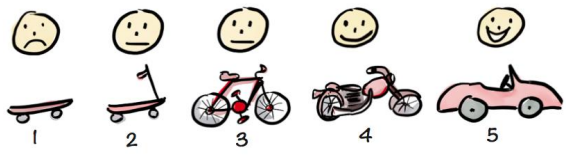
En AGC-sikring, er en liten sikring laget av glass, 1-1 / 4" i lengde og 1/4" i diameter. Denne spesielle sikringen er vurdert til 2 A, men AGC-sikringer kan fås i større klasser, opptil 15 A. (AGC står for Automotive Glass Cartridge.)

AGC-sikringer krever at de sitter i en sikringsbeholder for å beskytte sikringen. Sylindriske AGC-sikringer finnes i to type. For AGC sylindriske sikringer er det to forskjellige typer sikringsholdere å velge mellom. For montering i inne i enhetens kabinett, kan det anvendes sikringsbeholdere av chassis-type. Om sikringen skal være tilgjengelig fra utsiden av enheten blir det nødvendig å anvende panelholder.



Vedlegg Figur 37: Sikringer

D.4 Første Iterasjon

<p>Not like this....</p>  <p>Like this!</p>  <p><small>Henrik Kniberg</small></p> <p>Vedlegg Figur 38: Den smidige-sykkelen [74]</p>	<h3>Kretsbeskyttelse</h3> <p>Dato: 28.03.2019</p> <p>Forfatter: Sandra Aakervik og Christopher Furøy</p>
<h3>Introduksjon</h3> <p>Ved starten av hver prototype begynner gruppen med en teoretisk iterasjon, hvor man planlegger hvilke komponenter som er nødvendige, og avgjør grunnlaget for valg av komponenter. I denne delen vil Value Proposition-Design bli anvendt som et verktøy for å ta valg.</p> <p>Deretter vil gruppen sammen sette krav for prototypen, basert på hva denne enheten vil ha mulighet til å utføre.</p>	<h3>Innholdsliste</h3> <ul style="list-style-type: none"> • Prosjektets startfase • Iterasjon 1 • Prototype 1 • Planlegging • Produksjon • Testing

D.4.1 Introduksjon

I vårt prosjekt har det blitt valgt å anvende en iterativ inkrementell metodikk for å nå vårt endemål. Dette kombinert med Kanban som prosess modell, har ført til at prosjektplanen har blitt formet gradvis sammen med progresjonen av prosjektet.

Tidlig i prosjektet ble Gantt-diagrammet satt opp med delmål rundt presentasjonsdatoer. Senere har dette fokuset blitt skiftet fra presentasjoner til prototyper. Gruppen planlegger å lage fire prototyper, hvor den fjerde prototypen vil være det endelige produktet prosjektet avleverer.

Ved starten av hver prototype begynner gruppen med en teoretisk iterasjon, hvor man planlegger hvilke komponenter som er nødvendige, og avgjør grunnlaget for valg av komponenter. I denne delen vil Value Proposition-Design bli anvendt som et verktøy for å ta valg.

Deretter vil gruppen sammen sette krav for prototypen, basert på hva denne enheten vil ha mulighet til å utføre.

Neste steg vil være å bestille opp deler, og å arbeide med komponenter og systemer, slik at delene vil passe sammen, og møte kravene satt. Denne delen av prosessen er den mest krevende og tidskrevende. Det er her gruppen kan måtte gå tilbake å tilpasse krav og/eller revurdere valg av komponenter. Dette er noe som skjer fortløpende, og det er viktig at gruppen jobber dynamisk rundt endringer som oppstår.

Til sist vil gruppen utføre testing av prototypen for å se om kravene til den bestemte prototypen kan oppnås. Også denne fasen er krevende, da endringer og justeringer tar mye tid, for at testene skal godkjennes. Ved denne fasen kan det også oppstå tilfeller hvor man må revurdere eller til og med forkaste ideer og løsninger.

D.4.2 Prosjektets Startfase

Første del av prosjektet besto i stor grad av å legge grunnlaget for videre arbeid. Under denne perioden ble oppgaveteksten og gruppekontakten utformet. Videre ble utførte gruppen en undersøkelse av forskjellige prosessmodeller, og tok valget på Kanban-modellen. Dette i tur førte til at gruppen måtte videre sette seg inn i hvordan Kanban-modellen fungerer, og hvilke verktøy det var ønskelig å anvende i tandem med modellen.

Valget falt da på retrospektive møter, inspirert av forelesning av Bekk Consulting AS og Smidig-metodikken. For å diskutere hvordan gruppearbeidet fungerer. Gantt-diagram for å holde oversikten over mål og delmål gjennom prosjektet, så vel som frister og tidsbruk.

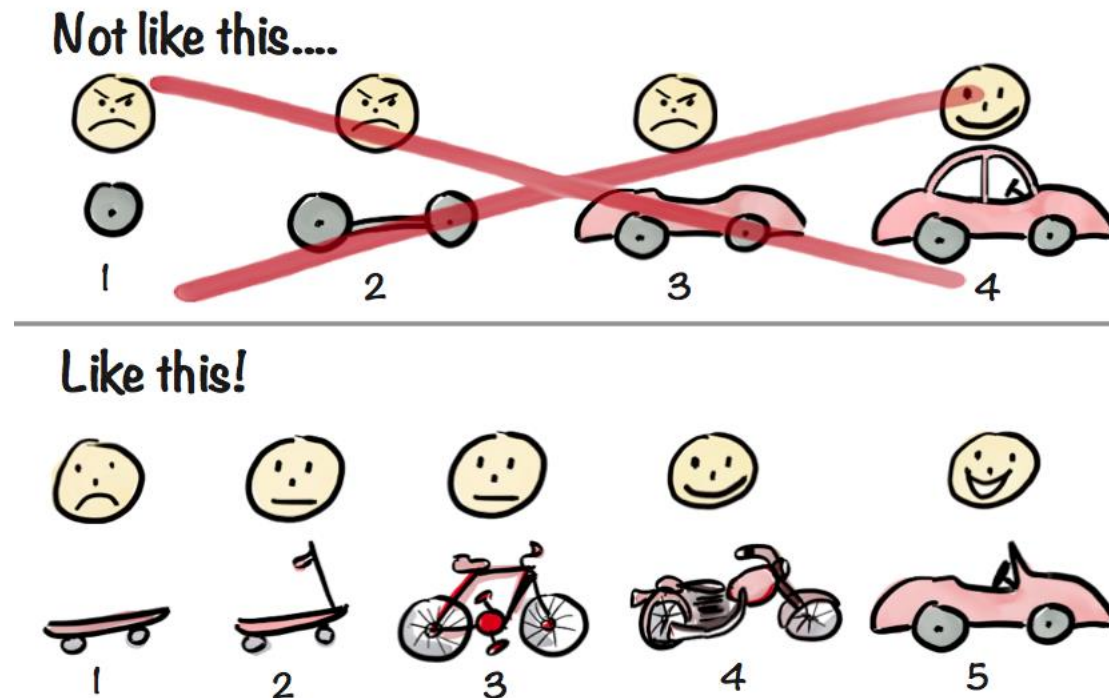
I tillegg ble det satt opp skjemaer for timelister og logg på hva hver person har gjort på de timene de har fylt inn. Samt et tilgjengelighetsskjema, hvor hver person kunne legge inn når de ikke er tilgjengelige, på grunn av andre forpliktelser.

Når gruppen hadde fått på plass mye av de administrative retningslinjene og hjelpemidlene, fulgte første presentasjon og deretter bedriftsbesøk til Bolder Technology AS i Stavanger. Det var her gruppen fikk veiledning videre av Eirik Skjærseth, på hvordan prosjektet skulle videreutvikles.

D.4.3 Iterasjon 1

Første iterasjon oppsto under Bedriftsbesøket i Stavanger, som følge av møter med Eirik Skjærseth og Roald Wikene. Under disse møtene ble igjen med «Den Smidige Sykkelen» presentert. Tanken om å skrape konseptet ned til sine mest

grunnleggende bærebjelker for så å inkrementelt utvikle produktet, ved å legge på funksjonalitet ved å se på hva gruppen praktisk kunne få til.



Henrik Kniberg

Vedlegg Figur 39: Den smidige-sykkelen [74]

Som resultat av dette satte gruppen ned sin første iterasjon, med mål om å lage en prototype med de mest grunnleggende funksjonalitetene til patentet.

Deretter ble det satt opp en matrise over de forskjellige komponentene ønsket for enheten, for så å undersøke hvilken verdi disse komponentene eventuelt skapte for endeproduktet, eller for videreutvikling av produktet. Her var det komponenter som tidligere ble ansett som viktige, som ble forkastet da de ikke gav noen reell verdi til endebbrukeren. Blant disse var fuktighetsmåler og gyroskop, da dette ikke var vesentlig for grunnfunksjonaliteten til produktet.

D.4.3.1 Prototype 1

Det ble avgjort å lage en prototype bestående av en sirkeldisk med boltehull og et batteri. 3 trykksensor, for å kunne måle kraft og kraftretninger og 3 LED-lys. En som viser når bolten har blitt strammet til ønsket dreiemoment målt i Newtonmeter. En til å lyse opp og indikere for klatreren at klatretaket er del av ens klatrerute. Og et siste lys til å indikere når batterikapasiteten til batteriet begynner å gå tomt.

D.4.3.2 Planlegging

Når hvilke komponenter som skulle være med i produktet var bestemt, ble neste steg å bestille komponentene, samt å gjøre undersøkelser på hvordan komponentene fungerer.

D.4.3.3 Produksjon

I begynnelsen ble det lånt komponenter skolen kunne bistå prosjektet med. Dette inkluderte Arduino Nano, breadboard, kabler, Bluetooth-enheter og LED-dioder. Her brukte gruppen mye tid på å først få kontakt mellom Arduino og Bluetooth-enheten. Senere når gruppen mottok strekkloppene som ville fungere som våre trykksensorer, ble det en utfordring å koble sammen Arduino og strekklopper, for deretter å kunne nytte gjøre seg av inndata fra strekkloppene.

Det var under denne fasen at gruppen valgte å forkaste to av LED-diodene fra planleggingen, da det kun var bruk for en diode på dette tidspunktet.

D.4.3.4 Testing

Da produksjons-fasen av prototype 1 var fullført, var det forståelsen at enhetene fungerte mot hverandre. Dette skulle vise seg å by på problemer i test-fasen.

Enhetene fungerte ikke som forventet, og enkelte grensesnitt fungerte ikke mot hverandre slik gruppen hadde ønsket.


Derfor varte test-fasen to uker lenger enn planlagt. Originalt skulle test-fasen var i en uke, men tok totalt tre uker.

De aller fleste problemene møtt i denne fasen ble løst, og alle tester ble akseptert med nye eller originale løsninger.

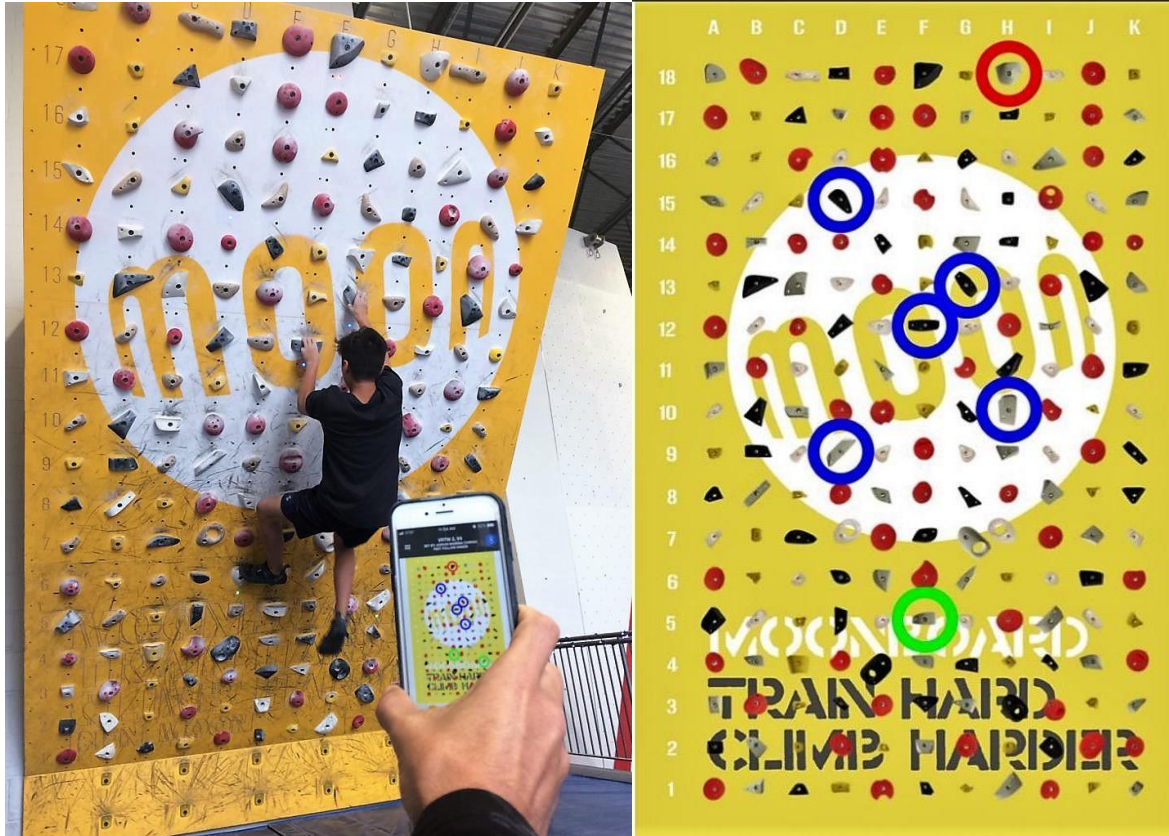
D.4.5 Iterasjon 2

Basert på resultater og læringsutbytter fra 1. prototype bestemte gruppen seg for å lage en ny prototype med hensikt i å både forbedre eksisterende funksjonalitet og å kunne teste nye funksjoner. For å få oversikt over alle aspektene som kunne eller måtte forbedres ble alle funksjoner og komponenter skrevet ned i plenum og vurdert hver for seg i tur og orden. Dette ga alle på gruppen mulighet å gi sin mening om hva som måtte forbedres, samt hjalp gruppen å samkjøre tanker rundt hvordan en 2.prototype ville bli utformet.

D.5 Markedsundersøkelse og Analyse

 <p>Vedlegg Figur 40: ValoClimb med spill [75]</p>	<h3>Markedsundersøkelse og Analyse</h3> <p>Dato: 27.02.2019 Forfatter: Sandra Aakervik</p>
<h3>Introduksjon</h3> <p>En undersøkelse av konkurrerende produktet på dagens marked. Hvilke funksjonaliteter disse produktene tilbyr, og hvor de differensierer. Til sist en sammenlikning mellom produktene for å avdekke hull i markedet.</p>	<h3>Innholdsliste</h3> <ul style="list-style-type: none"> • Moon Board • Om Moon Board • Moon Board App • Tension Board • Om Tension Board • Tension Board App • Kildet Board • Om Kilter Board • Kilter Board App • ValoClimb • Om ValoClimb • Analyse av Marked

D.5.1 Moon Board



Vedlegg Figur 41: Moon Board [76]

Vedlegg Figur 42: Moon Board App
[76]

D.5.1.1 Om Moon Board

Brettet har LED-lys plassert som et punkt på undersiden av klatretakene. To start-tak for hender lyser grønt, og to start-tak for ben lyser lilla. Resten av ruten lyses opp med blå LED-lys, og to røde lys markerer slutt-takene på toppen av brettet.

Brettet finnes i to utgaver, enten i 40 graders eller i 25 graders helning [77].

D.5.1.2 Moon Board App

Moon Board Appen tillater brukere å legge til nye ruter ved å klikke på håndtakene på touch-skjermen. De to første klatretakene markeres i grønt, for start-tak, de neste i blått, og når klatretak fra øverste linje velges, markeres disse i rødt for avslutnings-tak. Brukeren kan deretter gi ruten et navn og en vanskelighetsgrad, og kan deles i med andre brukere av appen.

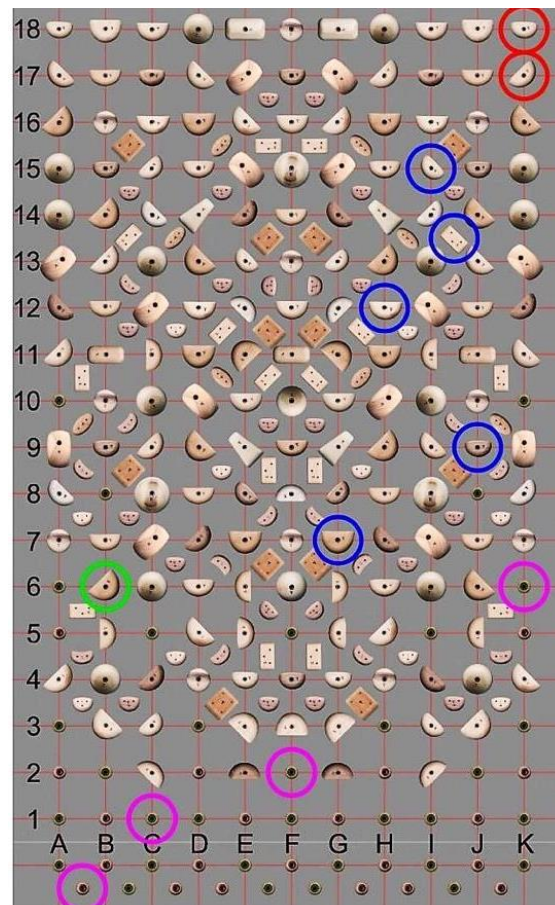
En kan velge mellom ruter allerede i systemet. Disse kan sorteres etter vanskelighetsgrad, ruter laget av en bestemt person eller “ny”, eller en kan søke på navnet til ruten.

Brukeren kan velge å rangere andres ruter ved et 3-stjernesystem, legge igjen kommentarer på ruten, lagre ruten i forskjellige lister eller en loggbok. For å lyse opp LED-lysene på Moon Board'et anvendes Bluetooth-teknologi. Ved hjelp av appen kan en søke etter Moon Board i nærheten, og koble deg til dette. En behøver ikke å pare sammen Moon Board med sin telefon [78] og [79].

D.5.2 Tension Board



Vedlegg Figur 43: Tension Board [76]



Vedlegg Figur 44: Tension Board
App [76]

D.5.2.1 Om Tension Board

Tension Board er designet slik at det er speilet på hver side av midtlinjen. Dette gjør at klatreren kan klatre samme ruten med samme utfordringer på sine dominante eller ikke-dominante ekstremiteter. Brettet kan settes opp i 20, 30, 40, 45 og 50 graders helning, og klatretakene er utformet i heltre. Referanse [80] og [81].

Brettet har LED-lys plassert som et punkt på undersiden av klatretakene. To start-tak for hender lyser grønt, og tak hvor kun ben er tillatt lyser lilla. Å kunne sette klatretak

hvor kun bein er tillatt er en funksjonalitet Moon Board ikke har. Resten av ruten lyses opp med blå LED-lys, og to røde lys markerer slutt-takene på toppen av brettet [82] og [81].

D.5.2.2 Om Tension Board App

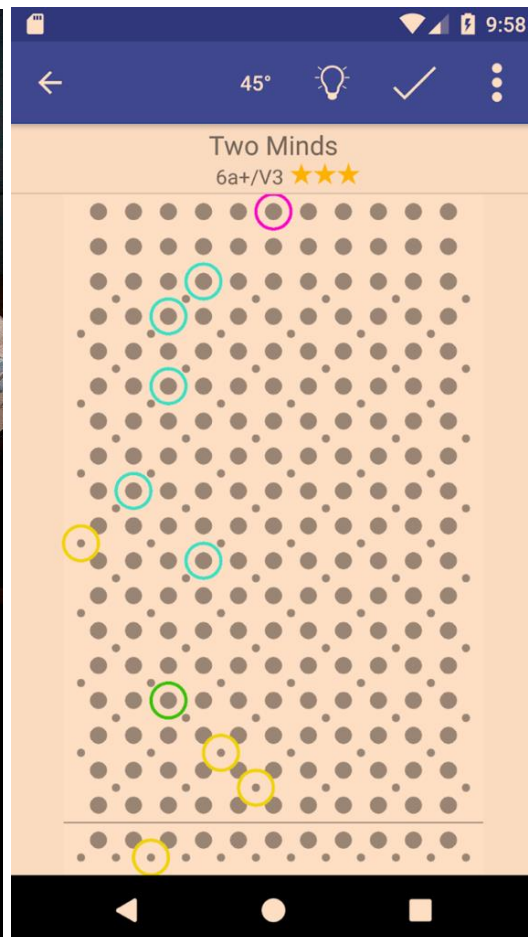
Brukeren velger ruten via en app. Her kan brukeren enten velge mellom en rekke forhåndsdefinerte problemer, eller velge å definere ruten helt selv. Rutene har definert vanskelighetsgrad ved et 3-stjernessystem. Alle ruter kan speilvendes ved et enkelt trykk.

Brukeren kan loggføre når en rute er gjennomført og første til å ha fullført den oppsatte ruten vises sammen med rutens navn og vanskelighetsgrad på appen. Tension appen har svært lik funksjonalitet til Moon Board appen, og svært lik utforming og funksjonalitet som Kilter Board appen. Det er nærliggende å si at Kilter Board og Tension Board har anvendt samme app [83] og [81].

