

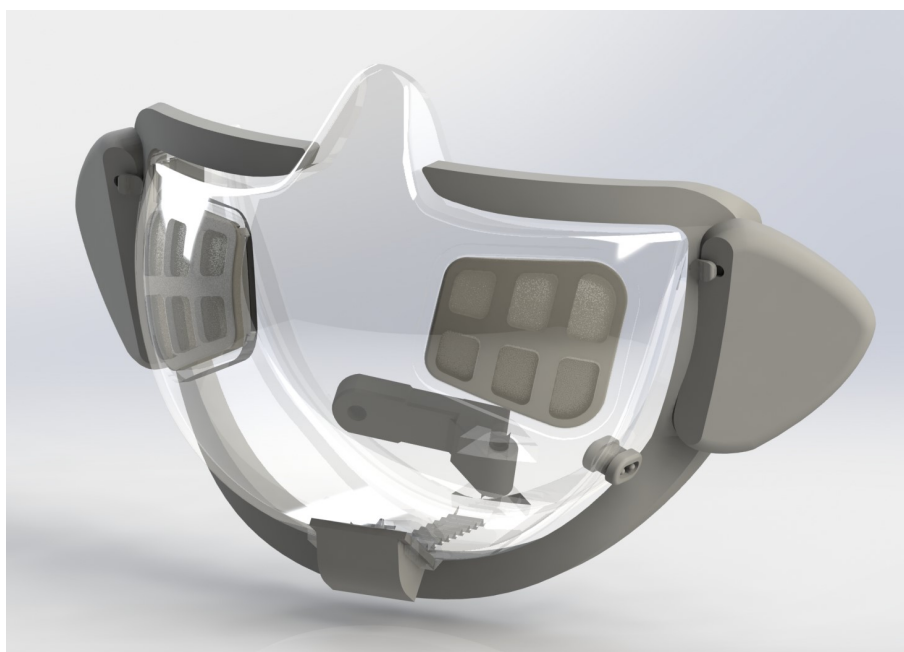
Ulf Mjelde
Sigrid Klingøy
Linn Cathrin Josephson

Konseptutvikling av virusfiltrerende halvmaske til helikopterpiloter

Bacheloroppgave i Maskiningeniør

Veileder: Sotirios Grammatikos

Mai 2021



Ulf Mjelde
Sigrid Klingøy
Linn Cathrin Josephson

Konseptutvikling av virusfiltrerende halvmaske til helikopterpiloter

Bacheloroppgave i Maskiningeniør
Veileder: Sotirios Grammatikos
Mai 2021

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

Oppgavens tittel: Konseptutvikling av virusfiltrerende halvmaske til helikopterpiloter	Dato: 20.05.2021		
	Antall sider: 78		
	Masteroppgave:	Bacheloroppgave	x
Navn: Linn Cathrin Josephson, Sigrid Klingøy, Ulf Mjelde			
Veileder: Sotirios Grammatikos			
Eventuelle eksterne faglige kontakter/ veiledere: dr. Max Temmesfeld			

Sammendrag:

Som følge av covid-19-pandemien som kom til Norge tidlig i år 2020, har flere virksomheter måttet gå til innkjøp av smitteversutstyr. Norsk Luftambulans AS er en del av den pre-hospitale helsesektoren, og er av dem som måtte styrke sitt smittevern for å kunne utføre jobben sin på en trygg måte. Denne bachelorrapporten tar for seg et konseptforslag for å løse problemstillingen «*Hva er det optimale designet for virusbeskyttende halvmaske til Norsk Luftambulans sine helikopterhjelmer?*». Og har som mål å utvikle et konsept for et trygt, miljøvennlig og brukervennlig åndedrettsvern. Prosjektgruppen bruker kompetansen opparbeidet gjennom hele maskiningeniørstudiet, for å gjøre avveielser på hvordan konseptet kan utvikles. Med mangel på helsefaglig kompetanse til å begynne med, samler prosjektgruppen informasjon om virus og smittevern fra medisinske kilder og fagpersoner. Med bruk av designverktøy, formveileder og digital modellering, blir selve utformingsforslag vurdert mot de krav og ønsker som er satt av både oppdragsgiver og gjeldende standarder for åndedrettsvern. Løsningen er en modulbasert halvmaske til flerbruk, med filtreringsarealer, en utåndingsventil, justering til ansiktet og integrert mikrofonløsning. Halvmasken består av tilstrekkelige bærekraftige materialer, som er ment å holde i flere år før deponering eller resirkulering.

Stikkord:

Halvmaske
Virusfiltrerende
Helikopterpilothjelmer

(sign.)

Forord

Dette prosjektet har vært både givende og utfordrende, men aller mest lærerik. Vi har måttet bruke mye av det vi har lært i løpet av vårt studieløp, sammen med mye ny informasjon om helsefag. Det har vært spennende å kunne gå løs på en så samfunnsnyttig og relevant oppgave, med en motivasjon om å kunne gjøre livet i en pandemi enklere. Vi har hatt god hjelp og veiledning av vår veileder Sotirios Grammatikos, og dr. Max Temmesfeld, som begge har vist stor nysgjerrighet og støtte til prosjektet vårt. Derfor vil vi gjerne gi en takk til disse fagpersonene som har gitt oss sin støtte, samt muligheten vi fikk av Norsk Luftambulans AS til å jobbe med et så spennende prosjekt.

Abstract

As a consequence of the Covid-19 pandemic that came to Norway in early 2020, multiple businesses have had to acquire equipment for infection control. Norsk Luftambulanse AS, the Norwegian air ambulance, is a part of the pre-hospital emergency care sector, and are among those who had to strengthen their infection control to be able to perform their jobs safely. This bachelor thesis addresses a concept proposal to solve the problem statement «*What is the optimal design of a virus protective half mask for Norsk Luftambulanse's helicopter helmets?*». And aims to develop a concept for a safe, environmentally- and user-friendly respiratory protection. The project group uses knowledge acquired throughout the mechanical engineering course, to make considerations on how the concept can be developed. Due to the lack of medical knowledge to begin with, the project group gathers information about viruses and infection control from medical sources and professionals. By using design tools, design guide and digital modelling, the concept design itself is assessed against wishes and demands put forth by both the client and current standards involving respiratory protections. The solution is a module based half mask meant for continued use, with filter areas, an exhalation valve, adjustments against the users face and an integrated microphone solution. The half mask consists of sufficiently sustainable materials, that is meant to hold for multiple years before deposition or recycling.

Innholdsfortegnelse

1	Innledning.....	1
1.1	Bakgrunn for oppgaven	1
1.2	Tema	1
1.2.1	Smittevern	1
1.2.2	Industriell design.....	2
1.3	Norsk Luftambulans AS	2
1.4	Problemstilling.....	2
1.4.1	Betingelser.....	3
1.4.2	Effekt- og resultatmål.....	3
2	Teori	4
2.1	Koronavirus	4
2.2	Alpha Eagle Rotary Wing Helmet System.....	5
2.2.1	Egenskaper og spesifikasjoner	5
2.2.2	Gentex Corporation	6
2.3	Åndedrettsvern.....	6
2.3.1	Filter	7
2.3.2	Utåndingsventiler	8
2.3.3	Tilpassing av halvmasker	8
2.4	Rengjøring, desinfeksjon og sterilisering	9
2.4.1	Rengjøring.....	9
2.4.2	Desinfeksjon.....	9
2.4.3	Sterilisering	11
2.4.4	Desinfisering av halvmasker og helmasker.....	11
2.5	Standarder.....	12
2.5.1	Åndedrettsvern – Filtrerende halvmasker til beskyttelse mot partikler	13