D.5.3 Kilter Board



Vedlegg Figur 45: Kilter Board [84]



Vedlegg Figur 46: Kilter Board App [85]

D.5.3.1 Om Kilter Board

Brettet har LED-lys innebygget som basen av klatretakene. Dette gjør at klatreruten kan sees fra alle retninger. To start-tak for hender lyser grønt, og to start-tak for ben lyser gult. Resten av ruten lyses opp med cyan LED-lys, og to magenta fargede lys markerer slutt-takene på toppen av brettet.

Kilter Board er originalt laget for å kunne festes med kjettinger i taket, slik at brettet kan senkes og heves til en hvilken som helst vinkel mellom 180 og 90 grader [86] og [87].

D.5.3.2 Om Kilter Board App

Kilter Board appen har svært lik funksjonalitet til Moon Board appen, og svært lik utforming og funksjonalitet som Tension Board appen. Det er nærliggende å si at Kilter Board og Tension Board har anvendt samme app [86].

D.6.5 ValoClimb



Vedlegg Figur 47: ValoClimb på vegg [75]



Vedlegg Figur 48:
ValoClimb prosjektor [88]

D.6.5.1 Om ValoClimb

ValoClimb er litt forskjellig fra de andre produktene her. Dette produktet er et “augmented reality” eller utvidet realitets-produkt som kan legges på en hvilken som helst klatrevegg. Det anvender prosjektert grafikk og bevegelsessporing for å gi klatring et helt nytt aspekt. I stedet for å nå toppen, er klatreveggen kun brettet eller mediet for spillet. Det er kun prosjektoren (og en klatrevegg) som kreves for å anvende funksjonaliteten, ingen “wearables” eller liknende. Brukergrensesnittet er gjennom en touch-skjerm på prosjektoren.

Dette produktet er ikke utelukkende for klatring, men det er kun dette aspektet det vil fokuseres på i denne sammenhengen.

Systemet kommer med 4 spill forhåndsinstallert; Whack-a-Bat, Sparks, Climball og Astromania. Mens nye spill og funksjoner utvikles. Disse vil automatisk installeres for brukeren når de blir tilgjengelige. Den siste forhåndsinstallerte funksjonen er “Augmented Problems”, hvor prosjektoren lyser opp klatre ruten for brukeren. Brukeren kan her velge mellom forskjellige ruter av varierende vanskelighetsgrad, egen definere ruter, lagre og dele den med andre brukere, via touch-skjermen. Utover dette lager også systemet en poengsum ut ifra klatreferdigheter på den bestemte ruten (noe uklart hvordan en slik sum utregnes) og økten tas opp på video. Dette kan siden anvendes til å dele og sammenlikne med andre klatrere. Prosjektoren og datamaskinen er kapslet inn, for å kunne beskytte fra støv og temperatur regulere disse inne i sitt eget kammer [75], [88] og [89].

D.6.6 Analyse av Marked


Ved å se på hva hver av disse 4 løsningene tilbyr og mangler av funksjonalitet, vil man kunne sammenlikne funnene for å avdekke hull i markedet. Dette vil videre hjelpe til med å avgjøre i hvilken retning det er riktig å ta utviklingen av vårt produkt, for å best passe med markedet.

Dette er skissert under for en visuell framstilling til å sammenlikne funksjonalitetene.

	Moon Board	Tension Board	Kilter Board	ValoClimb
Lys for å indikere rute	X	X	X	X
360° belysning			X	
Programmerbar ruteendring	X	X	X	X
Fysisk ruteendring, påfulgt av programmering			?	X
Spillmuligheter			?	X
Inndata fra miljøet				X
Online samfunn funksjonalitet	X	X	X	X
Egen app	X	X	X	
Egen brukerkonto	X	X	X	X
Deling av kommentarer og ruter i internt samfunn	X	X	X	
Anvendbart i nåværende klatresystemer				X
Kablet strøm	X	X	X	X
Permanent installasjon	X	X	X	X
Poengscoring på ferdigheter				X
Valg av vanskelighetsgrad	X	X	X	X
Klatrerute vurderingssystem fra brukere	X	X	X	
Skylagring	X	X	X	X

Vedlegg Tabell 95: Sammenlikning av produkter på dagens marked

D.6 Kartlegging av Løsningslandskapet

<p>How to create products and services customers want. Get started with...</p> <h1>Value Proposition Design</h1> <p>strategyzer.com/vpd <small>Written by</small> Alex Osterwalder Yves Pigneur Greg Bernarda Alan Smith <small>Designed by</small> Trish Papadakos</p>  <p>WILEY</p> <p>Vedlegg Figur 49: Value Proposition Design – Wiley [90]</p>	<h3>Kartlegging av Løsningslandskapet</h3> <p>Dato: 10.03.2019</p> <p>Forfatter: Vegard Jørgensen, William Grønning og Sandra Aakervik</p>
<h3>Introduksjon</h3> <p>En kartlegging av implementasjon av komponenter og funksjonaliteter, mål mot hverandre etter tid, risiko og avkastning i form av nytteverdi</p>	<h3>Innholdsliste</h3> <ul style="list-style-type: none"> • Basiskrav • Value Proposition Design – Nytteverdi • Utviklingsoppgave • Rogers Bell Kurve • Tester

D.6.2 Basiskrav

Som et utgangspunkt for oppgaven satt Bolder AS opp et sett med grunnkrav som burde tas hensyn til i løsningen. Da gruppen besøkte bedriften i Stavanger kom det fram at disse kravene ikke var håndfaste, men heller pekepinner for hva bedriften så for seg, og en måte for gruppen å orientere seg.

Noen krav var tydelige; at det var ønskelig at løsningen som ble utvilet skulle passe inn i nåværende klatrevegger, med minst mulig modifikasjon. Da ville det kreves at enheten var trådløs; all kommunikasjon måtte gå gjennom WiFi eller Bluetooth, og strøm forsynes fra batteri. Det var også ønskelig å bruke nåværende håndtak og bolter, noe som tilsa at selve enheten måtte være et slags mellomlegg mellom håndtaket og klatreveggen. Sistnevnte ble ansett å være en utfordring med større omfang enn det var mulig å ta for seg i løpet av et bachelorprosjekt, og vil potensielt være et område Bolder AS kunne ta for seg i videreutviklingen av konseptet.

Basiskravene Bolder AS kom med legger grunnlaget for å kunne markedsføre løsningen til klatresentre over hele verden.

D.6.3 Value Proposition Design – Nytteverdi

Bolder AS så i utgangspunktet for seg en løsning der krefter skal kunne måles i tre retninger, men under møter med Eirik Skjærseth kom det tydelig fram at gruppen måtte ta en egen analyse av hva som kunne være mulig å skape for bedriften i løpet av Bachelorperioden. Det ble satt opp en matrise som kartla hvor mye tid en løsning ville kreve, hvilken nytteverdi dette ville gi til brukeren, og hvorvidt det er klart om det er mulig å gjennomføre.

Enkelte implementasjoner var avhengige både av at andre implementasjoner og at visse komponenter er med i sluttprodukt. Gruppen så nytteverdien av et diagram over avhengighete, og at mellom disse ville det oppstå klarhet i hva som gav nytte å ha med i løsningen.

Løsninger

<i>Tid</i>	<i>Risiko</i>	<i>Potensiale</i>	<i>Løsning</i>
Lav	Lav	Middels	Morro-vegg: Bare mål av/på i klatretak. Belysning av baner. Klatre spill.
Høy	Høy	Høy	Proff-vegg: Vegg med krefter målt i tre retninger, temperatur, humiditet. Belysning av baner. Gir feedback på treningsøkt. Sanntids anbefalinger for klatre tak.
Lav	Middels	Middels	Nyttig-vegg: Noe midt i mellom morro og proff vegg. Noe kraft er målbart.

Komponenter

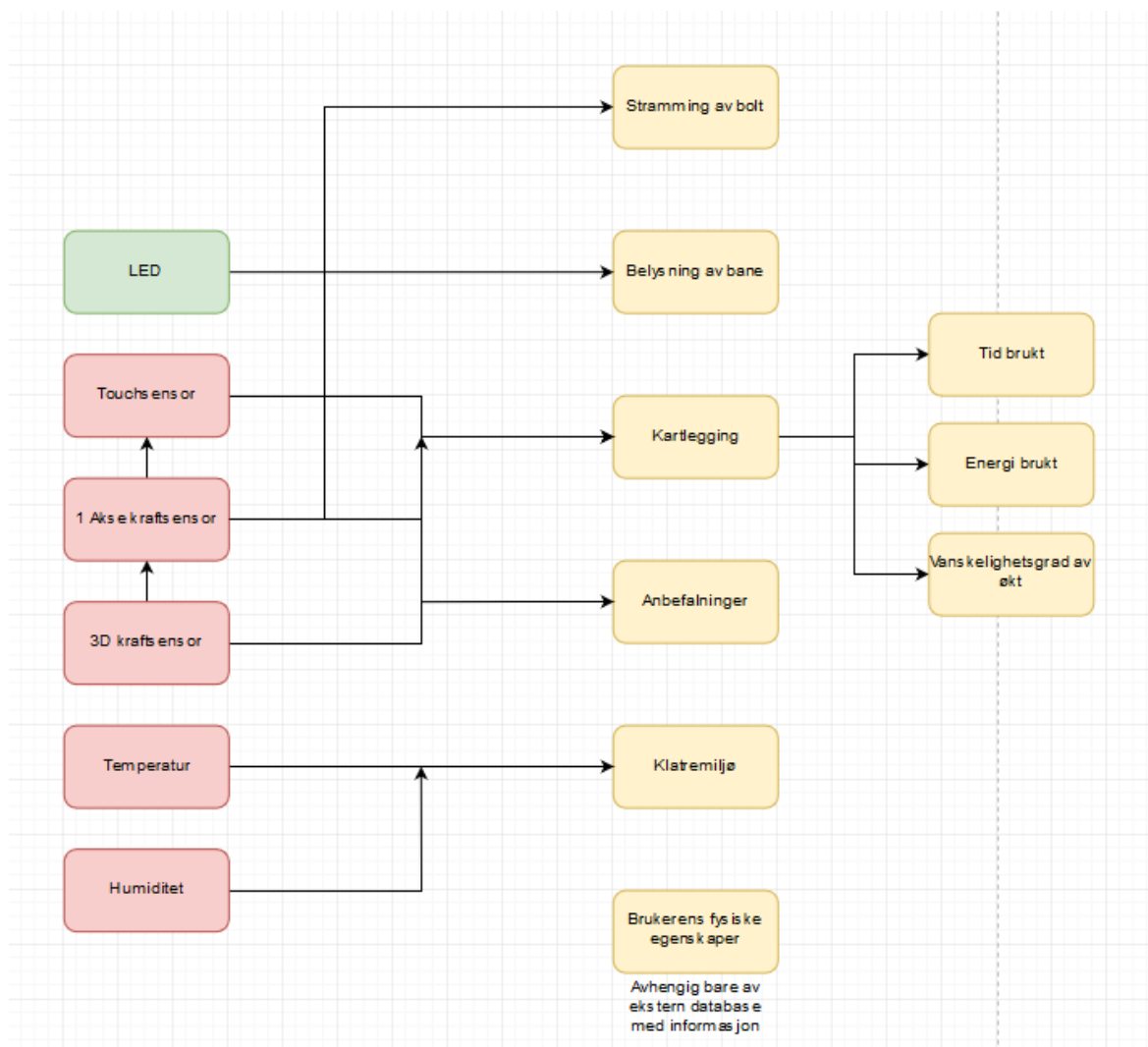
<i>Tid</i>	<i>Risiko</i>	<i>Potensiale</i>	<i>Komponenter</i>
Lav	Lav	Høy	LED
lav	lav	Høy	Kretskort
Lav	Lav	Middels	Touch-sensor; IR / Sonar/ Trykk
Lav	Lav	Høy	Trådløs strømtilførsel i form av batteri.
Middels	Middels	Høy	Enkelt skiftbart/oppladet batteri.
Lav	Høy	Middels	Touch-sensor; Magnet felt
Middels	Middels	Middels	Kraft i 1 retning
Høy	Høy	Høy	Kraft i 3 retninger
Lav	Lav	Lav	Humiditetssensor
Lav	Lav	Lav	Temperatursensor
Middels	Middels	Høy	Måler for boltstramming via kraft/trykk sensorer, eller egen sensor.
Høy	Høy	Høy	Enhetskjell. Hensyn til design og materiale.

Implementasjon

<i>Tid</i>	<i>Risiko</i>	<i>Potensiale</i>	<i>Implementasjon</i>
Lav	Lav	Høy	Belysning av klatre Klatretak
Lav	Lav	Lav	Belysning av batterinivå
Lav	Lav	Lav	Tid brukt i løpve
Middels	Lav	Middels	Tid brukt på hvert klatretak eller sone.
Middels	Lav	Høy	Energi brukt i løpve
Middels	Middels	Middels	Anbefalinger for tak
Middels	Middels	Høy	Feedback om økt
Lav	Lav	Middels	Klatre miljø (humiditet, temperatur)
Lav	Lav	Høy	Innhenting av brukerens fysiske egenskaper
Lav	Lav	Høy	Kartlegging av brukers ferdigheter over tid
Lav	Lav	Middels	Whack-a-mole spill i klatrevegg

Vedlegg Tabell 96: Nytteverdi

Komponenter er sensorer og faktisk maskinvare, mens implementasjon er løsninger i programvare domenet.



Vedlegg Figur 50: Avhengighetsdiagram

Noen ideelle kandidater kom tydelig fram av matrisen og avhengighetsdiagrammet:

Komponenter:

- Å ha LED lys.
- Å ha i det minste berøringssensor.
- Temperatur og humiditetssensor.

Implementasjon

- Å måle tid brukt og energi brukt.
- informasjon om klatremiljøet.

Men brukeren ville ha størst nytte av å ha klatrebanen belyst, få tilbakemelding om økten, og få sanntids anbefalinger om neste steg. Disse krevde da at krefter kunne måles i minst en retning, og at brukerens fysiske egenskaper var tilgjengelig for «Get a Grip» sitt system.

Gitt at enheten kunne gi tilbakemelding om brukerens økter, ville det åpne for å kunne kartlegge progresjon over tid, noe som både ville ta relativt kortere tid å implementere, og gi stor nytteverdi.

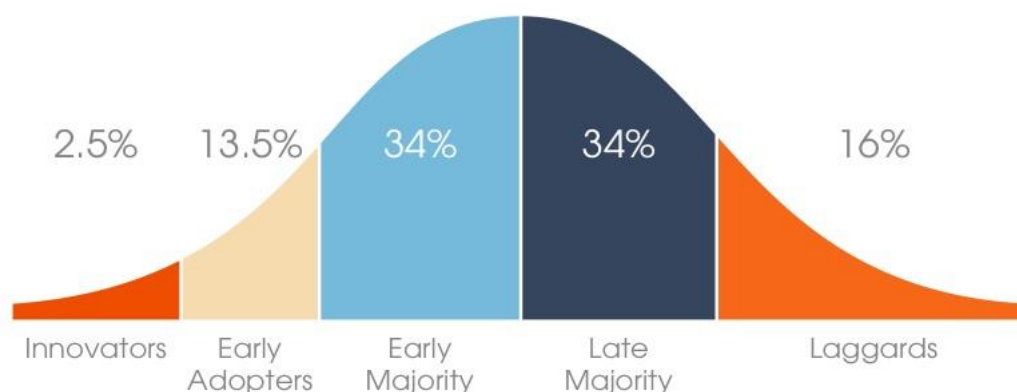
Før en klar estimering over hvor lang tid ting ville ta kunne gjøres, kunne ingen faste krav skapes for hva sluttproduktet skulle inneholde. Prosjektets tidsramme gav gruppen omfang til å gjennomføre noe, og valget var da å starte med det som har høyest nytteverdi, minst avhengigheter, og krevde minst tid å skape.

D.6.4 Utviklingsoppgave

Det har kom fram at oppgaven var veldig utviklingsbasert. Med frie tøyler til hvordan å takle de utfordringene som Bolder AS kom med, og hvordan løsningen skulle utformes; det var derfor vanskelig å se for seg hva som vil kunne gå og ikke; derfor var det ikke en enkel (eller nødvendigvis nyttig) oppgave å skape håndfaste krav for alt. Gruppen måtte bestemme seg for å spikre noen basiskrav og noen potensielle krav.

D.6.5 Rogers Bell Kurve

For å imøtekomme paradokset av å ikke ha faste krav, men fremdeles ha behov for å sette rammer for oppgavens omfang satte vår veileder Eirik Skjærseth søkelyset på brukerens nytteverdi av produktet. Her kom Bell kurven inn, spesifikt Rogers Bell kurve.



Vedlegg Figur 51: Rogers Bell Kurve [91]

For å ta utviklingen av produktet i riktig retning, var det viktig å analysere markedet, og hva som gjør et produkt suksessfullt. Rogers Bell kurve skisserer hvordan et produkt går fra å bli oppdaget og tatt i bruk, fra de første som tør å teste produktet, før det selges inn til massene av anbefalinger fra såkalte “early adopters” eller tidlige adoptanter. Det er da viktig at tidlige adoptanter faktisk ser og opplever produktet som nyttig.

Innovatørene i kurven er de som har ideen, og tør å satse på å utvikle ideen videre til et produkt, i håp om å komme konkurransen i forkjøpet. I vårt prosjekts sammenheng var det Bolder AS og Eirik Skjærseth som var innovatørene, som både har ideen (patentet til produktet) og ønsket å få det utviklet.

Tidlige adoptanter er de første til å se nytteverdien av et produkt og ta det i bruk. Dette er gjerne yngre forbrukere med spisskompetanse på området, og ansees som ledere. Det er også tidlige adoptanter som selger produktet videre, ved sin anbefaling, til den tidlige majoriteten. «Get a Grip» identifisert den øvre delen av aktive og dyktige klatrere som tidligere adoptanter i dette prosjektet scenario.

Den tidlige majoriteten har ofte en mer konservativ tilnærming til nye produkter, men er fremdeles åpne for nye ideer. De lar de tidlige adoptantene anse produktet først, og ønsker sosialt bevis for at produktet har nytteverdi. Den tidlige majoriteten

sammen med de resterende andelene på høyre siden i kurven, ansees som massemarkedet. Ved å klare å først nå de tidlige adoptantene, og få deres “godkjenningstempel” på produktets verdi, vil man nå massemarkedet.

Det oppsto et interessant motstillings problem ved kurven for dette prosjektet. Etter samtaler med aktive klatrere, anså gruppen at produktet kunne ha størst nytteverdi for nybegynnere og viderekommende, men ikke nødvendigvis for svært dyktige klatrere. Altså er nytteverdien av produktet størst hos massemarkedet, som da ikke nødvendigvis er de som er først til å ta i bruk nye produkter. Derfor var det nødvendig å finne veien igjennom ekspertene i feltet, til de mindre dyktige klatrerne. For å bygge bro over dette gapet, var det nyttig å utføre litt markedsanalyse ved å snakke med de tidlige adoptantene som ble identifisert for dette produktet. Her kommer instruktører inn. Instruktører er som regel svært dyktige og aktive klatrere, som ønsker å dele av sin kunnskap og entusiasme innenfor feltet, til mennesker med mindre kjennskap til klatring. Dette ble avdekket ved møter med klatreinstruktører ved Klatrefabrikken Stavanger AS og Eirik Skjærseth. Her var da det en gylden mulighet til å selge inn produktet til mennesker med ekspertisen til å avgjøre dets nytteverdi.

D.6.6 Tester

Sensor og veileder hos Bolder AS – Eirik Skjærseth – snakket mye om utviklingslandskapet, og at man får mer av å bevege seg ut i det om man har med seg kompass. Landskapet er prototyping, og kompasset tester. Særlig med hensyn på å kunne måle krefter, var det behov for tester som kunne verifisere om det som måles gir noen mening. Med tanke på sikkerhet, holdbarhet og pålitelighet av enheten som skulle lages, ville det å ha tester som uttester enheten– både fysisk og digital – være nødvendig.

I den første prototypen ble det planlagt for testing av komponenter og

implementasjoner som kunne opprettes på kort tid, med lav risiko og høyt potensiale for innsamling av nyttig data om hva som var mulig. Dette ville gi et høyt utbytte på minst mulig tid og med høy sikkerhet for gjennomførbarhet.

Komponenter ble i første prototype:

- LED
- Arduino Kretskort
- Bluetooth sender
- Batteri
- 3 Trykk-sensor

Implementasjoner gruppen kunne få ut av første prototype var:

- Stramming av bolt
- Krefter langs Z-aksen
- Av/på funksjonalitet

Hva det var ønskelig å få svar på med denne prototypen:

- Merker sensorene at det tas på klatretaket etter det er strammet hardt?
- Kommer det nøyaktige verdier fra trykk-sensorer.

D.7 Value Proposition-Design – Iterasjon 2

<i>Tid</i>	<i>Risiko</i>	<i>Potensiale</i>	<h3>Value Proposition-Design – Iterasjon 2</h3> <p>Dato: 28.04.2019</p> <p>Forfatter: Sandra Aakervik</p>
Lav	Lav	Middels	
Høy	Høy	Høy	
Lav	Middels	Middels	

Vedlegg Tabell 97: Nytteverdi – Iterasjon 2

Introduksjon

I forbindelse med iterasjon 2, og utviklingen av neste prototype brukte gruppen samme fremgangsmåte som ved iterasjon 1. Ønsket var her å inkrementere funksjonalitetene til prototype 1, med øye for endelig et endelig produkt.