2.5.2	Åndedrettsvern – Halvmasker og kvartmasker	14
2.5.3	Åndedrettsvern – Partikkelfiltre	14
2.5.4	Åndedrettsvern – Halvmasker uten innåndingsventiler med separable filtre	15
2.5.5	Åndedrettsvern – Krafttilført filtrerende utstyr	15
2.6	Materialer.....	16
2.6.1	Konstruksjonsmaterialer.....	16
2.6.2	Antivirale overflater og overflatebehandlinger	18
2.6.3	Naturlige antivirale løsninger	18
2.6.4	Kunstige antivirale løsninger	19
2.6.5	Biomimetiske antivirale løsninger	20
2.7	Tilvirkningsmetoder for plastmaterialer	20
2.7.1	Støping	21
2.7.2	3D-printing	22
2.7.3	Sammenføyning	22
2.8	Operasjonsledelse	22
2.8.1	Prosesstrategi.....	23
2.8.2	Kvalitet	24
2.8.3	Verdikjede	24
2.9	Livsløpsanalyse	25
2.10	Antropometri.....	25
2.10.1	Antropometriske data for ansiktsformer	26
2.10.2	Ergonomi på arbeidsplassen.....	26
2.11	Etikk og universell utforming	27
2.11.1	Universell utforming	27
2.11.2	Lov om likestilling og forbud mot diskriminering.....	28
2.11.3	Symbolbruk	28
2.12	Bedriftsøkonomi	29

3	Metode.....	30
3.1	Designutvikling	30
3.1.1	Frihåndstegning.....	30
3.1.2	Idéflom	30
3.1.3	Formveileder	30
3.1.4	SWOT-analyse	31
3.2	Modellering	31
3.2.1	Solidworks.....	31
3.2.2	Additiv tilvirkning.....	31
3.3	Informasjonsinnsamling	32
3.3.1	Intervju	32
3.3.2	Møter	32
3.3.3	Litteratursøk	33
3.3.4	Fysisk utprøving.....	33
3.4	Antropometrisk undersøkelse	34
4	Resultat og analyse.....	35
4.1	Konseptforslag.....	35
4.2	Oppbygning	37
4.2.1	Justering	39
4.2.2	Ventil og filter	39
4.2.3	Gjennomsiktighet	40
4.2.4	Mikrofonløsning.....	40
4.2.5	Festeanordning	41
4.2.6	Rengjøring.....	41
4.3	Styrkeberegning.....	43
4.4	Materialer og produksjonsmetode	44
4.4.1	Materialvalg	44

4.4.2	Produksjonsmetoder	45
4.5	Økonomisk oversikt og produksjonslogistikk	46
4.5.1	Økonomisk oversikt	47
4.5.2	Produksjonslogistikk	49
4.6	Miljøhensyn	50
4.7	SWOT-analyse.....	51
4.8	Antropometriske data	52
4.9	Resultat av fysisk utprøving	53
4.10	Standardenes krav	55
5	Drøfting og konklusjon	56
5.1	Drøfting av resultatene	56
5.1.1	Konseptet i sin helhet	56
5.1.2	Ventilering.....	57
5.1.3	Rengjøring.....	57
5.1.4	Mikrofonløsningen	57
5.1.5	Antivirale materialer	58
5.1.6	Etiske utfordringer.....	58
5.1.7	Teoretisk fungerende maske.....	59
5.2	Konklusjon.....	60
	Litteraturliste	61
	Opphavsrettsnotis Standard Online	67
	Vedleggsliste	68

Figurliste

Figur 1: Hjelmen som Norsk Luftambulans AS bruker. Foto: LCJ 2021	5
Figur 2: Hjelmens dimensjoner. LCJ 2021	5
Figur 3: 3D-modell av konsept. UM 2021	35
Figur 5: Konseptforslag fra Formveileder. LCJ 2021	36
Figur 4: Maske på byste. UM 2021	36
Figur 6: Exploded view. UM 2021	37
Figur 7: Ramme og dens komponenter. UM 2021	38
Figur 8: Maskekropp og dens komponenter. UM 2021	38
Figur 9: Låsemekanisme, lukket. UM 2021	39
Figur 10: Låsemekainsme, åpen. UM 2021	39
Figur 11: Maske sett forfra. UM 2021	40
Figur 12: Maske sett bakfra. UM 2021	41
Figur 13: Autoklaver. LCJ 2021	42
Figur 14: Resultat av simulering, utåndingsventil (spenning). UM 2021	43
Figur 15: Resultat av simulering, utåndingsventil (forskyvning). UM 2021	43
Figur 16: Resultat av simulering, ramme (spenning). UM 2021	44
Figur 17: Resultat av simulering, ramme (forskyvning). UM 2021	44
Figur 18: Produksjonslogistikk. LCJ 2021	49
Figur 19: Produksjonslogistikk LCJ 2021	50
Figur 20: Antropometriske data. LCJ 2021	52
Figur 21: Fysisk utprøving. Foto: privat, 2021	54
Figur 22: Fysisk utprøving, 3M helmaske. Foto: privat 2021	54
Figur 23: Fysisk utprøving, 3M helmaske. Foto: privat 2021	54
Figur 24: Fysisk utprøving, 3M helmaske. Foto: privat 2021	54