Innholdsliste

- Fysiske Komponenter
- Tekniske Funksjonaliteter

<i>Tid</i>	<i>Risiko</i>	<i>Potensiale</i>	<i>Løsning</i>
Lav	Lav	Middels	Morro-vegg: Bare mål av/på i klatretak. Belysning av baner. Klatre spill.
Høy	Høy	Høy	Proff-vegg: Vegg med krefter målt i tre retninger, temperatur, humiditet. Belysning av baner. Gir feedback på treningsøkt. Sanntids anbefalinger for klatre tak.
Lav	Middels	Middels	Nyttig-vegg: Noe midt i mellom morro og proff vegg. Noe kraft er målbart.
Vi har valgte å lage Nytte-vegg			
Komponenter			
<i>Tid</i>	<i>Risiko</i>	<i>Potensiale</i>	<i>Komponenter</i>
lav	lav	middels	quick realse batteri casing
middels	Middels	Middels	Gummimembran
Lav	Lav	Høy	LED
middels	lav	Høy	Kretskort
Lav	Lav	Middels	Touch-sensor; Trykk
Lav	Lav	Høy	Trådløs strømtilførsel i form av batteri.
Høy	Høy	Høy	Bluetooth Hc-05
Middels	lav	Høy	Utskiftbare batterier
Høy	Høy	Høy	strekklapper (krefter i X og Y retting)
Lav	Lav	Lav	Humiditetssensor
Lav	Lav	middels	Temperatursensor
Middels	Middels	Høy	Måler for boltstramming via kraft/trykk sensorer, eller egen sensor.
lav	Middels	høy	Wifi- enhet
Lav	Lav	Høy	Arduino Nano
Høy	middels	Høy	Enhetskjell. Hensyn til design , materiale og lys
middels	middels	høy	Motvekts fjær
Implementasjon			
<i>Tid</i>	<i>Risiko</i>	<i>Potensiale</i>	<i>Implementasjon</i>
Lav	Lav	Høy	Belysning av klatre Klatretak
Lav	Lav	Lav	Belysning av batterinivå
Lav	Lav	Lav	Tid brukt i løype
Middels	Lav	Middels	Tid brukt på hvert klatretak eller sone.
Middels	Lav	Høy	Energi brukt i løype
Middels	Middels	Middels	Anbefalinger for tak
Middels	Middels	Høy	Feedback om økt
Lav	Lav	Middels	Klatre miljø (humiditet, temperatur)
Lav	Lav	Høy	Innhenting av brukerens fysiske egenskaper
Lav	Lav	Høy	Kartlegging av brukers ferdigheter over tid
middels	Lav	Middels	Whack-a-mole spill i klatrevegg
lav	lav	Høy	IoT cloud
høy	middels	høy	Bluetooth nettverk
lav	lav	høy	Bluetooth til master
middels	lav	høy	nett app mellom database, vegg, og brukergrensesnitt apper

Vedlegg Tabell 98: Value Proposition-Design – Iterasjon 2

D.7.1 Fysiske Komponenter

I første omgang ble fokus satt på hvilke komponenter som skulle legges til i neste prototype. Dette var selvsagt hele tiden med en tanke på hvilken funksjonalitet en komponent ville gi til det endelige produktet. Disse endringene kan sees i bildet under i kategorien «Komponenter».

Som utvidelse av prototype 1 var en rask-utløser funksjon («quick-release») til batteripakken ønsket, slik at utskifting av batterier kan foregå effektivt og enkelt for en klatrer i veggen. Ved utviklingen av prototype 1 ble det tydelig at trykksensorene var så sensitive at å kunne takle kraft fra en voksen person, faktisk ikke lar seg gjøre nøyaktig. Derfor oppsto ideen om å lage et system som dytter på lokket til enheten med en motkraft. Flere løsninger ble diskutert, i form av fjærer som presset mot lokket eller hydrauliske støtter. Til slutt landet gruppen på en løsning med O-ringer rundt støttebeina i basen av beholderen.

I tillegg til trykksensorer for å måle krefter i z-retning, ble prototype 2 utvidet til å implementere strekkklapper for å måle krefter i x- og y-retning. Dette for å oppnå å kunne mål kraftretningen som påføres enhetene.

Humiditet- og temperatur sensorer er svært enkle å implementere, og ble derfor tenkt å være stor avkastning for lite arbeid. Disse sensorene er ikke tenkt til å utvikles til et bestemt formål i denne prototypen, men vil kunne lese av og sende inn informasjon om nettopp luftfuktighet og temperatur, hvor brukeren selv kan bestemme om dette er informasjon de har bruk for. Bestemmelsen ble tatt på bakgrunn av samtaler med erfarne klatrere, som opplyste om at dette er informasjon som kan være svært avgjørende for klatrere på topp-nivåer.

Gruppen var hele tiden klar over at enheten måtte ha en «hjerne», en prosessor til å utføre alle utregninger og motta målinger fra sensorene. Selv om det ikke ble spesifisert ved første iterasjon, var dette en glemsel i form av at gruppen anså dette som en selvfølgelighet. Ved andre iterasjon ble derfor den eksakte modellen, Arduino Nano, spesifisert som prosessor for enhetene i dette prosjektet.

Fra enkle LED-dioder brukt i første prototype, ble disse inkrementert til LED-lys strimler som vil ha større kapasitet til å lyse opp kanten på enheten, og har RGB funksjonalitet, slik at de kan kodes til bytte av farge på lysene. Ved bruk av LED-strimler var det også nødvendig å lage en del av beholderen gjennomsiktig. Valget falt da på en ring som legges på utsiden av enhetens base, slik at lyset spres gjennom materialet, og beskytter LED-strimlene fra ytre påvirkningsfaktorer som kan skade disse.

Til sist ble det implementert bluetooth- og WiFi-enheter for informasjonsoverføring. Bluetooth-enhetene vil kommunisere i nettverk, og viderefordre sine data til en master-enhet utstyrt med bluetooth-enhet for mottakelse av data og WiFi-enhet som sender.

D.7.2 Tekniske Funksjonaliteter

For å kartlegge funksjonalitetene disse enhetene hadde som intensjon å legge enheten, satte gruppen deretter opp funksjonalitetene i matrisen. Her ble det også lagt til ønsket funksjonaliteter som ikke nødvendigvis hadde grunnlag i utvidelser i fysiske komponenter.

Her er det langt færre endringer fra i den originale iterasjonen. Hovedsakelig er fokuset på kommunikasjonen mellom enhetene. I våre standard-enheter skal bluetooth-enhetene videresende data fra standard-enhetene til master-enhetene, i et slave-/master-konsept. Master-enheten må også inneha en bluetooth-enhet for å motta data over samme frekvens. Deretter er ønsket at master-enheten skal overføre samme data videre via WiFi-signaler til en IoT-cloud. Mer korrekt formulering er kanskje overføring mellom master-enheten, server og database.

D.8 Bygging av Klatrevegg



Vedlegg Figur 52: Modell av testvegg

Bygging av Klatrevegg

Dato: 12.02.2019

Forfatter: Vegard Jørgensen

Introduksjon

Dette dokumentet handler om designvalg og bygging av en klatrevegg som gruppen har brukt som testplattform.

På bakgrunn av at prosjektet viste tegn til mange styrketester som skulle gjennomføres, ble det vurdert å lage en form for testbenk hvor enheter og klatregrep kan bli festet og testet. Under et gruppemøte i etterkant var det også enighet om at til den siste presentasjonen er det ønskelig å ha en større vegg, hvor både gruppemedlemmer og andre studenter kan få klatre litt og se hvordan teknologien virker. På bakgrunn av dette bestemte gruppa det var hensiktsfullt å lage en stor vegg med en gang som kan testes på fortløpende.

Innholdsliste

- Byggeprosess
- Resultat

D.8.1 Byggeprosess

Det ble brukt 2x4 tre-bjelker og dobbelt opp med 200cm x 75cm x 1cm paneler. Veggen består totalt av en ramme med paneler og to støtterammer som stropes fast til sidene på veggen. Det er brukt stropper for økt mobilitet. Det er også verdt å nevne at veggen ble tegnet opp til 190cm i bredden slik at det er mulig å bære den gjennom dører. Alle bjelker er boltet sammen og alle panelene er festet med skruer.



Vedlegg Figur 53: Avkapp med sirkelsag



Vedlegg Figur 54: Snekring av «hovedvegg»

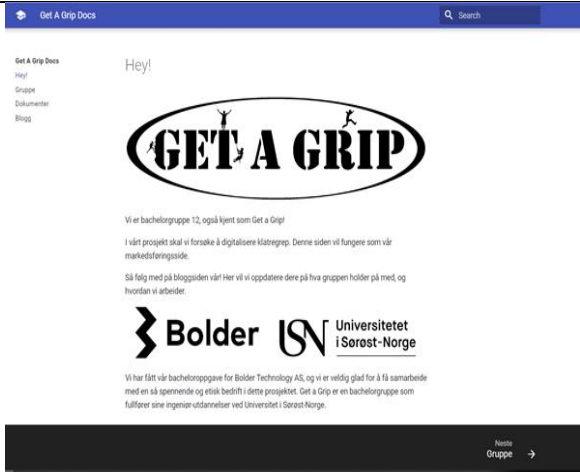
D.8.2 Resultat

Resultatet er en stor og solid klatrevegg som ble tatt i bruk fra og med første uken. Den var brukt som en testplattform igjennom hele prosjektet.



Vedlegg Figur 55: Ferdig installert vegg

D.9 Prosjektets Nettside

 <p>Vedlegg Figur 56: Prosjektets nettside</p>	<h3>Prosjektets Nettside</h3> <p>Dato: 20.05.2019</p> <p>Forfatter: Christopher Furøy</p>
<h3>Introduksjon</h3> <p>Under prosjektet ble det laget en nettside som skulle være med å holde oversikt og vise hvordan gruppen arbeider gjennom blant annet bloggposter.</p>	<h3>Innholdsliste</h3> <ul style="list-style-type: none">• Introduksjon• MkDocs• FileZilla

D.9.1 Introduksjon

I begynnelsen av prosjektet ble det kjent at gruppen skulle lage en egen nettside for prosjektet. Denne nettsiden hadde noen kriterier som måtte følges. Disse innebar blant annet at nettsiden skulle lastes opp på universitetets domene slik at andre studenter og grupper kunne få nytte av den og at den brukes ved senere anledning. Andre krav som ble satt til nettsiden var at den skulle liste gruppemedlemmer, oppdragsgiver, fortelle om oppgaven, prosessen og dokumentere teknisk arbeid.

Bolder AS ønsker ikke at dokumentasjonen skal publiseres på nettstedet og det blir derfor ikke utført. Allikevel er det mange av de andre kravene som kan gjennomføres. Når nettsiden åpnes blir man ført til en hovedside hvor det står litt informasjon om nettsiden generelt, hva prosjektet går ut på, om hvem som er oppgavegiver.

Videre er det mulig å gå på gruppesiden for å se informasjon om hver av gruppemedlemmene samt hvordan de kan kontaktes. Til sist er det en blogg, hvor det er lagt ut noen innlegg om forskjellige turer og aktiviteter som har skjedd.

D.9.2 MkDocs

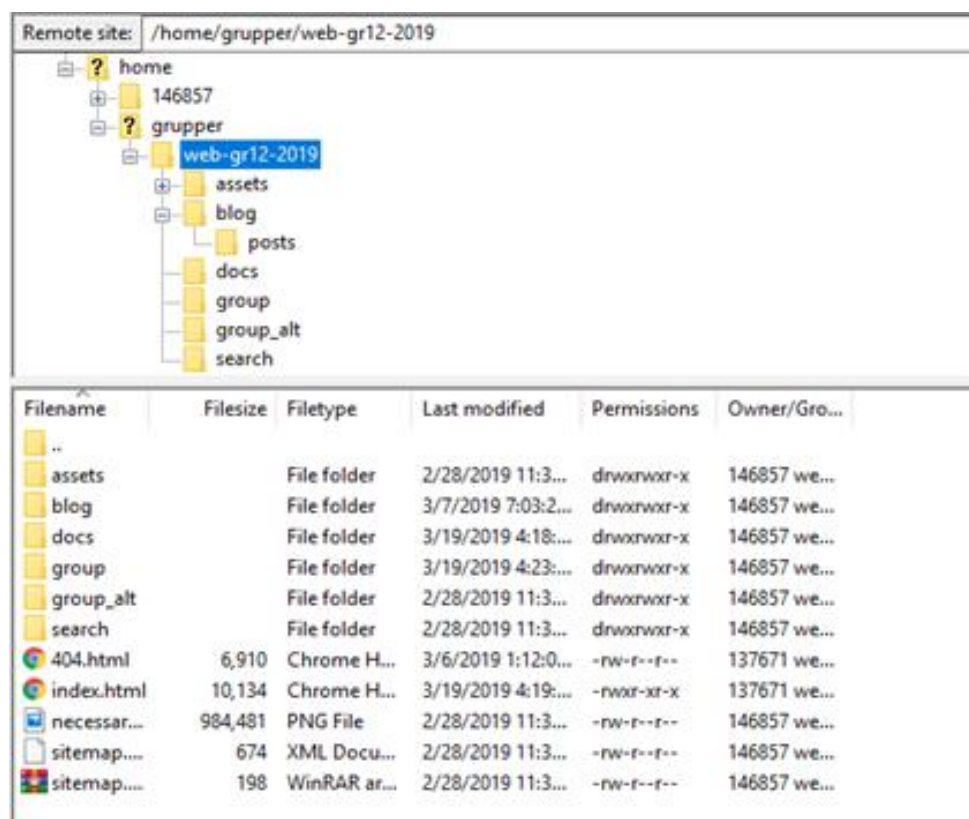
MkDocs er statisk nettside generator som er ment for å lage prosjektdokumentasjon. MkDocs generer HTML sider og kildefilene er skrevet i Markdown, dette konfigureres i en enkel YAML fil. Dette viste seg å være et godt hjelpemiddel til å få nettsiden opp å kjøre [92].

For å komme i gang med MkDocs er en nødt til å laste ned Python og installere Mkdocs som en pip. Deretter skjer alt fra terminalen. Starter med å opprette en mappe og utvide derfra med ulikt innhold man ønsker på nettsiden. Fordelen med en

statisk nettside som MkDocs lager er at den kan hostes nesten hvor som helst på internett.

D.9.3 FileZilla

FileZilla er en FTP (File Transfer Protocol) som brukes til å overføre filer fra for datamaskiner til servere. I denne sammenhengen brukes FileZilla til å laste opp filene som brukes til nettsiden [93]. For å få lastet opp filene må man ha en tilkobling til serveren, protokollen som blir brukt er SFTP (SSH File Transfer Protocol) og host adressen i tillegg til port. Det siste som skal til da er brukernavn og passord så kan man laste opp, ned eller endre filer på serveren som man har tilgang til.



Vedlegg Figur 57: FileZilla katalogen for «Get a Grip» (gruppe 12)

D.10 Prosjektorientering i Stavanger

	<h3>Prosjektorientering i Stavanger</h3> <p>Dato: 20.05.2019</p> <p>Forfatter: Vegard Jørgensen</p>
<h3>Introduksjon</h3> <p>Som en orientering for oppgaven tok bachelor gruppen en tur til Stavanger for å møte bedriften og andre involverte stakeholders, og bygge en felles forståelse for hva prosjektet bør bestå av.</p>	<h3>Innholdsliste</h3> <ul style="list-style-type: none">• Introduksjon• Bolder AS• Arrow• Klatrefabrikken• Konklusjon

D.10.1 Introduksjon

Som en orientering for oppgaven tok bachelor gruppen en tur til Stavanger for å møte bedriften og andre involverte stakeholders, og bygge en felles forståelse for hva prosjektet bør bestå av.

D.10.2 Bolder AS

Ved Bolder AS opplyste Eirik Skjærseth gruppen om sin visjon for prosjektets løp, og noen pekepinner for hvordan å bevege seg ut i utviklingslandskapet. Eirik fortalte om Value Proposition Design, som beskriver en prosess for utvikling der funksjonaliteter med høyst nytteverdi for sluttbrukeren settes i fokus.

Noen viktige utfordringer gruppen skisserte for seg selv etter møte med Eirik inkluderer;

- At teknologien skal øke opplevelsen for brukeren.
- At det som skaper mest verdi løses først
- Hvilke stakeholders prosjektet skal være rettet mot
- Hjelp klatresenterer å redusere risiko for skader (fysisk og materielt)
- Vedlikehold
- Oppsett av ruter/ruteendringer
- Hjelp klatreren å øke sine ferdigheter

D.10.3 Arrow

Et møte med bedriften Arrow -- som driver med sensorer -- ble satt opp av Eirik Skjærseth. Der fikk gruppen innføring av Terje Høyland om ulike typer sensorer som

kunne være relevant for en slags enhet som oppgaven tar for seg. Terje anbefalte å kikke på akselerometer og gyroskop; begge sensorer som kan måle bevegelse.

D.10.4 Klatrefabrikken


Ved besøk hos klatrefabrikken i Stavanger ble det oppklart at det brukes en standard M10 bolt som strammes til med 30Nm [94] , for å feste klatretak. Noen steder brukes også M12 bolter men at kraften er den samme på 30Nm [94]. Bolten festes gjennom klatrehåndtak i en 19mm tykk vegg av kryssfiner. Dette var viktig informasjon, med tanke på at enheten ideelt sett skal fungere på nåværende klatrevegger.

D.10.5 Konklusjon

Mot slutten av besøket i Stavanger, basert på den forståelsen som var oppnådd, skapte gruppen et grunnleggende design for en første prototype. Den hadde som mål å gi gruppen svar på hva som kan være mulig å gjennomføre og å gi så mye tilbakemelding til hver av ingeniør retningene som mulig om hvordan å videre utvikle konseptet.

Vedlegg – E: Rapporter (Teknisk)

E.1 Design- og Materialtest

 <p>Vedlegg Figur 58: Teste i testvegg</p>	<h3>Design- og Materialtest</h3> <p>Dato: 12.03.2019</p> <p>Forfatter: William Grønning</p>
<h3>Introduksjon</h3> <p>Hensikten med denne testen er å undersøke om designet takler kravene som er satt til første prototype. I dette forsøket skal det testes om designet takler trykket fra en bolt som er skrudd med standard trykk for en klatrevegg. Det skal også testes hvor mye deformering, stress og tøyning det oppstår rundt de utsatte stedene. I tillegg testes om det oppstår plastiske deformasjoner.</p>	<h3>Innholdsliste</h3> <ul style="list-style-type: none"> • Teori • Utstyr • Metode • Resultat • Simuleringstest • Fysisk Test • Feilkilder • Konklusjon

E.1.2 Teori

Klatrevegger bruker M10 8.8 Bolter med et nominalt stress areal på 58 mm² som blir skrudd med 30Nm [94] kraft. Deformeringen er et mål på hvor stor et punkts bevegelser er fra dets originale posisjon til etter krefter er påført. Stress er et mål på hvor høyt trykk et punkt er utsatt for. Tøyning er et mål på hvilken grad et punkt er internt deformert. Plastisk deformasjon er varig deformering etter krefter er fjernet.

E.1.3 Utstyr

- SolidWorks 2018 student edition.
- 3D-printer, Ultimaker 3.
- Kjøkkenvekt med 2 gram feilmargin.
- Momentstang.
- Testvegg.
- M10 bolt og mutter.
- Klatregrep.

E.1.4 Metode

En simulering av kreftene påført på designet fra bolten, ble utført i SolidWorks Simulations. Simuleringene besto av stress-, tøyning- og deformeringstesting. Designet ble påført et materiale simulert med identiske egenskaper som PLA.

Properties Tables & Curves Appearance CrossHatch Custom Application Data

Material properties

Model Type: Linear Elastic Isotropic

Units: SI - N/mm² (MPa)

Category: Plastic

Name: PLA

Default failure criterion: Unknown

Description: PLA used in 3D-printers at USN

Source:

Sustainability: Undefined

Property	Value	Units
Elastic Modulus	2800	N/mm ²
Poisson's Ratio	0.412	N/A
Shear Modulus	340	N/mm ²
Mass Density	1250	kg/m ³
Tensile Strength	31.5	N/mm ²
Compressive Strength		N/mm ²
Yield Strength	31.5	N/mm ²
Thermal Expansion Coefficient		/K
Thermal Conductivity	0.2256	W/(m·K)
Specific Heat	1386	J/(kg·K)
Material Damping Ratio		N/A

Vedlegg Figur 59: Egenskapert til PLA-plast brukt i designet

En 3D-printet versjon av samme design ble fysisk utsatt for samme test med en gradvis økning ved hjelp av en stang med markerte avstander. Belastningene ble plassert en meter fra rotasjonspunktet. Moment fra stang er tatt med i betraktning. Belastningen økte med 11Nm, 15Nm, 20Nm, 25Nm og 30Nm [94].



Vedlegg Figur 60: Moment-stang



Vedlegg Figur 61: Moment-nøkkel

Moment-stang veier 1720g og har senterpunkt 0,635 m fra rotasjonspunkt tilsvarer 10,7 Nm.

Moment-nøkkel veier 507g, og har senterpunkt 0,12m fra rotasjonspunkt tilsvarer 0,3 Nm (kutter 1/3 pga. Negativ moment på venstre side av rotasjonspunkt).



Vedlegg Figur 62: 408g vekt



Vedlegg Figur 63: 900g vekt



Vedlegg Figur 64: 1398g vekt



Vedlegg Figur 65: 1889g vekt



Vedlegg Figur 66: 11Nm



Vedlegg Figur 67: 15Nm

Vedlegg Figur 68:
9.20Nm

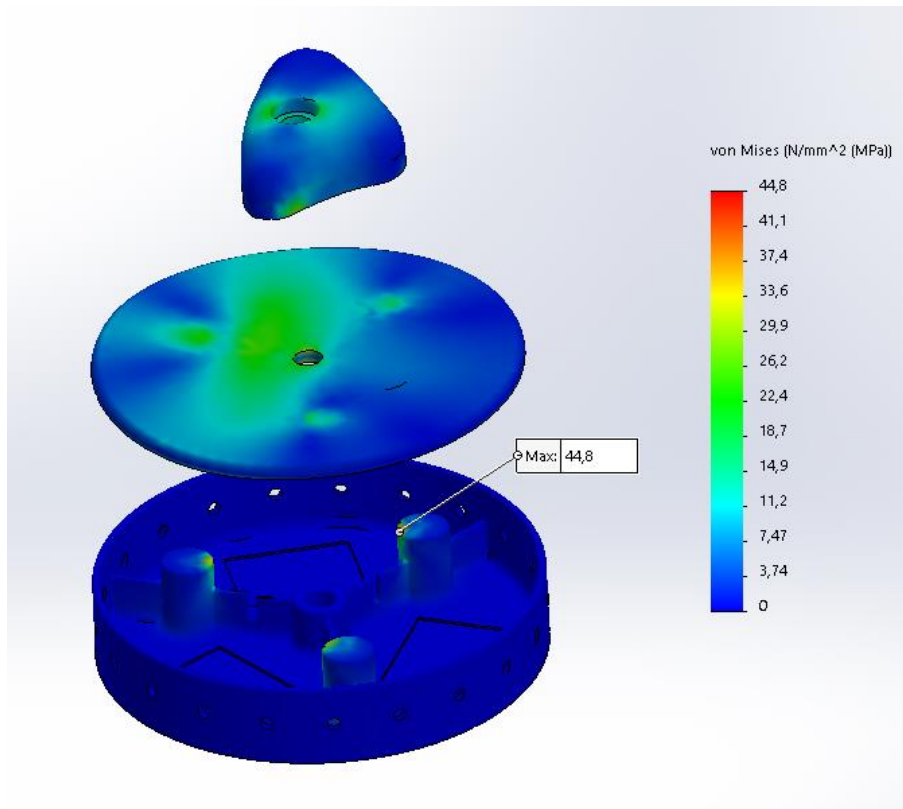
Vedlegg Figur 69: 25Nm

Vedlegg Figur 70:
11.30Nm

E.1.5 Resultat

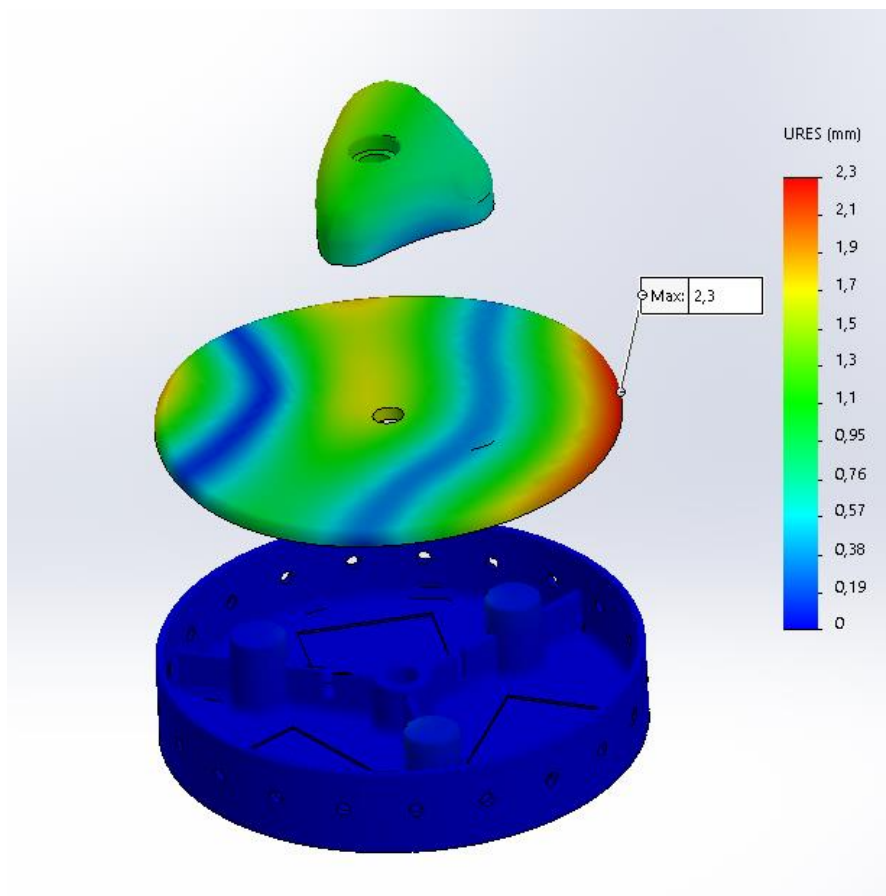
E.1.5.1 Simuleringstest

Simuleringen gav et realistisk inntrykk av hvordan designet og materialet ville ta imot kreftene.



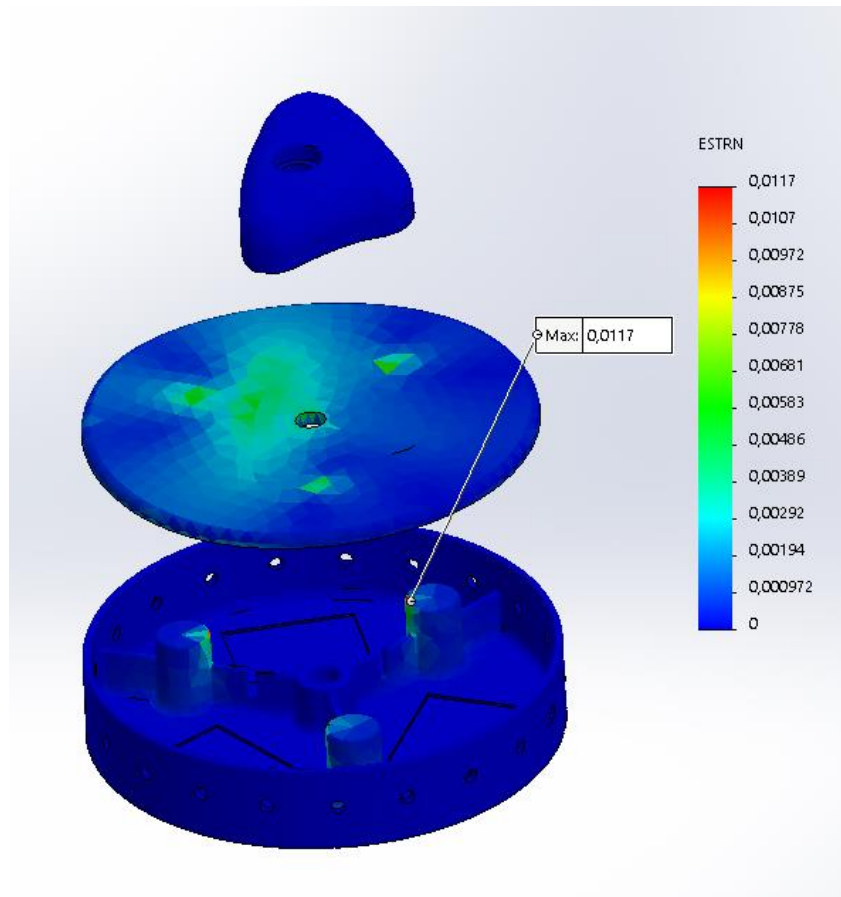
Vedlegg Figur 71: Von Mises simulering av design med 2000N påført bolt

Her viser simuleringen at maksimalt trykk vil oppstå på innersiden av kontaktflaten mellom “lokket” og “underenheten”.



Vedlegg Figur 72: Tøyningssimulering av design med 2000N påført fra bolt

Her viser simuleringen at den maksimale deformeringen vil være 2,3mm ytterst på “lokket” mellom kontaktflatene på lokket og underenhet.



Vedlegg Figur 73: Deformeringssimulering av design med 2000N påført fra bolt

Her viser simuleringen at den maksimale tøyningen vil være på 1,17% noe som under flytegrensen til PLA (2%). [22].

E.1.5.2 Fysisk Test

I den fysiske testen av 3D-printet design ble det synlig mer og mer deformasjon i lokket. Ingen sprekker eller ulyder ble observert. Designet holdt det forventa trykket på 30Nm [94] kraft fra bolten.

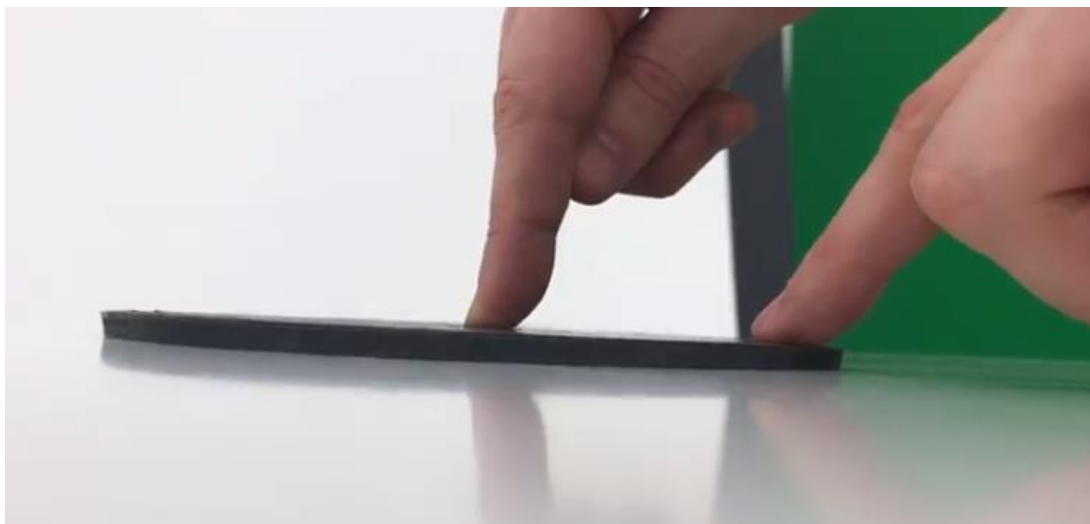


Vedlegg Figur 74: Deformering av lokk sett ovenfra



Vedlegg Figur 75: Deformering av lokk sett fra siden

Her vises det tydelig deformasjon i lokket. Målt til ca. 2mm.



Vedlegg Figur 76: Ingen synlig plastikkdeformasjon på lokket

E.1.6 Feilkilder

Uten et nøyaktig verktøy for å måle momentkraft, er nøyaktigheten på momentverdiene brukt i denne testen usikre. Matematikken stemmer, så det aksepteres

verdiene som gjeldene med små feilmarginer. Friksjon mellom bolt og treplater er ikke kalkulert. Et krav for bolter i klatrevegg er at de skal kunne skrues inn med hendene, noe som vi også var i stand til under vår test. Vi aksepterer derfor verdiene som gjeldene med små feilmarginer.

E.1.7 Konklusjon

Resultatene fra begge testene var nærmere identiske. Vi konkluderer med at materialet tåler den maksimale kraften påkjent fra boltene (30Nm) uten plastiske deformasjoner. Lokket hadde altfor stor deformasjon slik at vinkelen mellom kontaktoverflatene ikke var jevn. Dette er uheldig for måling av krefter på trykksensorene, så forandringer i form av materiale eller design er nødvendig.

E.2 Tester Prototype 1

 <p>Vedlegg Figur 77: Prototype 1 - inside</p>	<h3>Tester Prototype 1</h3> <p>Dato: 12.03.2019</p> <p>Forfatter: Vegard Jørgensen og Nils Kristian Hillier</p>
<h3>Introduksjon</h3> <p>Ut ifra vårt arbeid med markedsanalyse og sammenlikning av potensiale i ulike komponenter og implementasjoner, kom vi fram til et konsept med Bluetooth, tre trykksensorer, og ett LED lys. I første prototype ønsket vi å ha fokus både på hvordan arduinoen og komponentene koblet til den fungerte, og I hvilken grad vi kan skille berøringstilstander på enheten fra hverandre.</p>	<h3>Innholdsliste</h3> <ul style="list-style-type: none"> • Testene • Bluetooth • Berøring • Krefter • Enhet Design og Optimalisering • Resultat • Konklusjon

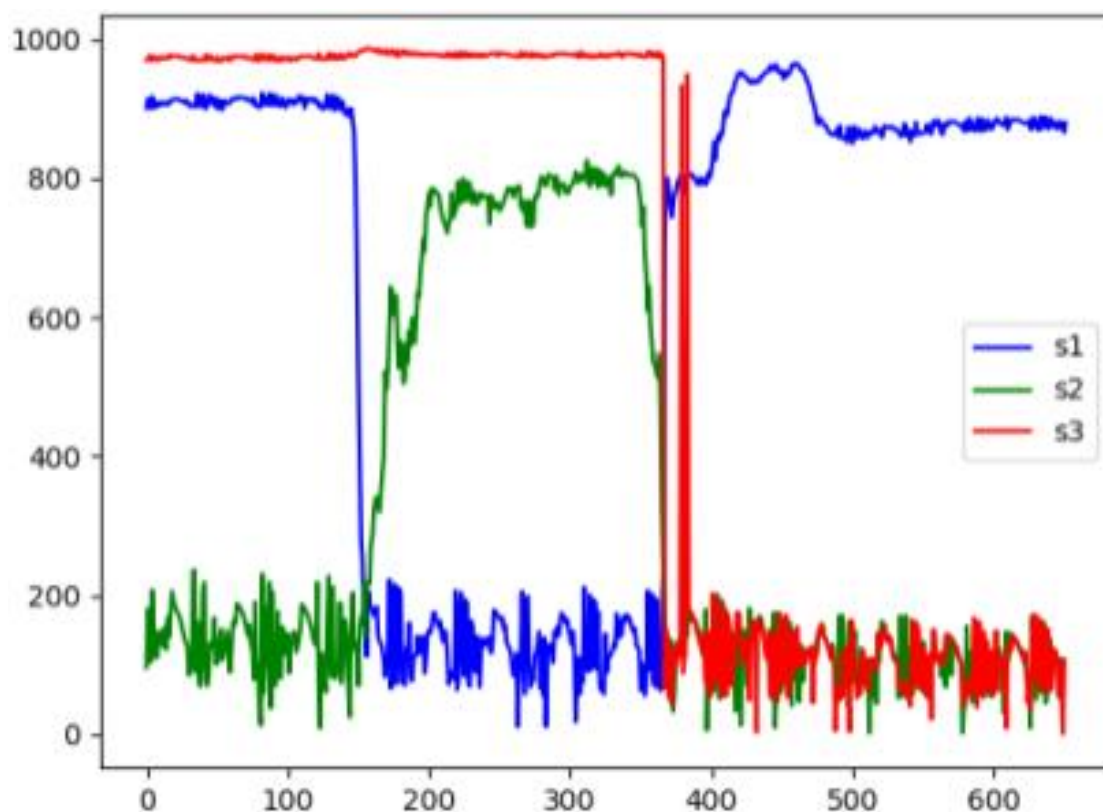
E.2.1 Testene

Det var relevant å teste grunnegenskapene til vår enhet – om batteri, LED og Bluetooth fungerer, og arduinoen selv.

Etter noe problemløsning relatert til en spenningsdeler koblet til Bluetoothens mottak er pin, fungerte alt som det skulle, med unntak av noe støy verdier i en enhet ved sensor avlesning.

De mer relevante testene var om Bluetooth overføring var stabilt, om vi kunne skille berøring/ikke berøring tilstander på håndtaket, og i hvilken grad det er mulig å hente ut krefter.

Vi startet med noe eksperimentering; der vi skrudde inn klatrehåndtaket, med 3 sensorer bak, for så å gjøre avlesninger over Bluetooth. Her så vi at alle sensorene lå nær sin maksimale verdi med liten varians. Ved påføring av kraft på håndtaket i ulike retninger, slapp det opp noe alltid på hvert fall en av sensorene. Dette skapte grunntanken for en berøringstest der vi istedenfor å lese av økning i sensor verdier, kunne vi kikke etter variasjon fra en forhåndskalibrert verdi.



Vedlegg Figur 78: Sensoravlesning rådata over tid (tid i x-akse, data i y-akse)

E.2.2 Bluetooth

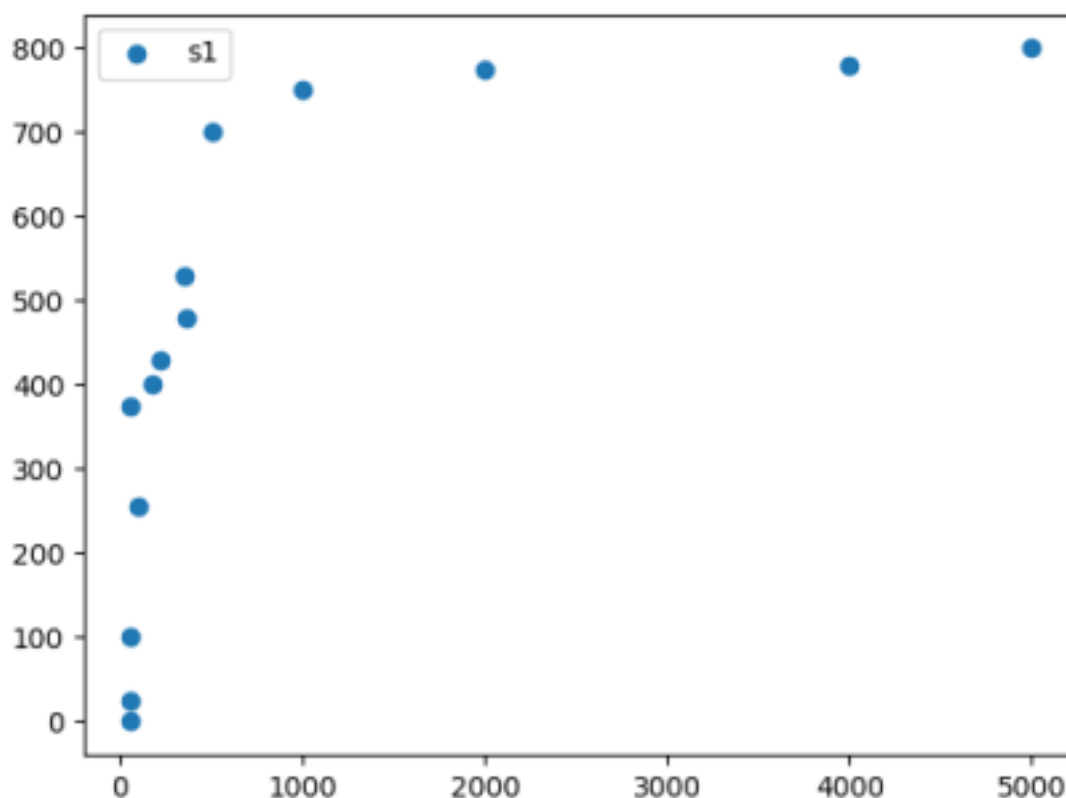
For å se om Bluetooth overføringen var stabil, sendte vi en konstant rekke med data markert med indekser. På mottaker siden sammenlikner vi indeks og data, og ser om alt kommer i rekke og rad. Siden det tar noe tid å koble opp til Bluetooth, ser vi bort i fra de første dataelementene, og teller da bare fra første motatte element. Vi så at all dataen kom i rekkefølge, men enkelte elementer manglet. Ca. 98% av de sendte dataene kom til datamaskinen. Det er en god prosent, og for mottakelse av rå sensor data har det lite å si, men det viktig å ta for seg i to-veis kommunikasjon, eller for en-veis signaler som helst bør ankomme.

E.2.3 Berøring

Vi hadde to tester relatert til berøring; en med LED-belysning der dioden skulle lyse ved berøring, og slutte å lyse da de ikke er berøring. Denne testen gikk bra, men det var noe småvariasjon. Testen fungerer slik at enheten tar 10 sekunder for å kalibrere seg -- altså finne gjennomsnittlig sensoravlesning mens den er fastskrudd. Deretter kan man ta på håndtaket, og om man holder med litt kraft, vil det skape en lettelse i trykket på hvertfall en av sensorene; når avviket fra kalibreringsverdien er høyt nok på en eneste sensor, vil enheten lyse opp LED lampen for å indikere at håndtaket er under berøring. Den andre testen vi gjorde var lik, men istedenfor å lyse opp LED lampen, sendte den "BERØRT" eller "IKKE BERØRT" over Bluetooth. I tillegg var det krav om at enheten skulle kunne stå på i 5 minutter uten å berøres og uten å sende "BERØRT" signal. Vi så her at de kalibrerte verdiene ikke holdt seg, og etter hvert hadde de endret seg så mye at de var utenfor variasjonsgrensen, og dermed lyste opp og sendte "BERØRT" signal.