Tabelliste

Tabell 1: Materialer og produksjonsmetode.....	44
Tabell 2: Økonomisk oversikt.....	48
Tabell 3: SWOT-analyse.....	51
Tabell 4: Resultater av antropometrisk undersøkelse oppgitt i cm.....	53

Begrepsliste

Aerosoler	Ørsmå og finforstøvede partikler av enten fast stoff eller væske i en gass. Varierer fra mindre enn 10 nanometer til over 100 mikrometer i diameter (Lingaas, u.å.). Dannes ved f.eks. hosting, nysing, snakking, oppkast og ved søl eller sprut av flytende materiale. Partiklene/dråpene er så små at de har en relativ lang levetid i atmosfæren, og kan holde seg svevende i lufta i lang tid.
Covid-19	En sykdom som kommer av viruset SARS-CoV-2, Severe Acute Respiratory Syndrome Coronavirus 2, som ble identifisert i januar 2020. Selve utbruddet av viruset startet i Wuhan i Hubei-provinsen i Kina i desember 2019, derav navnet covid-19 (Folkehelseinstituttet, 2021a; u.å.).
DNA	Arvestoff som bestemmer utsende og funksjon for en organisme (Martinsen, 2020a).
Effekt mål	Et langsiktig mål for prosjektet, som gjerne har en ønsket effekt på samfunn eller miljø (Køster, 2017).
Enzym	Stoffer, hovedsakelig proteiner, som katalyserer/fremmer de kjemiske prosessene i levende organismer, uten å selv forbrukes (Vaaje-Kolstad, 2020).
FFP	Står for «Filtering Facepiece Particulate» eller på norsk «partikkelfiltrerende ansiktsmaske». Deles inn i klasse 1, 2 og 3. Med en «S», som står for «solid», bakom klassenummer betyr det at masken beskytter mot faste og vannbaserte partikler, som er dråpekjerner og aerosoler (Borchgrevink-Lund, 2021).
Frie radikaler	Atomere som er igjen etter at en binding i et molekyl er brutt. Frie radikaler inneholder et eller flere frie elektroner og er derfor svært reaktive, og har meget kort levetid (Pedersen, 2020).
Overflateplasmonresonans	Resonans av elektroner i strømledende nanopartikler som er mindre enn bølgelengden i det synlige lyset som treffer nanopartiklene (Li og Zhang, 2017)
Patogen	Noe som er sykdomsfremkallende (Hem, 2020).
Reliabilitet	I hvilken grad en studie kan etterprøves (Dalen, u.å.).
Resultatmål	Det målet prosjektet har om omfang i prosjekteringstiden, dette er gjerne målbart (Køster, 2017).
RNA	Molekyler i en celle med viktige oppgaver i produksjonen av proteiner og regulering av hvilke gener som slås av og på. Ligner på DNA og finnes i alle celler i alle organismer (Martinsen, 2020b).
Validitet	I hvilken grad resultatene fra en studie er gyldige (Dalen, u.å.).