E.2.3 Krefter

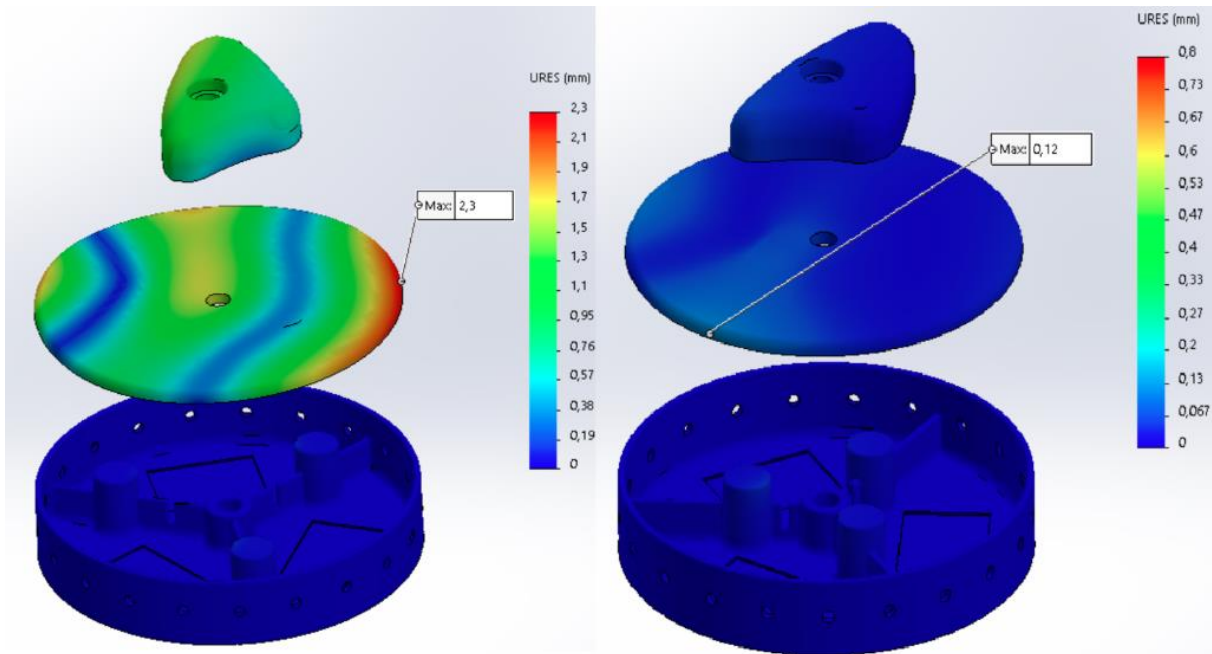
For å se om sensorene i det hele tatt har kapasitet for å måle krefter med konsistens, la vi sensoren oppå en vekt, og presset den ned med ulike objekter som lå bare på sensoren selv, slik at hundre prosent av kreftene gikk gjennom sensoren, og ikke var fordelt på vekten. Vi kom fram til at det var for høy varians i målingene vi gjorde, til at sensorene kan brukes til å måle av krefter; mest sannsynlig. Vår test var langt fra perfekt, og det er mulig at under bedre tilstander, kunne sensoren ha gitt ut regelmessige verdier.



Vedlegg Figur 79: Avlesninger av verdier på en sensor ved ulik vekt (gitt i gram)

E.2.5 Enhet design og optimalisering

En av problemene som oppstod under testing av “casingen” var deformasjonen av lokket. I testen vår var det heldigvis kun elastisk deformasjon, men denne deformasjonen på ca 2mm (simulert på venstre side på figur 3. og vist på figur 4.) gjorde at trykksensorene ble ujevnt belastet og skapte variasjon i testene. En ny simulering, hvor samme mengde av samme material (PLA) er brukt viser at vi teoretisk sett kan få deformasjonen ned fra 2.3mm til 0.12mm kun ved å flytte støttebena lengre inn i delen. Dette er som sagt bare en simulering, men det viser at det er mye rom for optimalisering av designet og at det ikke nødvendigvis trengs å bruke metall for å få et fungerende resultat.



Vedlegg Figur 80: Simulering av enheten laget av PLA. Støtte langt ute på venstre side og langt inne på høyre side



Vedlegg Figur 81: Virkelig deformasjon av lokk under 30Nm. Målt til å være ca. 2mm fra startpunkt

E.2.6 Resultat

Alt som skulle testes ble skrevet inn i en Excel-matrise med beskrivelser, IDer og resultater i form av godkjent/ikke godkjent. For første prototype la vi mye vekt på at testene måtte gi verdi i form av kunnskap eller brukbare funksjoner til senere iterasjoner. Her er det viktig å huske at et ikke godkjent resultat kan gi like mye verdi for prosjektet som et godkjent resultat kan.

Test ID	Resultat	Kommentar
T.P1.01	Godkjent	LED lys fungerer og kan skrues av og på via blåttann fra smart telefon. Kan også lyse opp ved berøring av håndtak.
T.P1.02	Godkjent	Alt fungerer nå bra, men det er noen små variasjoner i sensor data lest ut fra enhet til enhet; må undersøkes, og ett konkret oppsett må tegnes.
T.P1.03	Godkjent	Vi modifiserte testen til å bare sende et forhåndsbestemt datasett over blåttann repeterende, med pakke-nummerering. Vi sjekker da at motatt data stemmer over ens med det som er sendt. Viste seg at blåttann sendte all dataen i riktig rekkefølge, men det manglet noe data. Rundt 98% av dataen sendt nådde fram. For uthenting av rå data har det lite å si, men det er viktig å ha i bakhodet om noen form for toveis kommunikasjon skal foretas.
T.P1.04	Godkjent	Enheden fungerte flott med batteri, og casing skal ha plass sammen med enhet, etter spesifikasjon.
T.P1.05	Godkjent 1/2	Vi så her at det er muligheter for å bruke enheten til å lese av boltstrømming, men som den er i nåværende tilstand vil den ikke fungere.
T.P1.06	Ikke godkjent	Etter å ha eksperimentert med sensoren, og tatt målinger ved å legge den på en vekt og trykke oppå, kan vi si at sensoren vil ikke fungere med høy nok presisjon i det hele tatt for å måle ut krefter.
T.P1.07	Godkjent 1/2	Igjen, så skrur den seg av og på ved berøring, men noe skurring er det. Og i løpet av 5min hender det at den lyser opp / sender "BERØRT" signal.
T.P1.08	Godkjent	Deformering i ekte casing stemte overens med simulert casing
T.P1.09	Godkjent 3/4	Casingen hadde plass til enheten, vi kunne få essensielle kabler på utsiden inkludert kabler til LED lys, og den fungerte fint skrudd fast i veggen. Vi så og at vi kunne bruke en forhåndsdefinert kalibrerings verdi for å se hvor hardt den må skrues fast. Men her og fungerte ikke berøring helt hundre. Topplokket har for store bøyninger.

Vedlegg Tabell 99: Resultatmatrise for testing av prototype 1

E.2.7 Konklusjon

Gjennom testene som ble utført har vi fått en mye bedre forståelse for hva vi får til, og hva vi ikke får til med det første. Vi har gjennom disse testene allerede fått gjennomført noen av hovedkravene våre, deriblant; trådløs kommunikasjon til enheten, batteri drevet elektronikk, tilbakemelding i form av lys fra berøring og tilbakemelding fra enheten når bolt er tilstrekkelig strammet. Dette har også skapt en god følelse på hvilke problemstillinger som må jobbes mer med, samtidig som vi har fått en fungerende prototype til å vise eventuelle kunder og arbeidsgiver.

E.3 Tester Prototype 2

 <p>Vedlegg Figur 82: Koblingsbrett i prototype 2</p>	<h3>Tester Prototype 1</h3> <p>Dato: 20.05.2019</p> <p>Forfatter: Vegard Jørgensen</p>
<h3>Introduksjon</h3> <p>Som videreføring av den første prototypen i bachelorprosjektet, har en utvidet versjon med alle grunnkrav fra bedriften og krav basert på markedsanalyse og nyttverdi blitt utarbeidet.</p>	<h3>Innholdsliste</h3> <ul style="list-style-type: none"> • Testene • Bluetooth • Berøring • Krefter • Master og Enheter • Systemer • Resultater • Konklusjon

E.3.1 Testene

I den andre prototypen i bachelorprosjektet «Get a Grip» har alle grunnkrav blitt tatt hensyn til, samt en rekke utarbeidede krav basert på markedsanalyse og nytteverdi. Det har vært relevant å teste Bluetooth overføring mellom master og slaver; både kapasitet, stabilitet, og funksjonalitet er testet. Videre har berøringstilstand, måling av krefter og torque, og testing av datasystemer generelt vært sentralt i andre prototype. Andre viktige tester inkluderer; stramming av bolt, funksjonalitet av kretskort, måling av batterinivå, og strømforbruk.

E.3.2 Bluetooth

Bluetooth overføring krever i enkelte tilfeller garantert kommunikasjon; noen meldinger må nå fram. Det er laget et system for å oppnå dette i master og enhet, og våre tester viser at meldinger alltid når fram, og enheter fungerer som de skal.

E.3.3 Berøring

For berøringstilstand har flere tester vært utført; det har vært forsøk på å lese avvik fra en kalibrert gjennomsnitts verdi med trykksensorer, og det samme med strekkklapper. I tillegg har det vært testet å lese av variasjon i den deriverte på strekkklapper. Sistnevnte har fungert med best i henhold til størrelsen, posisjonen, og retningen av kraften som må påføres, men detekterer ikke konstant kraft påført over tid. Trykksensorer har vist seg å være for upålitelig for å måle berøringstilstand, i nåverende enhet.

E.3.4 Krefter

Videre forsøk på å måle krefter har vært gjennomført i andre prototype; måling av krefter og torque i XY-planet har gitt lovende resultater i enkelte av enhetene, men grundig nok testing og utvikling av kraftmåling har av tidsmessige årsaker ikke blitt gjennomført.

E.3.5 Master og enheter

En master enhet med flere integrasjoner har vært testet i prototype veggen konstruert i Februar. Master enheten kan koble seg opp mot syv enheter, og gjennom Bluetooth styre LED tilstander, lese ut berørings tilstand, batteri kapasitet, og rå sensor data.

E.3.6 Systemer

Integrert i Master enhet er et spill «Whack-a-Mole», og et system for klatre anbefalninger, samt opplastning av rå sensor data til AWS IoT videre til en DynamoDB. Det er gjennomført både simulering og testing før systemene har vært integrert i veggen, for å garantere at de samstrider med definert funksjonalitet. Systemene har vært testet i vegg, og gitt samme resultat som i simuleringer.

E.3.7 Resultat

Test ID	Beskrivelse	Resultat
T.P2.01	Retnings bestemt LED strip	Godkjent
T.P2.02	Måle berøring	Godkjent 3/4
T.P2.03	Måle krefter og torque	Godkjent 1/4
T.P2.04	Blåtann fra 5 enheter til en master enhet	Godkjent
T.P2.05	Stabil blåtann overføring	Godkjent
T.P2.06	Kretskort	Godkjent
T.P2.07	Ha trådløs strømtilførsel	Godkjent
T.P2.08	Måling av batteri nivå	Godkjent
T.P2.09	Måling av trykk	Godkjent
T.P2.10	Måling av tøyning	Godkjent
T.P2.11	Stramming av bolt	Godkjent 1/2
T.P2.12	Utlesning av rå sensor data	Godkjent
T.P2.13	Whack-a-mole i master enhet	Godkjent
T.P2.14	Klatre anbefalnings system i master enhet	Godkjent
T.P2.15	Opplastning av rå sensor data til IoT Cloud	Godkjent
T.P2.16	Styring av veggssystemer og bruker integrasjon	Ikke godkjent
T.P2.17	Strømforbruk innenfor godkjent nivå	Godkjent

Vedlegg Tabell 100: Resultater av testing. Tester er beskrevet videre i vedlegg E.2
Tester Prototype 1 og E.3 Tester Prototype 2



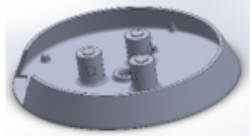
E.3.8 Konklusjon

Med andre prototype står prosjektet fortsatt ovenfor de samme uløste utfordringene som i den første, men noen steg nærmere. Mye annet har blitt gjennomført, og enheten i seg selv har mye bra grunnfunksjonalitet. For enkelte tilfeller som f.eks. Whack-a-Mole vil enheten fungere godt, men for reelt bruk av amatør og profesjonelle klatrere er den ikke tilstrekkelig.

E.4 Statisk Test 3850N på Pakning

 <p>Vedlegg Figur 83: Statisk test på pakning</p>	<h3>Statisk Test 3850N på Pakning</h3> <p>Dato: 20.05.2019 Forfatter: William Grønning</p>
<h3>Introduksjon</h3> <p> Dette er en FEM analyse hvor der ønskelig å finne ut med relativ god nøyaktighet, hvor tykk gummimembranen mellom topplaten og bæresøylene er nødt til å være. Det er ønskelig at ved en påført 3850N last, og samtidig ikke mer enn 100N er påført på hver av trykksensorene. </p> <p>Denne simulasjonen er utført i Solidworks 2018.</p>	<h3>Innholdsliste</h3> <ul style="list-style-type: none"> • Modellinformasjon • Testegenskaper • Enheter • Materialspesifikasjoner • Kontakter • Resultat • Konklusjon

E.4.1 Modellinformasjon

Oppbyggelsesmodeller			
Modellbeskrivelse	Behandlet som	Volumetriske spesifikasjoner	Dato modifisert
3 Stål-pakkninger 	Solid modell	Masse:0.0022 kg Volum:2.83 e-07 m ³ Tetthet:7858 kg/m ³ vekt:0.0218 N	Mai 6 2019
3 Gummi-membraner 	Solid modell	Masse:0.00047 kg Volum:5.46637e-07 m ³ Tetthet:860 kg/m ³ vekt:0.0046 N	Mai 6 6 2019
Bunn-enhet 	Solid modell	Masse:0.190331 kg Volum:0.000147544 m ³ Tetthet:1290 kg/m ³ vekt:1.8652 N	Mai 6 2019

Vedlegg Tabell 101: Modellinformasjon – statisk test på pakning

E.4.2 Testegenskaper

Test navn	Statisk 3850N Prototype
Analyse type	Statisk
Mesh type	Solid Mesh
Inplane effect:	Av
Soft Spring:	På
Inertial avbelastning:	Av
Inkompatible bonding valg	Automatisk
Høy bevegelighet	Av
Friksjon	0.05
Use Adaptive Method:	Av


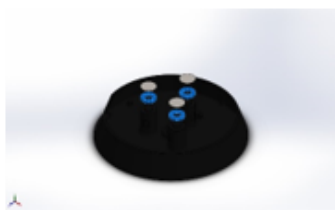
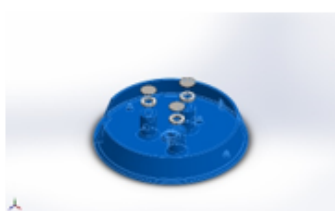
Vedlegg Tabell 102: Testegenskaper – statisk test på pakning

E.4.3 Enheter

Enhetsystem:	SI (MKS)
Distanse/ Lengde	mm
Trykk/	N/m ²

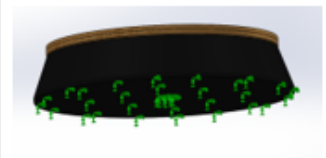
Vedlegg Tabell 103: Enheter – statisk test på pakning

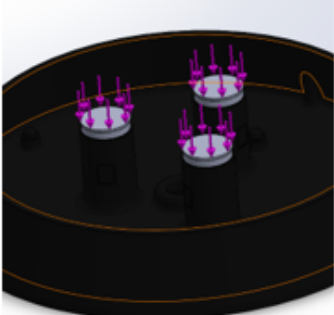
E.4.4 Materialspesifikasjoner

Modell referanse	Egenskaper	Komponenter
	Navn: 1023 Carbon Steel Sheet (SS) Modelltype: Linear Elastic Isotropic Kollapskriterie: Max von Mises Stress Yield strength: 2.82685e+08 N/m² Tensile strength: 4.25e+08 N/m² Elastic modulus: 2.05e+11 N/m² Poisson's ratio: 0.29 massetetthet: 7858 kg/m³ Shear modulus: 8e+10 N/m²	3 Stål-pakkninger
	navn: EPDM Modelltype: Linear Elastic Isotropic Kollapskriterie: Max von Mises Stress Yield strength: 3.61e+07 N/m² Tensile strength: 1.7e+07 N/m² Elastic modulus: 6e+06 N/m² Poisson's ratio: 0.394 massetetthet: 860 kg/m³ Shear modulus: 5.5e+06 N/m²	3 EPDM gummimembraner
	Navn: PLA Modelltype: Linear Elastic Isotropic Kollapskriterie: Max von Mises Stress Yield strength: 4.68e+07 N/m² Tensile strength: 3.15e+07 N/m² Elastic modulus: 2.8e+09 N/m² Poisson's ratio: 0.412 Massetetthet: 1290 kg/m³ Shear modulus: 3.4e+08 N/m²	Bunn-enhet

Vedlegg Tabell 104: Materialspesifikasjoner – statisk test på pakning


E.4.5 Krefter og Motkrefter

Motkraft navn	motkraftbilde	motkraftdetaljer		
Fikset Underside		Entities: 1 face(s) Type: Fixed Geometry		
Resultant Krefter				
Komponenter	X	Y	Z	Resultant
Reaksjonskraft (N)	-0.667687	3855.65	-1.20186	3850
Momentskraft (N.m)	0	0	0	0

Kraftnavn	Kraftbildet	Kraftdetaljer
Kraft 1-3		Antall overflater: 3 Type: Normalkraft magnitudo: 3850 N

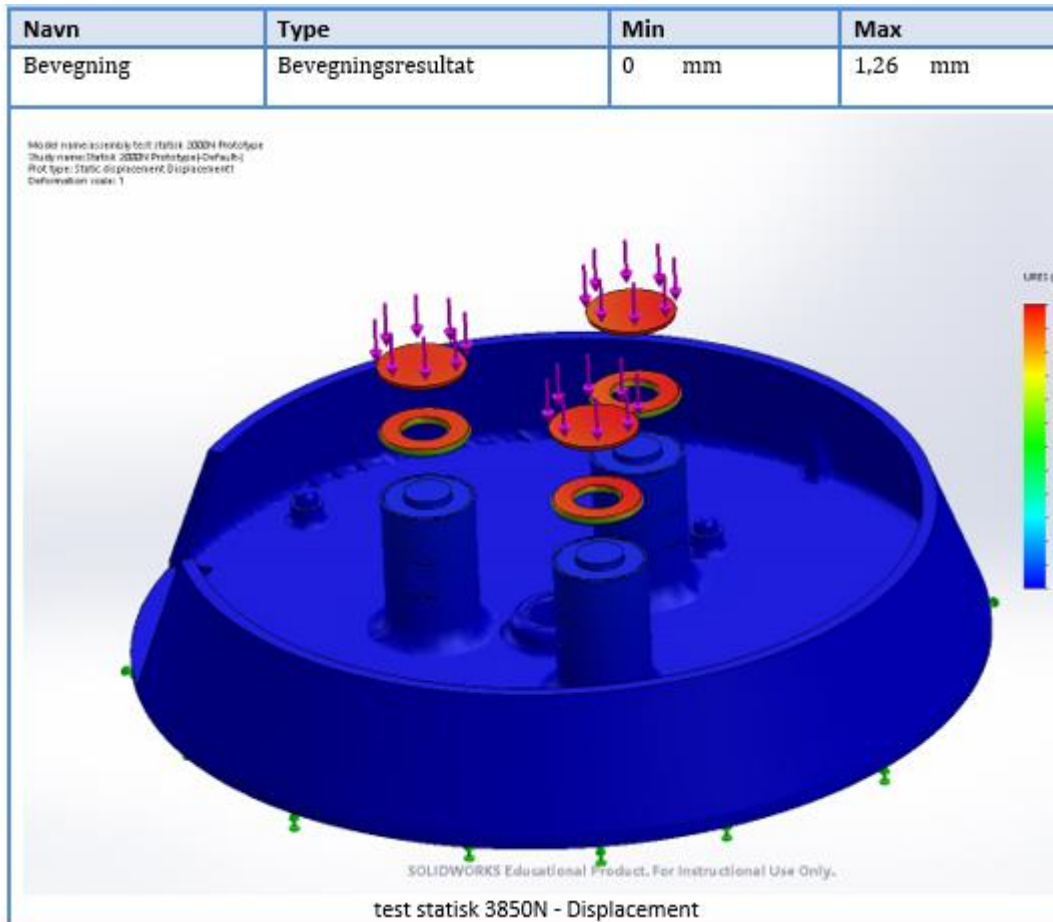
Vedlegg Figur 84: Krefter og Motkrefter – statisk test på pakning

E.4.6 Kontaktinformasjon

Kontaktpunkt	Bilde av kontakter	Kontakttegenskaper
Component Contact-1		Type: Bonded Komponenter: 7, (4 forskjellige) Mesh: Kompatibelt mesh

Vedlegg Figur 85: Kontaktinformasjon – statisk test på pakning

E.4.7 Resultat

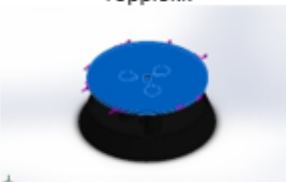
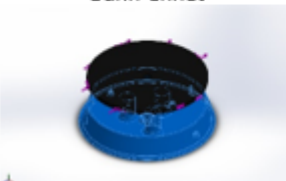


Vedlegg Figur 86: Resultat – statisk test på pakning

E.5 Simulering av Bøying

 <p>Vedlegg Figur 87: Simulert klatregrep</p>	<h3>Simulering av Bøying</h3> <p>Dato: 20.05.2019</p> <p>Forfatter: William Grønning</p>
<h3>Introduksjon</h3> <p>Dette er en FEM-analyse for å teste om plassering av måleinstrument to sider av søylene vil være en attraktiv løsning for å måle krefter påført i X og Y-planet (Plan langs klatreveggen)</p> <p>Det er ønskelig å se tydelige forskjeller mellom to gitte områder.</p>	<h3>Innholdsliste</h3> <ul style="list-style-type: none"> • Modellinformasjon • Enheter • Materialelegenskaper • Resultater • Konklusjon

E.5.1 Modellinformasjon

<p>Topplukk</p> 	<p>Solid Body</p>	<p>Masse:0.150672 kg Volum:0.0001168 m³ Tetthet:1290 kg/m³ vekt:1.47659 N</p>
<p>Bunn-enhet</p> 	<p>Solid Body</p>	<p>Masse:0.191699 kg Volum:0.000148604 m³ Tetthet:1290 kg/m³ Weight:1.87865 N</p>

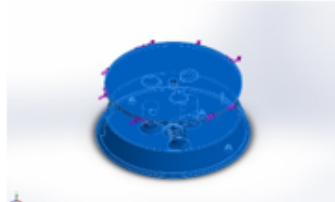
Vedlegg Tabell 105: Modellinformasjon – simulering av bøyning

E.5.3 Enheter

<p>Unit system:</p>	<p>SI (MKS)</p>
<p>Length/Displacement</p>	<p>mm</p>
<p>Pressure/Stress</p>	<p>N/m²</p>

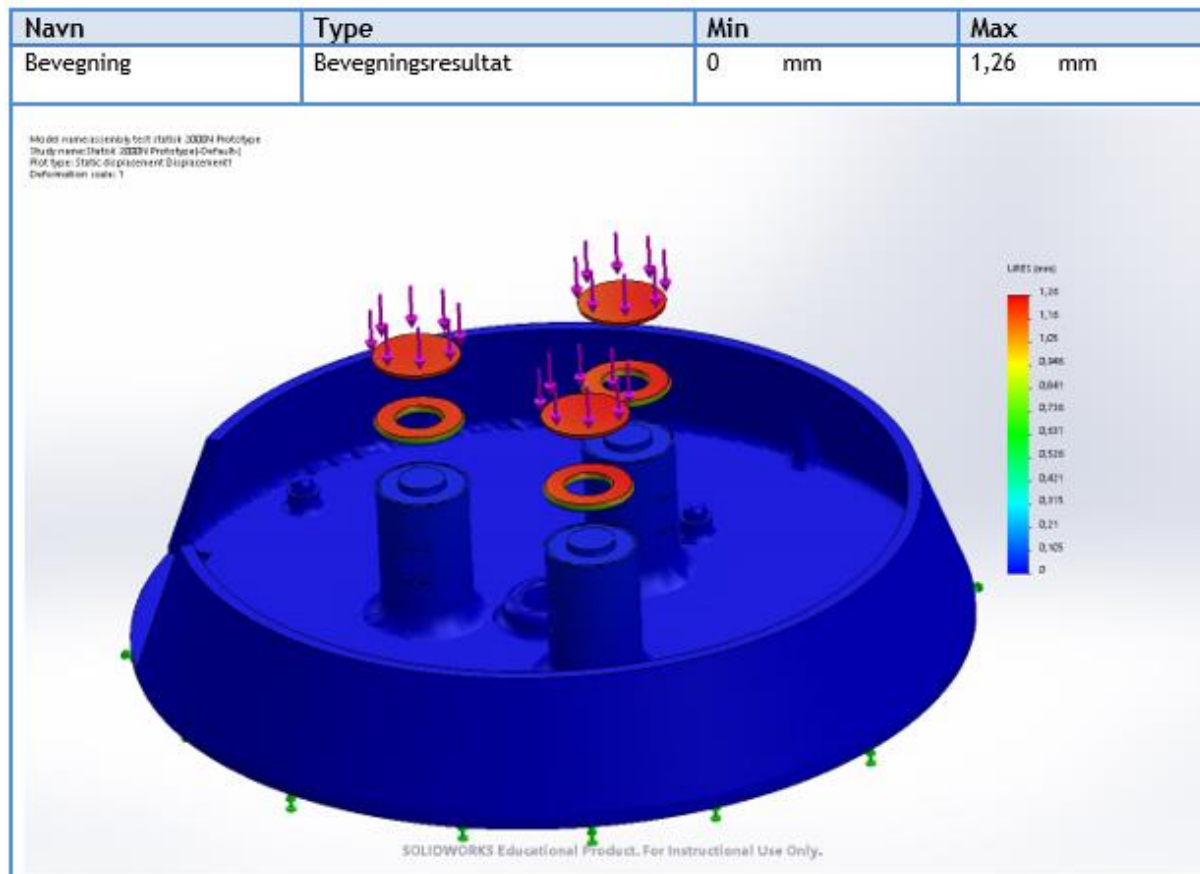
Vedlegg Tabell 106: Enheter – simulering av bøyning

E.5.4 Materialegenskaper

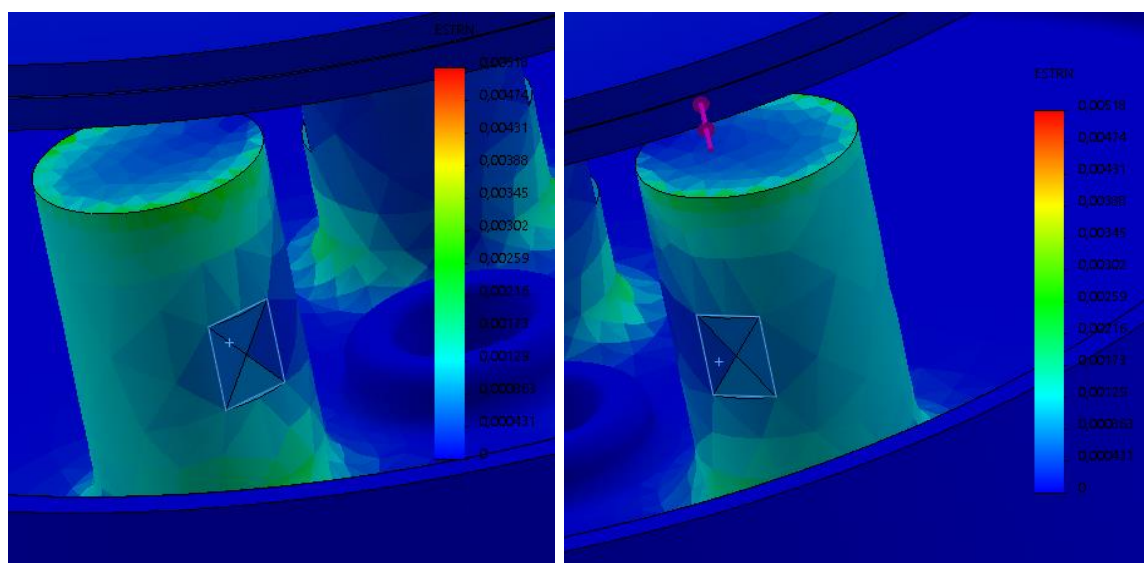
Referanser	Egenskaper	Komponenter
	<p>Navn: PLA Modelltype: Linear Elastic Isotropic Shear modulus: 3.4e+08 N/m² Yield strength: 4.68e+07 N/m² Tensile strength: 3.15e+07 N/m² Elastic modulus: 2.8e+09 N/m² Poisson's ratio: 0.412 Massetetthet: 1290 kg/m³</p>	<p>1 Bunn-enhet 1 Topplukk</p>

Vedlegg Figur 88: Materialegenskaper – simulering av bøyning

E.5.7 Resultat

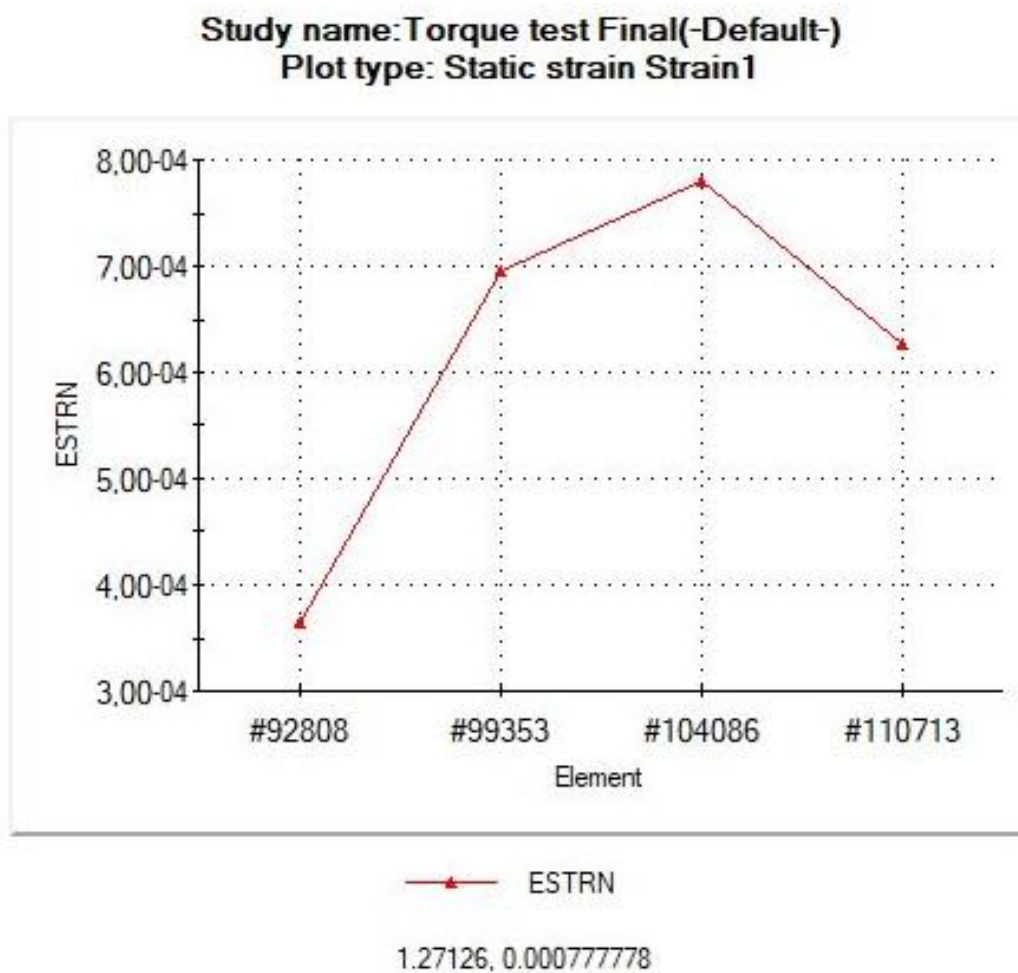


Vedlegg Figur 89: Resultat – simulering av bøyning



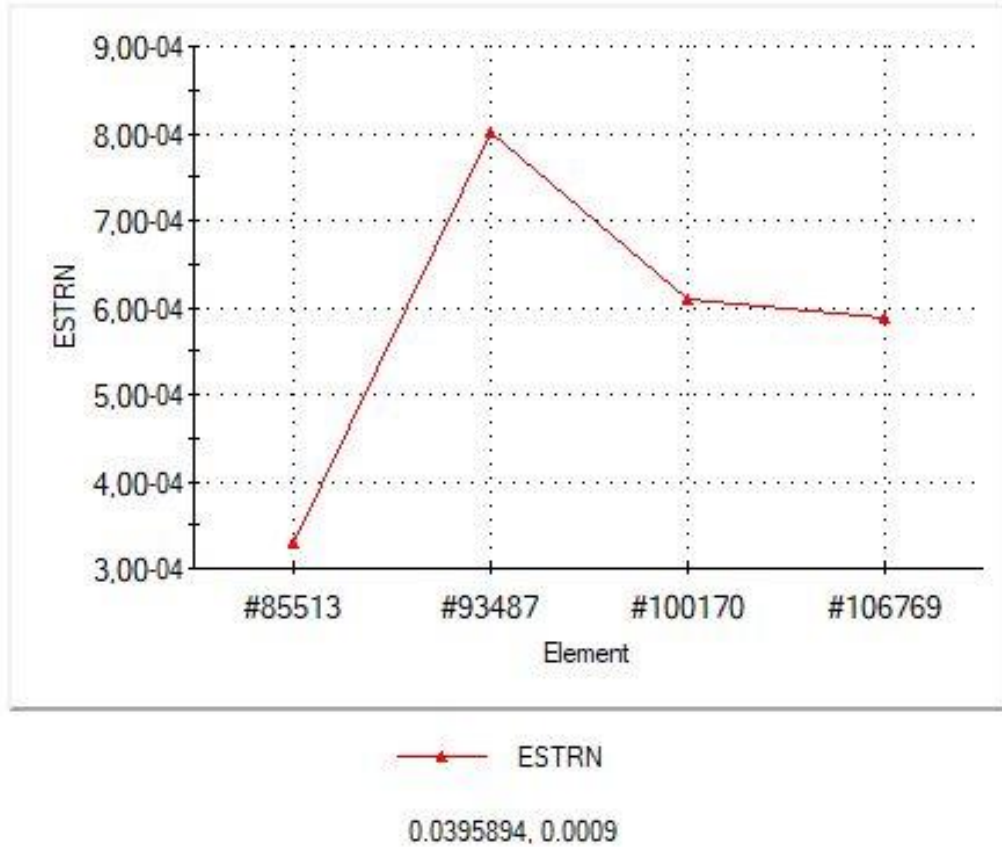
Vedlegg Figur 90: Bøyning av søyle 1

Vedlegg Figur 91: Bøyning av søyle 2



Vedlegg Figur 92: Graf av bøyning 1

Study name: Torque test Final(-Default-)
Plot type: Static strain Strain1



Vedlegg Figur 93: Graf av bøyning 2

Element	Value	X (mm)	Y (mm)	Z (mm)
85513	0.0003	-6.9837	-24.383	32.0827
93487	0.0008	-8.8209	-27.588	33.3593
100170	0.0006	-10.2721	-24.127	33.5867
106769	0.0005	-8.4857	-21.172	32.9570

Element	Value	X (mm)	Y (mm)	Z (mm)
92808	0.0003	27.0018	-23.985	31.8796
99353	0.0006	31.1312	-24.417	34.1101
104086	0.0007	28.9395	-27.467	33.5999
110713	0.0006	29.7708	-21.400	33.0375

Summary	
	Value
Sum	0.00233
Avg	0.000582
Max	0.000802
Min	0.000329
RMS	0.000606

Summary	
	Value
Sum	0.00247
Avg	0.000617
Max	0.00078
Min	0.000365
RMS	0.000636

Vedlegg Tabell 107: Avlesning i tabell fra graf 1

Vedlegg Tabell 108: Avlesning i tabell fra graf 2

E.5.7 Konklusjon

Det er tydelig forskjeller mellom tøyning på hver av side på søylene. Dette var forventet og kan brukes videre.

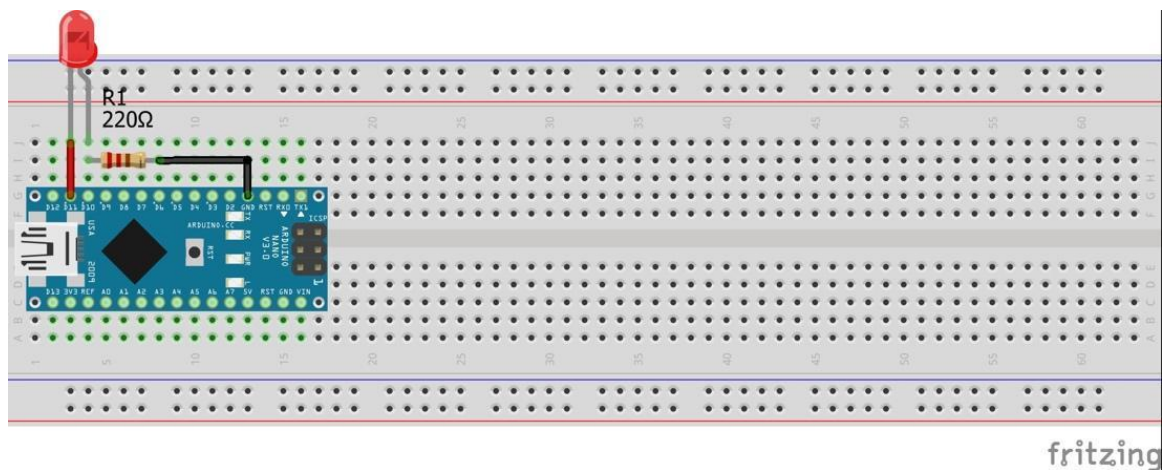


Vedlegg – F: Tekniske Bilag

F.1 Kretstegninger

E.1.1 Koblingsbrett LED lys:

Den ene pinnen på LED lyset er satt til digital utgang D11, dette er en utgang som bruker standard lyset som er på Arduinoen. Den andre pinnen er satt til jord men med en 220 ohms motstand i serie sånn at vi ikke ødelegger Dioden.



Vedlegg Figur 94: Koblingsbrett med Arduino Nano og LED-diode

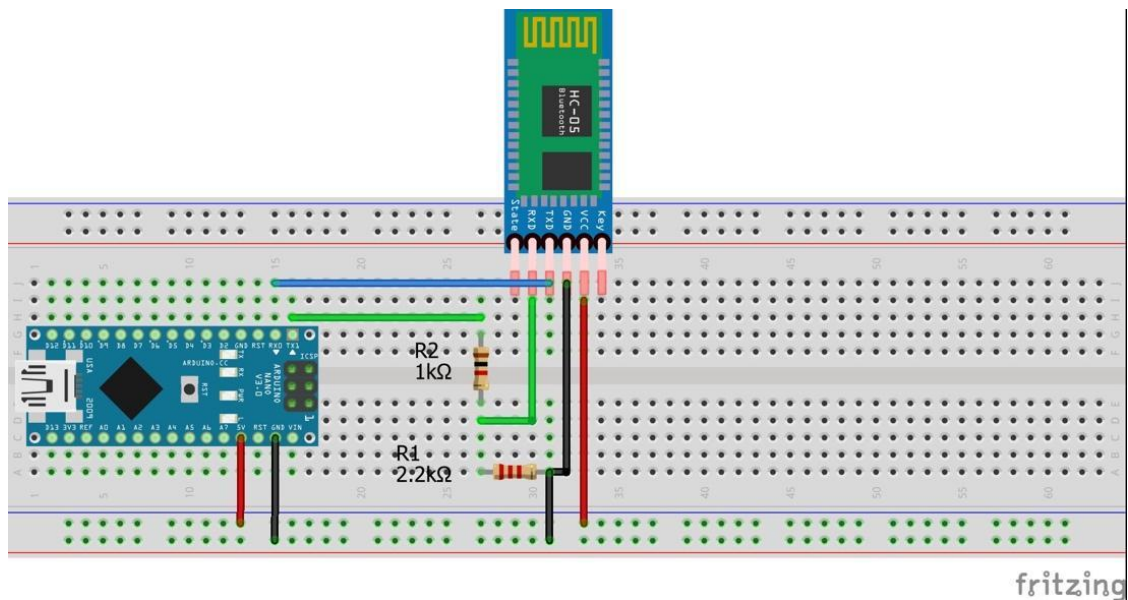
E.1.2 Koblingsbrett Bluetooth

Vi bruker en standard Bluetooth som heter HC-05, denne er klarer 3Mbps og opererer på 2.4 GHz.

Noe som er mer en nok nå som vi bare skal teste prototype 1. Vi kobler opp VCC fra Bluetoothen til 5V på Arduinoen, og vi kobler så GND (jord) til GND sånn at de har et felles referansepunkt.

Viktig å bruke en spenningsdeler på Nanoen, sånn at vi ikke brenner kortet. Jeg spenningsdeler dette med en 1k og 2k Motstand, der jeg sørger for at vi får 1/3 av spenninga til Arduinoen. Videre så kobler vi opp TXD og RXD til RXD og TX1 på

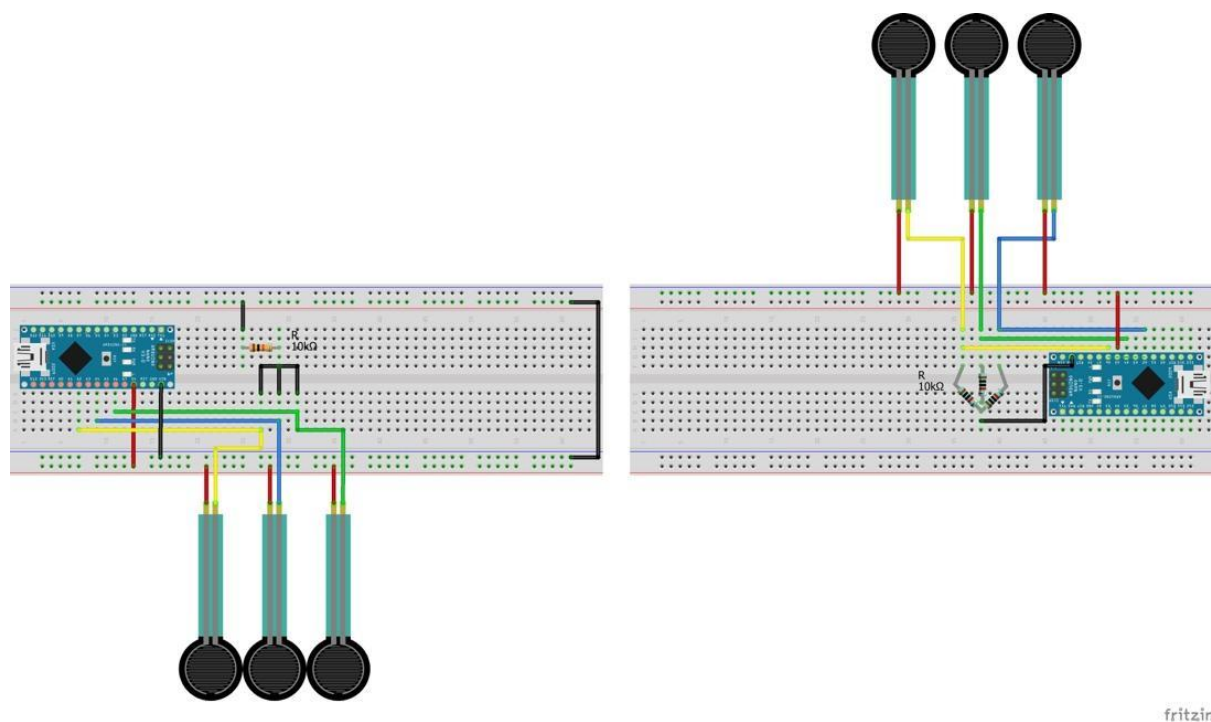
Arduinoen, viktig og ikke blande de to som er relativt like.