1 Innledning

1.1 Bakgrunn for oppgaven

Som følge av den globale pandemien av covid-19 som startet sent i år 2019, og som kom til Norge tidlig i år 2020 (Folkehelseinstituttet, 2020), kom behovet for ytterligere virusbeskyttende utstyr til både privatpersoner og i helsesektoren. Norsk Luftambulans AS er en del av den pre-hospitale helsesektoren, som per i dag ennå ikke har optimalt smittevernsutstyr til sitt personell i helikoptrene. Ved prosjektoppgavens oppstart, fantes det ikke fornuftige nok smittevernløsninger for virksomheten. Deres utfordringer lå spesielt rundt åndedrettsvern, som ikke var tilpasset hjelmene personellet bruker i helikoptrene. De løsningene som har vært brukt det siste året har vært vanlige engangsmunnbind, buff og helmasker. Disse har enten bydd på problemer med mikrofonens funksjonalitet, kombinasjon med annet utstyr, brukerens komfort eller de generelle virusbeskyttende egenskapene. Virksomheten har også vært i kontakt med et tilsvarende svensk firma, som har tatt i bruk forsvarets utstyr. Disse ser ut som gassmasker, og uttrykker krigsstemning. Noe som Norsk Luftambulans AS mener at ikke passer inn i helsesektoren. Virksomheten ønsker dermed en halvmaske som er tilpasset hjelmene, slik at brukeren er beskyttet samtidig som den kan utføre jobben sin uten plager.

1.2 Tema

1.2.1 Smittevern

For å få nok kunnskap om hvilke krav og retningslinjer som må følges for å utvikle åndedrettsvern, er det nødvendig å innhente informasjon fra ulike dokumenter, fagfolk, analyser og standarder. Mye informasjon om åndedrettsvern er allerede standardisert, men i forhold til covid-19, kan mye informasjon fortsatt være under utvikling. Det varierer fra land til land, dermed er mye av informasjonen rundt covid-19 og smittevern hentet fra norske artikler. På den måten blir konseptforslaget i tråd med gjeldende smittevern for Norge.

1.2.2 Industriell design

Prosjektgruppen består utelukkende av maskiningeniørstudenter, med en samlet kompetanse innen design, modellering, materialteknologi, produksjonsmetoder, enkle styrkeberegninger og generelle ingeniørfaglige fag som matematikk, produksjonsøkonomi og prosjektering.

1.3 Norsk Luftambulanse AS

Bacheloroppgaven er gitt av Norsk Luftambulanse AS, som er datterselskapet til Stiftelsen Norsk Luftambulanse. Stiftelsen har vært organisert og finansiert av staten gjennom selskapet Helseforetakenes nasjonale luftambulansetjeneste, «HF», som har vært eid av de fire regionale helseforetakene siden 1988. Det er Norsk Luftambulanse AS som er operatør for alle de 12 legehelikopterbasene i Norge. I tillegg opererer de også i Danmark, der de har hatt et ansvar for å operere på fire helikopterbaser siden 1. juni 2018 (Stiftelsen Norsk Luftambulanse, u.å.; Norsk Luftambulanse AS, u.å.).

1.4 Problemstilling

Fra tilhørende forprosjekt er problemstillingen definert som:

«Hva er det optimale designet for ergonomisk virusbeskyttende halvmaske til Norsk Luftambulanse sine helikopterhelmer?»

Underveis i prosjektet ble problemstillingen litt endret, som følge av de prioriteringene som ble gjort. I starten av prosjektet hadde prosjektgruppen liten kompetanse innen helsefag og brukte mye tid på å opparbeide kunnskap om dette. Videre ble det så prioritert å utvikle et konsept som både stilte til smittevern, og de material- og produksjonstekniske kravene. Dermed ble fokus på ergonomi og komfort, nedprioritert i løsningen. Ny problemstilling er følgende:

«Hva er det optimale designet for virusbeskyttende halvmaske til Norsk Luftambulanse sine helikopterhelmer?»

1.4.1 **Betingelser**

Løsningen skal innebære at masken enkelt kan festes til hjelmen «*Alpha Eagle Rotary Wing Helmet System*». Den skal beskytte brukeren mot virus som smitter både via dråper og luft. Brukeren skal kunne bruke mikrofon tilkoblet hjelmen, uten at masken forårsaker noe støy, samt at dersom brukeren har behov for briller skal ikke masken være i veien for dette. Masken skal ikke gi noen allergiske utslag hos brukeren, samt være tilpasset til å være i bruk over lengre tid uten å forårsake stort ubehag.