Vedlegg Figur 95: Koblingsbrett med Arduino Nano og Bluetooth-modul

E.1.3 Koblingsbrett Sensorer

Disse koblingsbrettene er koblet opp på to forskjellige måter, men har samme funksjonalitet. Kretsen på figur [96] til venstre, vil bli anvendt i dette prosjektet, da disse blir kablet slik at pinnene på Arduino-en er lesbare fra samme side som kablene settes inn i koblingsbrettet. Her kobles en pin mot 5 V og jording, med en motstand på 10K Ω i serie slik at spenningen ikke blir for høy. Videre dras det ut en kabel fra sensorene inn på hver sin respektive analoge port. Hver sensor er representert med sin egen farge, i koblingen mot de analoge portene, her er A2, A4 og A6 på Arduino-en anvendt. Da trykksensorene leser inn et analogt signal, er det derfor viktig å anvende analoge porter, og ikke digitale.



Vedlegg Figur 96: Koblingsbrett med trykksensorer

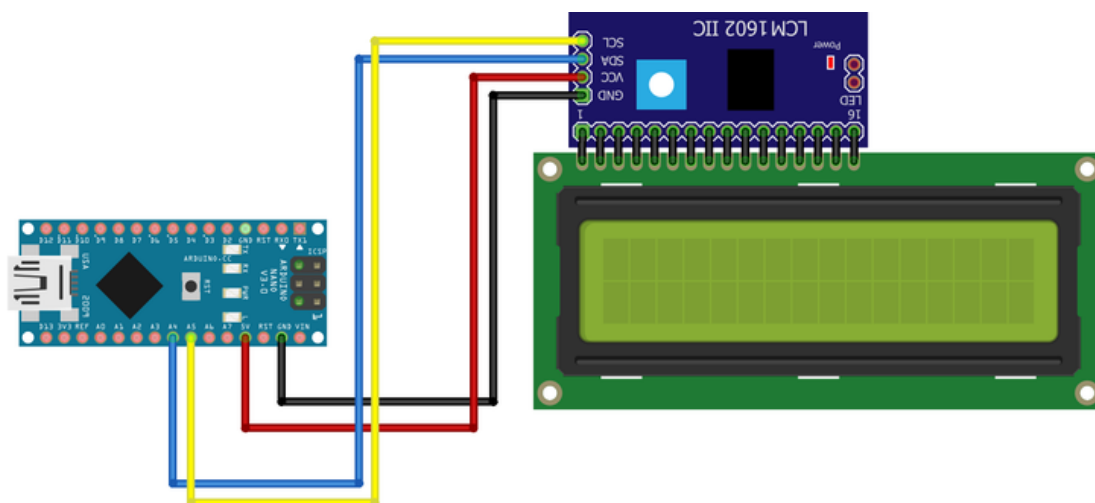
E.1.4 LCD-skjerm

LCD-skjermer har et parallelt grensesnitt, noe som betyr at mikrokontrolleren (Arduino) kan manipulere flere grensesnittpinner på en gang for å kontrollere displayet. Grensesnittet består av følgende pinner:

En registervalg-pinne (RS) som styrer hvor i LCD-minnet dataen skrives til. Her kan det velges mellom dataregisteret som styrer skjermen, eller instruksjonsregisteret hvor LCD- kontrolleren søker etter neste instruksjon.

Utover dette er kresen utstyrt med en les/skriv-pinne (R/W) anvendes til lese- eller skrivemodus, en aktiverings-pin som gjør det mulig å skrive til registret, 8 datapinner (D0-D7), for digital inn- og utdata., en skjermklemme (Vo), strømforsyningsstifter (+ 5V og Gnd) i tillegg til LED-bakgrunnsbelysning (BKlt + og BKlt -) som anvendes til å

slå på LCD-skjermen, kontrollere skjermkontrasten og styring av bakgrunnsbelysningen.



fritzing

Vedlegg Figur 97: Kobling mellom Arduino Nano og LCD-skjerm

E.1.5 Streklapper med Wheatstone bridge og forsteker

HX711 - Denne mikrobrikken er spesielt laget for å forsterke signalene fra lastceller og overføre disse til en mikrokontroller. Lastcellene stikker inn i dette brettet, og dette brettet oversetter hva lastcellene måler til Arduino-en.

Dette forutsetter en Wheatstone-bro for å kunne måle endringer i streklappen.

Noen lastceller kan ha små variasjoner i fargekoding på ledningene, som differensierer fra figur [97] over, men dette er en typisk fargekoding for ledningene.

Om komponenten kun er utstyrt med fire ledninger, dette indikerer at det ikke anvendes noen EMI-buffer.

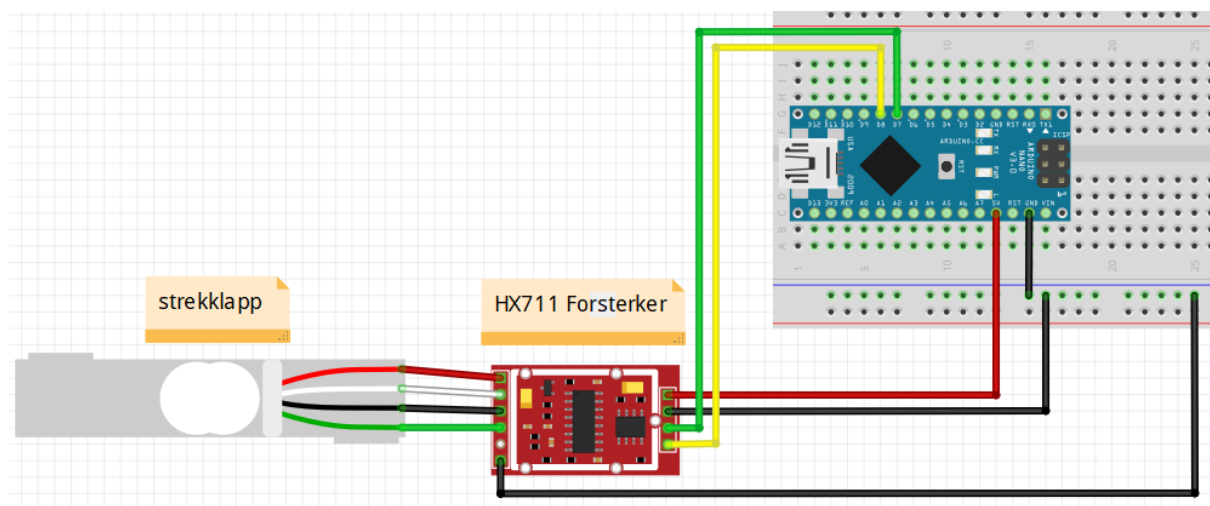
Belastningscellemålinger kan ha en feilmargen på +/- 5% på grunn av en rekke faktorer, blant annet temperatur, vibrasjon, drift og andre elektriske og mekaniske forstyrrelser. Før installasjon av skalaen, er det svært nyttig å designe systemet

digitalt for å muliggjøre enklest mulig kalibrering og justere av kodeparameterne for å ta hensyn til disse variasjonene.

Formelen anvendt her er som følger:

$$V_g = \left(\frac{R_2}{R_1 + R_1} - \frac{R_2}{R_x + R_3} \right) V_s$$

Der V_G er spenningen som forsterkes med HX711. V_S er strømmen fra Arduino-en. R_1 og R_2 er motstandere for å Balansere broen. R_3 og R_4 (R_x) er strekkklapper.



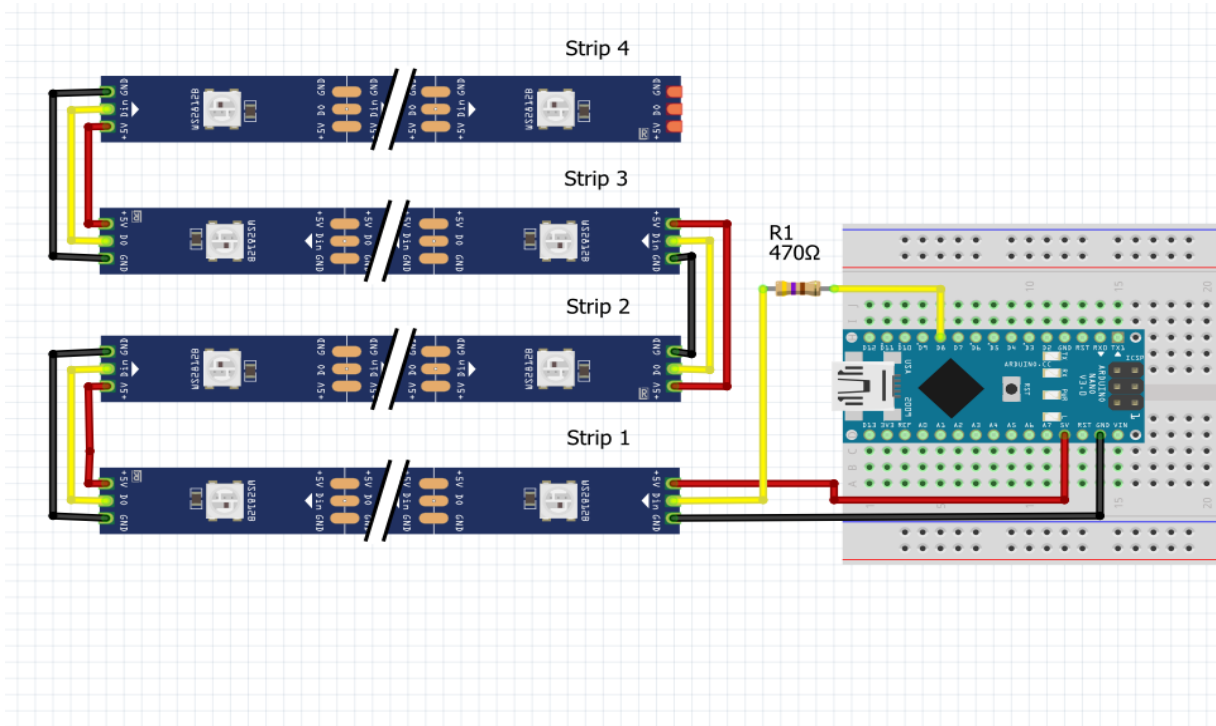
Vedlegg Figur 98: Kobling mellom Arduino Nano, forsterker og strekkklapp

E.1.6 Led strip

LED-lysene eller LED-stripsene som de også er kjent som, kan programmeres til å kontrollere fargen, lysstyrken, om de lyser eller ikke, og frekvensen de eventuelt blinker i, for hver enkelt diode. Av figur ## under kan en se at 1 til 4 strips er koblet sammen for å strekke rundt omkretsens av enheten, en i hvert «hjørne» eller side. Dette kan anvendes til å belyse klatreruter, spill, ol.

Stripsene kan også kobles i serie som kan sees i figur ## under, for å anvende kun en digital port. D8 er anvendt i figuren og spesifikasjoner for hver enkelt diode skjer ved

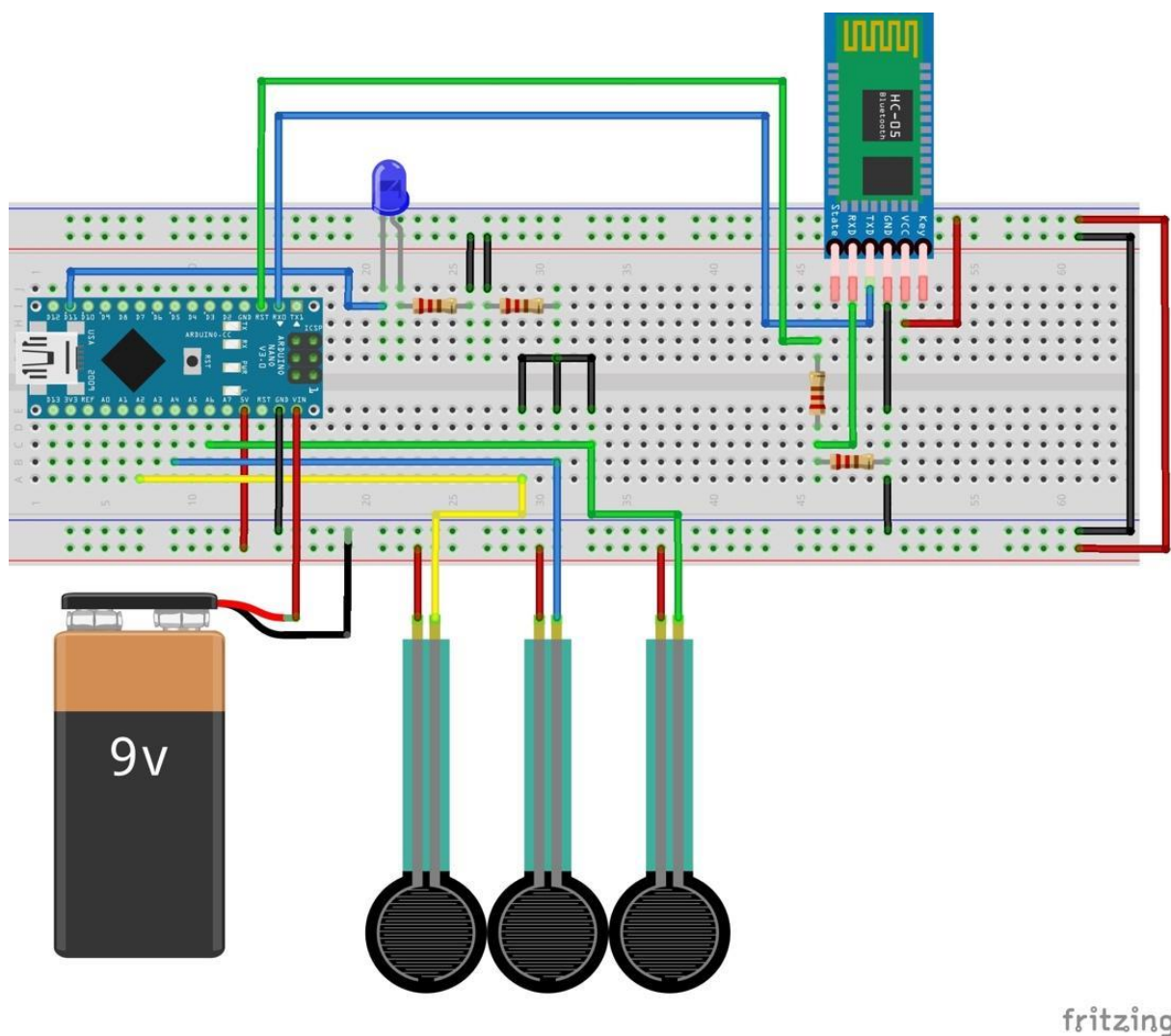
kode. I koblingen mellom LED-stripsene og koblingsbrettet er det lagt inn en 470 Ω -motstander på signalkabelen for å beskytte den digitale porten, og en 5V for strøm og en kabel til jording. Totalt 3 innganger på LED-stripsen.



Vedlegg Figur 99: Kobling mellom Arduino Nano og LED-strips

E.1.7 Prototype 1

Da det ble avgjort hva prototype 1 skulle inneholde, ble det laget koblingsbrett til komponentene i denne. Alle kretsene ble satt sammen i en krets, og et 9V-batteri ble lagt til som strømforsyning for testing.



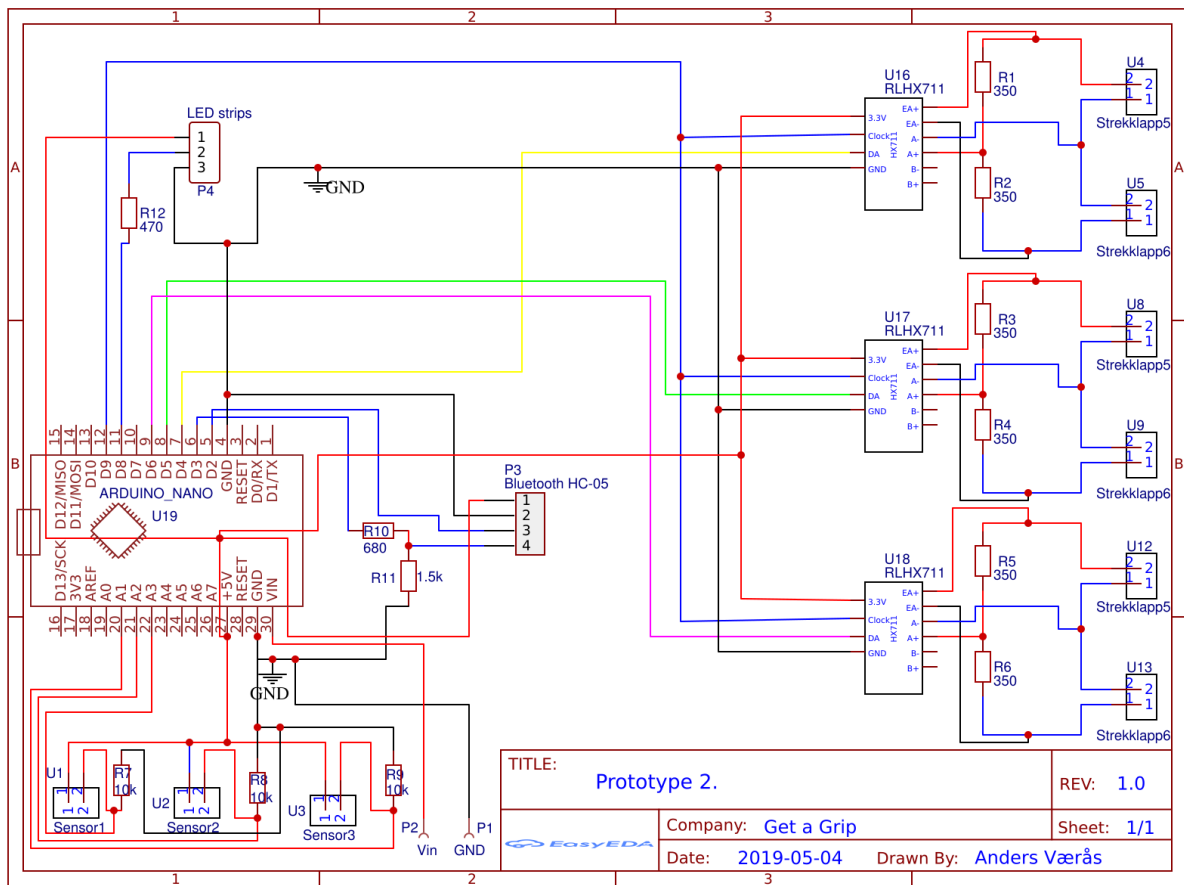
Vedlegg Figur 100: Koblingsbrett med oppsett for prototype 1

Rød	5V
Sort	Jording
Gul, blå og grønn	Signalkabler til analoge- og digitale innganger på Arduino Nano

Vedlegg Tabell 109: Fargekode og forklaring på kabling.

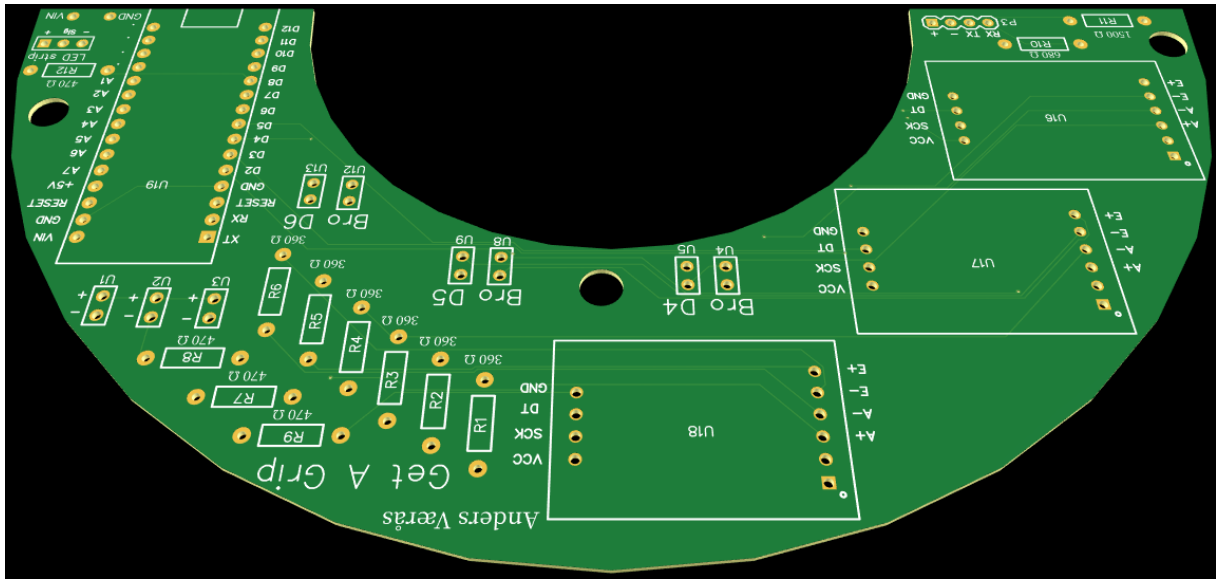
E.1.8 Prototype 2

Bilde under viser hvordan designet av kretsen til 2. prototype, denne er tegnet og koblet opp tilsvarende som 1. prototype med unntaket av at LED-strips og strekkklapper med HX711 forsterker har blitt lagt til i designet. Da designet var fullført, kunne dette tas videre til å sette sammen kretskortet (PCB).



Vedlegg Figur 101: Design av krets for prototype 2

Figur [102] under viser det endelige produktet, og hvor alle komponenter er plassert. Videre er det mer detaljert informasjon om kretskort i rapporten D.2 Trykkede Kretskort som dekker hva som er essensielt for å utvikle et godt kretskort.



Vedlegg Figur 102: Trykket kretskort for prototype 2

F.2 Kraft påført fra menneske som hopper

Det er interessant å vite hvor mye kraft et menneske påfører et klatretak. Dette er en estimering over hvor mye krefter blir maksimalt påført.

Denne utregningen bruker et menneske på 100kg som bruker 0.1s på å hoppe. Et gjennomsnittlig menneske klarer å hoppe 50 cm [95]. Derfor er totalt distanse $2 \cdot 50$ cm = 1m.

$$a = g = -9.81 \frac{m}{s^2}$$

t = tid i luften

$$F_{hopp} = m * a_{hopp}$$

$$v_i = 0.1 s * a_{hopp}$$

$$V_f = V_i + at$$

$$V_f = 0$$

$$0 = v_i + at$$

$$0 = 0.1 s * a_{hopp} - 9.81 \frac{m}{s^2} * t$$

1.

$$t = 0.1 s * a_{hopp} - 9.81 \frac{m}{s^2}$$

2.

$$t = 1m * V_i$$

Setter to formlene sammen og løser for akselerasjon:

$$\frac{0.1 s * a_{hopp}}{-9.81 \frac{m}{s^2}} = \frac{0.5m}{v_i}$$

Skifter v_i for $0.1 s * a_{hopp}$:

$$\frac{0.1 s * a_{hopp}}{-9.81 \frac{m}{s^2}} = \frac{0.5m}{0.1 s * a_{hopp}}$$

Løser for akselerasjon for a_{hopp} :

$$a_{hopp}^2 = \frac{-9.81 \frac{m}{s^2}}{0.01 s^4}$$

$$a_{hopp} = 31.3 \frac{m}{s^2}$$

$$F_{hopp} = m * a_{hopp}$$

$$F_{hopp} = 100kg * 31.3 \frac{m}{s^2}$$

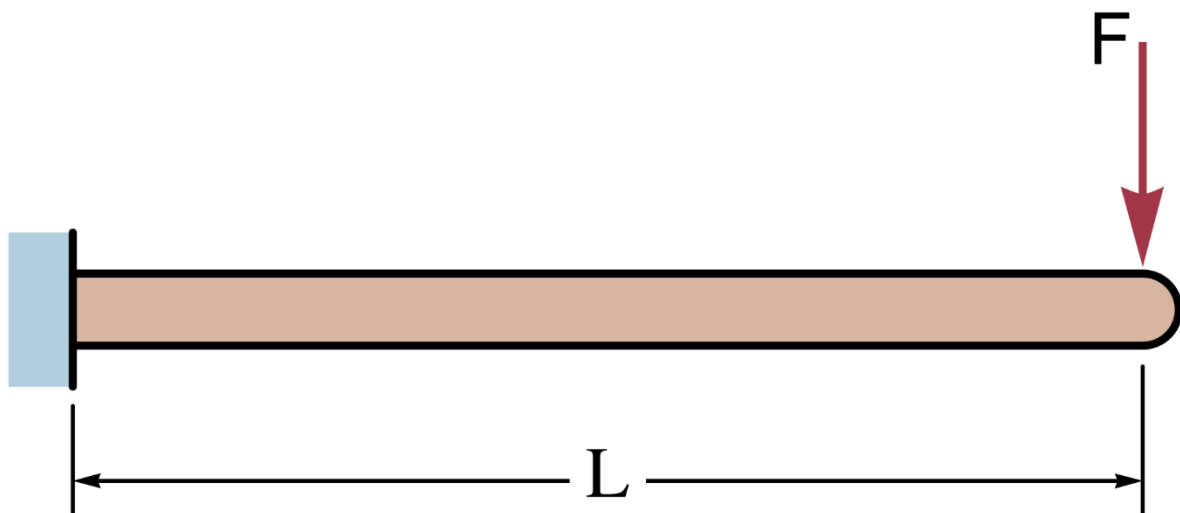
$$F_{hopp} = 3132N$$

Sikkerhetsmargin er akseptert under kriteriene «kjente materialer under stabile omstendigheter, utsatt for krefter som kan bli antatt ved å bruke riktig test av konsept» [96].

Sikkerhetsfaktor = 1,6 = $F_{sf} / 3132 N = \underline{5000N}$

F.3 Bøyning

Det vil oppstå bøyninger i bolten og søylene av krefter i x- og y-retning. Her antas at et menneske på 100kg hopper og systemet blir utsatt for en maksimal kraft på 5000N:



Vedlegg Figur 103: Illustrasjon av kraft påført bolt

Arealtreghetsmoment for sylindere:

$$I = \pi \frac{D^4}{64}$$

Treghetsmoment for bolt:

$$I_b = \pi \frac{(10\text{mm})^4}{64}$$

$$I_b = 490.7\text{mm}^4$$

Treghetsmoment for søyler:

$$I_s = \pi \frac{(20\text{mm})^4}{64}$$

$$I_s = 23561.9\text{mm}^4$$

F = kraft som påvirker enden a

L = Lengde av arm

E = emodulus PLA = 2,000 MPa [97], 1010 steel = 205 GPa [98]

I = Arealreghetsmoment.

Elastitetsvinkel i grader:

$$\theta = \frac{FL^3}{3EI}$$

$$\theta_{bolt} = \frac{5000\text{N} * 50^3\text{mm}^3}{3 * 205000\text{Mpa} * 490,7\text{mm}^4}$$

$$\theta_{bolt} = 2.07^\circ$$

$$\theta_{sylindere} = \frac{5000\text{N} * 28^3\text{mm}^3}{3 * 3 * 2000\text{Mpa} * 23561,9\text{mm}^4}$$

$$\theta_{sylindere} = 0.27^\circ$$

Samlet verdi i grader:

$$F = \frac{\theta * 3EI}{L^3}$$

$$5000\text{N} = \theta * \left(\frac{3 * 205000\text{Mpa} * 490,7\text{mm}^4}{50^3\text{mm}^3} + \frac{3 * 3 * 2000\text{Mpa} * 23561,9\text{mm}^4}{28^3\text{mm}^3} \right)$$

$$5000\text{N} = \theta * 19561.5$$



$$\theta = 0.25^\circ$$

Samlet elastisitettsvinkel = 0.25°

F.4 Tilstrammingskraft fra Bolt

Hensikten med dette dokumentet er å forklare utregningen av krefter som blir påført på systemet av tilstrammingen. Tabell [111] under beskriver boltene som er brukt for å feste klatretakene til veggen. Standard 8.8 M10x1.5 laget av 1010 stål. Det er et krav [99] at boltene skal strammes til 30Nm, og dette bekreftes fra tabeller fra produsenter [94].

RESULTS			
Parameter	Value		
Designation	M10x1.5	---	
Property Class	8.8		
Screw Thread Series	Coarse		
Nominal Stress Area [A_s_{nom}]	58	mm ²	
Minimum Tensile Strength [$R_{m_{min}}$]	800	MPa	
Minimum Ultimate Tensile Load	46400	N	
Minimum Stress at 0,2 % non-proportional elongation [$R_{p0.2_{min}}$]	640	MPa	
Stress Under Proof Load [S_p]	580		
Proof Load	33700	N	
Minimum Breaking Torque [$M_{B_{min}}$]	66	N.m	
Vickers Hardness , $F \geq 98$ N	Min.	250	HV
	Max.	320	
Minimum Brinell Hardness , $F = 30 D^2$	Min.	245	HBW
	Max.	316	

Vedlegg Tabell 110: Spesifikasjoner for bolt

Utregning:

F = aksial kraft	Ukjent
T = Torque	30Nm
D = Nominell bolt diameter	10mm
c = friksjonskoeffisieng	0.78 tørt

Vedlegg Tabell 111: Bokstavforklaring

$$F = \frac{F_T}{c * D}$$

$$F = \frac{30N.m}{0.78 * 0.01m} = 3850 N$$

F.5 Knekking

Mening med dette dokumentet er å presentere et fenomen som er brukt i konstruksjonsteknikk «knekking», dets konsekvenser og om det er en faktor å ta hensyn til under utviklingsprosessen.

Knekking karakteriseres som en plutselig sidelengs svikt. Det forårsakes av et element blir utsatt for høyt trykk, blir ustabil og bøyes ut fra utgangsstillingen. Hvis dette er tilfellet, vil elementet være uforutsigbart og øke fare for kollaps.

I prototypens tilfelle har vi tre søyler som er utsatt for knekking.

Utrekning:

F = Maksimal påført last i normalretning med søylen.

E = flytegrense for PLA = 2000 MPawr

I = Tregghetsmoment for søyle = $23561.9mm^4$

L = lengde av element uten støtte. = 28mm

K = Effektiv lengde faktor = $\sqrt{\frac{2}{2}}$

Utrekning for tregghetsmoment for søyler:

$$I = \pi \frac{D^4}{64}$$

$$I = \pi \frac{(20mm)^4}{64}$$

$$I = 23561.9mm^4$$

Utrekning for maksimal belastning før knekking:

$$F = \frac{\pi^2 EI}{(KL)^2}$$

$$F = \frac{\pi^2 2000 \text{ MPa} * 23561.9 \text{ mm}^4}{(\sqrt{2} * 28 \text{ mm})^2}$$

$$F = \frac{\pi^2 2000 \text{ MPa} * 23561.9 \text{ mm}^4}{(\sqrt{2} * 28 \text{ mm})^2}$$

$$F = 118.6 \text{ kN}$$

Maks tillat påført belastning per søyle er 1

Maksimalt tillat last per søyle for å unngå knekking er 118.6 kN.

Utrekning for sikkerhetsfaktor (FoS):

Påført belastning fra bolt per søyle 1285 N.

Knekkning inntreffer med en last per søyle på 118.6 kN

$$FoS = \frac{\text{knekningslast}}{\text{faktisk last per søyle}}$$

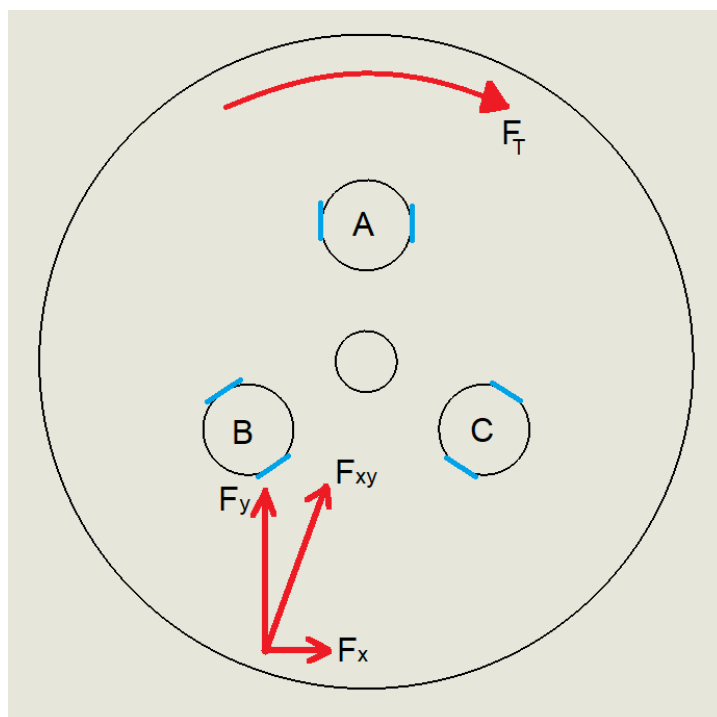
$$FoS = \frac{1186000 \text{ N}}{1285 \text{ N}} = 922$$

Med en FoS på 922 er faren for knekking ikke en aktuell faktor å ta hensyn til.

F.6 Strekking

Fra rapport Vedlegg F.6 Strekking er det vist at det vil oppstå spenningsforskjell mellom to punkter. Det er ønskelig at dette er målbart og kan brukes for utregning av mengde last i x- og y-retning, samt rotasjonsmoment (F_T) og retningen lasten kommer fra.

Bildet under viser hvordan to laster (F_T og F_{xy}) påvirker de tre søylene. Målbare tøyingspunkter (streker i blå) er plassert vinkelrett mot sentrum. Det betyr at det er 120 grader mellom normalretningen til punktene. Forholdet mellom punktene på hver av søylene er kalt W_A , W_B og W_C . Vinkel som er brukt er 0 grader igjennom søyle A, og stiger i høyre retning.



Vedlegg Figur 104: Kraftpåvirkning på søyler og ytre casing

Forklaring bak konseptet og utregninger.

Laster vil bli fordelt likt på de tre søylene, men ved å plassere målingsinstrumenter for punkter slikt beskrevet tidligere, vil vi få noen forholdet som er veldig elegante. Først skal måling av dreiemoment forklares. Formelen som er utviklet er summen av forholdet W mellom spenningspunktene.

$$F_T = W_A + W_B + W_C$$

$$\theta_A = 0^\circ$$

$$\theta_B = 120^\circ$$

$$\theta_C = -120^\circ$$

Forholdet W mellom spenninger i punktene på søylene er forklart ved formlene:

$$W_A = \sin(\theta_A + \theta_{F_{xy}}) * \frac{F_{xy}}{3} + \frac{F_T}{3}$$

$$W_B = \sin(\theta_B + \theta_{F_{xy}}) * \frac{F_{xy}}{3} + \frac{F_T}{3}$$

$$W_C = \sin(\theta_C + \theta_{F_{xy}}) * \frac{F_{xy}}{3} + \frac{F_T}{3}$$

Nevnte formler for W_A , W_B og W_C er ført inn i Windows Excel for en mer visuell beskrivelse.

På bildet under er $F_T = 1$ og $F_{xy} = 0$. Legg merk til at sum av W_A , W_B og W_C lik 1, som er F_T .

Søyle A	Søyle B	Søyle C	Vinkel	Sum
W_a	W_b	W_c	grader	
0.333	0.333	0.333	0	1.000

Vedlegg Tabell 112: Forhold mellom spenninger i punkter i søylene

Videre skal bildet under vise hva som skjer om søylene ikke er belastet med et dreiemoment, men belastet med en last $F_{xy} = 1$ fra forskjellige vinkler. Legg merke til for en belastning i retning fra senter og rett igjennom søyle A, altså 0 grader, så er $W_A = 0$. Dette er logisk ettersom punktene på søyle A blir bøyd i samme retning, og derfor vil det ikke bli noen spenningsforskjell. W_B og W_C er av lik magnitudo, men i motsatt retning. Sum av W_A, W_B og $W_C = 0$ som er dreiemoment.

Søyle A	Søyle B	Søyle C	Vinkel	Sum
W _a	W _b	W _c	grader	
0.000	0.289	-0.289	0	0.000
0.029	0.273	-0.302	5	0.000
0.058	0.255	-0.313	10	0.000
0.086	0.236	-0.322	15	0.000
0.114	0.214	-0.328	20	0.000
0.141	0.191	-0.332	25	0.000
0.167	0.167	-0.333	30	0.000
0.191	0.141	-0.332	35	0.000
0.214	0.114	-0.328	40	0.000
0.236	0.086	-0.322	45	0.000
0.255	0.058	-0.313	50	0.000
0.273	0.029	-0.302	55	0.000
0.289	0.000	-0.289	60	0.000
0.302	-0.029	-0.273	65	0.000
0.313	-0.058	-0.255	70	0.000
0.322	-0.086	-0.236	75	0.000
0.328	-0.114	-0.214	80	0.000
0.332	-0.141	-0.191	85	0.000
0.333	-0.167	-0.167	90	0.000

Vedlegg Tabell 113: Kraftpåføring uten dreiemoment

I bildet under er $F_{xy} = 1$ samt $F_T = 1$. Her observeres at $\sum(W_A + W_B + W_C)$ fortsatt er 1 over alle vinkler. Dette er all informasjon nødvendig for å regne ut F_{xy} .

Søyle A	Søyle B	Søyle C	Vinkel	Sum
Wa	Wb	Wc	grader	
0.333	0.622	0.045	0	1.000
0.362	0.606	0.031	5	1.000
0.391	0.589	0.020	10	1.000
0.420	0.569	0.011	15	1.000
0.447	0.548	0.005	20	1.000
0.474	0.525	0.001	25	1.000
0.500	0.500	0.000	30	1.000
0.525	0.474	0.001	35	1.000
0.548	0.447	0.005	40	1.000
0.569	0.420	0.011	45	1.000
0.589	0.391	0.020	50	1.000
0.606	0.362	0.031	55	1.000
0.622	0.333	0.045	60	1.000
0.635	0.304	0.060	65	1.000
0.647	0.275	0.078	70	1.000
0.655	0.247	0.098	75	1.000
0.662	0.219	0.119	80	1.000
0.665	0.192	0.142	85	1.000
0.667	0.167	0.167	90	1.000

Vedlegg Tabell 114: Kraftpåføring uten dreiemoment 2

Utregning for å finne F_{xy} :

$$L|W| = \min\{|W_A|, |W_B|, |W_C|\}$$

Laveste verdi $|W_A|, |W_B|, |W_C|$

$$H|W| = \max\{|W_A|, |W_B|, |W_C|\}$$

Høyeste verdi $|W_A|, |W_B|, |W_C|$

$$D|W| = H|W| - L|W|$$

Differanse mellom høyeste og laveste verdi

$$|W_A|, |W_B|, |W_C|$$

Introduserer forhold «M»:

$$\Sigma (|W_A| + |W_B| + |W_C - F_T = M$$

Introduserer forhold «R»:

$$\frac{2 * (H|W| - L|W|)}{M} = R$$

$$3 * \frac{\sin R}{D|W|} = F_{xy}$$

Kan nå finne $\theta_{F_{xy}}$ ved å sette inn F_{xy} og F_T i

$$W_A = \sin(\theta_{F_{xy}}) * \frac{F_{xy}}{3} + \frac{F_T}{3}$$

$$\theta_{F_{xy}} = \sin^{-1}\left(\frac{W_A}{-F_T * F_{xy}}\right)$$

Vedlegg – G: Timelister

Dette vedlegget er en oversikt over tiden brukt per gruppemedlem per måned.

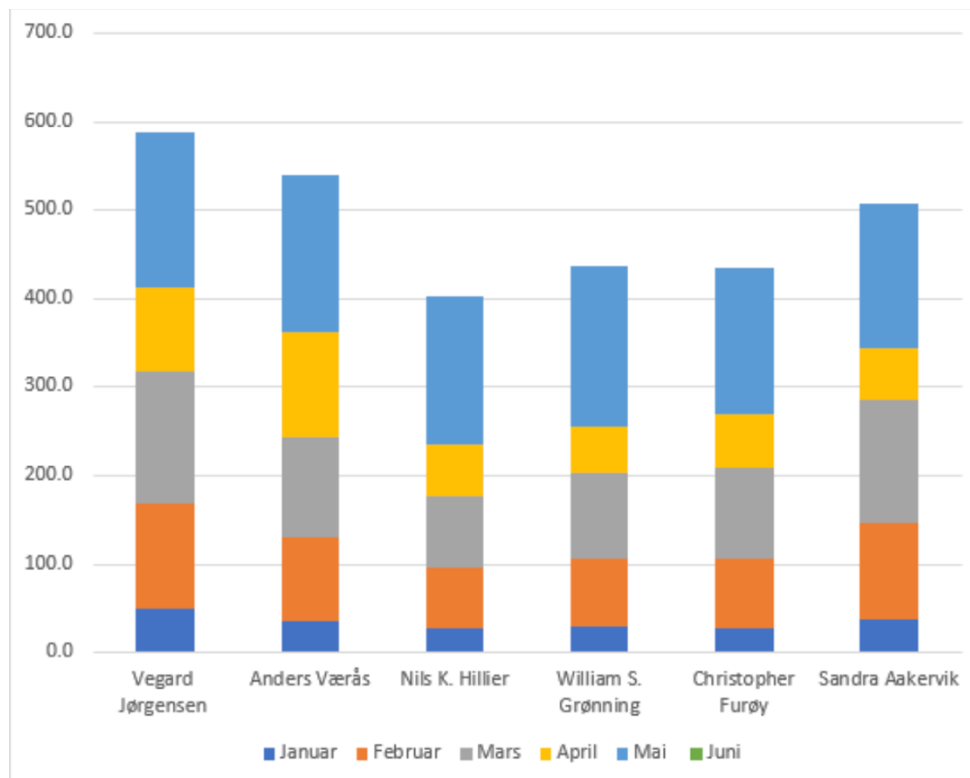
G.1 Timelister

Navn	Januar	Februar	Mars	April	Mai	Juni	Total
Vegard Jørgensen	49.5	119.0	149.0	95.0	175.0	0.0	587.5
Anders Værås	35.5	95.0	112.0	119.0	178.0	0.0	539.5
Nils K. Hillier	27.5	68.0	81.0	59.0	168.0	0.0	403.5
William S. Grønning	28.5	77.0	97.0	52.0	182.0	0.0	436.5
Christopher Furøy	26.5	80.0	103.0	60.0	166.0	0.0	435.5
Sandra Aakervik	38.5	108.5	138.5	59.0	162.5	0.0	507.0
Sum:	206.0	547.5	680.5	444.0	1031.5	0.0	2909.5

Vedlegg Tabell 115: Timeliste per person per måned

Navn	Total
Vegard Jørgensen	587.5
Anders Værås	539.5
Nils K. Hillier	403.5
William S. Grønning	436.5
Christopher Furøy	435.5
Sandra Aakervik	507.0
Sum:	2909.5

Vedlegg Tabell 116: Totalt timeantall for prosjektet



Vedlegg Figur 105: Søylediagram - timeantall