1.4.2 **Effekt- og resultatmål**

Effektmål: Norsk Luftambulans AS sitt personale kan utføre jobben sin beskyttet mot virus, uten å oppleve stort ubehag eller vanskeligheter i jobben.

Resultatmål: For dette prosjektet er resultatmålet å ha utviklet et konsept for en halvmaske som oppfyller betingelsene til Norsk Luftambulans AS. Dette innebærer tegninger, modeller, tilfredsstillende simuleringsresultater og plan for produksjon.

2 Teori

I dette kapitlet kommer de teoretiske grunnlagene for de antagelsene som er gjort for å komme frem til besvarelsen i resultatkapitlet.

2.1 Koronavirus

Koronavirusvarianten kjent som SARS-CoV-2, er et virus som først ble oppdaget i Wuhan i Kina, og forårsaker sykdommen covid-19. Et virus kan kun formere seg hos andre organismers celler, altså vertsceller, og er derfor ikke en selvstendig organisme. Det betyr at det avhenger av å kunne spres gjennom mennesker, dyr, planter og bakterier (Fykse, Moen og Dybwad, 2020).

Oppbyggingen til et virus består som regel av et arvestoff, som enten er RNA eller DNA, som er omgitt av et ytre lag med protein. Proteinet kan også i noen tilfeller ha et lag med lipider, altså fett. For SARS-CoV-2 er arvestoffet av typen RNA, og har et ytre lag som består av lipid og proteiner som er formet slik at det ser ut som en såkalt «korona» eller «lyskrans» (Fykse, Moen og Dybwad, 2020).

Proteinene i det ytre laget av arvestoffet er en avgjørende faktor for hva viruset kan bindes til, og om det kan smitte dyr eller mennesker. SARS-CoV-2 er et virus som smitter lett mellom mennesker og gir generelt milde symptomer hos de fleste smittede, men kan også i noen tilfeller gi alvorlige symptomer som akutt pustebesvær. Spredningen av dette viruset skjer som regel gjennom dråpesmitte, men kan også spres ved kontakt med kontaminerte overflater. Dråper fra for eksempel hosting eller nysing kan falle ned på ulike overflater. Ved berøring av disse overflatene kan en person som i etterkant tar på ansiktet, eksempelvis nært øyne, nese eller munn, bli smittet. Lipidet i det ytre laget av arvestoffet er et stoff som lett løses opp med vann og såpe, slik at en god vask med såpe og vann vil være meget effektivt mot SARS-CoV-2. For å unngå videre smitte av viruset mellom mennesker, er det dermed viktig med god håndhygiene og sosial avstand (Fykse, Moen og Dybwad, 2020).

Dette viruset kan leve lengre på visse overflater enn andre, alt fra noen timer til flere dager. Temperatur, sollys, luftfuktighet og tilstedeværelse av organiske materialer, eksempelvis jord og vann, er alle faktorer som påvirker virusets overlevelsestid. Ved varmebehandling på over

56 °C viser det seg at viruset blir mer følsomt og kan ødelegges lettere. På overflater som plast og stål kan viruset leve opptil tre dager, på papp og papir opptil to dager og i luft kan den overleve i opptil tre timer i aerosolform (Fykse, Moen og Dybwad, 2020).

2.2 Alpha Eagle Rotary Wing Helmet System

Hjelmen på Figur 1 er av merket Alpha, og kalles Alpha Eagle Rotary Wing Helmet System. Dette er den hjelmen Norsk Luftambulans AS bruker. Denne hjelmen er spesielt tilpasset og utviklet for piloter i virksomheter som politi, luftambulans og brannvesen. Hjelmen er blant annet designet og optimalisert for å fly med nattsynsbriller. I tillegg tilbyr hjelmsystemet en rekke ulike størrelser, farger, visiralternativer, kommunikasjonskomponenter og hørselsutstyr.

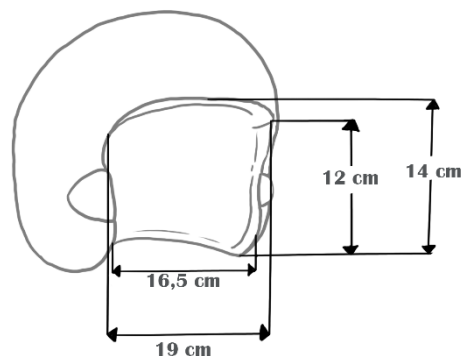


Figur 1: Hjelmen som Norsk Luftambulans AS bruker.
Foto: LCJ 2021

Det er mange ulike muligheter for å tilpasse hjelmen etter brukerens behov. Det finnes blant annet noen typer åndedrettsvern, øye- og ansiktsbeskyttelse, hørselvern og kommunikasjon som kan tilpasses hjelmen (Gentex Corporation, u.å.-c; u.å.-a).

2.2.1 Egenskaper og spesifikasjoner

Vekten til hjelmen er under et kg, og tåler temperaturer helt ned til 40 minusgrader og opp til 50 plussgrader. Hjelmen leveres i fem ulike størrelser, og kommer i en rekke farger og utforminger for å kunne optimaliseres og personaliseres mest mulig til brukeren (Gentex Corporation, u.å.-a).



Figur 2: Hjelmens dimensjoner. LCJ 2021

Det finnes en tilpasset festefunksjon som kan monteres til hjelmen. En del på hver side av hjelmens ansiktsåpning kan monteres, slik at annet tilbehør kan klikkes på og av hjelmen.

2.2.2 Gentex Corporation

Hjelmen leveres av selskapet Gentex Corporation. Denne bedriften leverer blant annet hjelmsystemer med diverse tilbehør og komponenter til å modifisere hjelmene etter kundenes ønsker. Gentex Corporation jobber dedikert for å forbedre personlig beskyttelse til hele verdens industripersonell, forsvarsstyrker og beredskapspersonell. Med en 125 års lang erfaring med produktutvikling og produksjonsinnovasjon, med fokus på kvalitet og ytelse, er Gentex Corporation sammen med globale distributører et godt etablert selskap som leverer produktene sine til mange ulike land (Gentex Corporation, u.å.-b).

2.3 Åndedrettsvern

Det er forskjell på åndedrettsvern og munnbind. Åndedrettsvern er i henhold til arbeidsmiljølovgivningen definert som personlig verneutstyr (Arbeids- og sosialdepartementet, 2018). Personlig verneutstyr, slik som åndedrettsvern, skal være CE-merket og være i samsvar med regelverket for personlig verneutstyr (Lovdata, 2018). Munnbind blir definert som medisinsk utstyr ut fra forskriften om medisinsk utstyr § 1-5 (Lovdata, 2019). Munnbindets hovedfunksjon er at det skal beskytte omgivelsene rundt mot dråpesmitte fra bruker. Munnbindet kan ha en sprutbeskyttelse på utsiden som kan gi beskyttelse mot dråpesmitte, som for eksempel kroppsvæsker som kommer fra pasient mot helsepersonell. Munnbindet beskytter derimot ikke brukeren mot luftbåren smitte, som aerosoler og partikler som svever i luften, noe som åndedrettsvern kan gjøre (Olsen *et al.*, 2020).

Det finnes mange ulike typer åndedrettsvern, og de kan være tilpasset for ulike situasjoner. Noen er tilpasset for å beskytte brukeren mot gass, og andre kan være tilpasset for å beskytte mot partikler som aerosoler og støv. Noen kan også ha en kombinert beskyttelse, som beskytter mot både gass og partikler. Hovedfunksjonen til åndedrettsvernet er at det skal beskytte brukeren mot å puste inn forurenset luft. Dette skjer ved at masken sitter tett inntil ansiktet slik at ingen lekkasjer kan oppstå mellom ansiktet og maskekroppen, slik at forurenset luft kun kan trenge inn i masken gjennom et filter. Det er dermed viktig at åndedrettsvernet er tilpasset brukeren og sitter tett inntil ansiktet for å få forventet beskyttelse. Skjegg og ansiktshår kan komme i veien for hvor tett masken kommer til brukerens ansikt. Derfor anbefales det at brukeren fjerner eventuelt ansiktshår. Det skriver CDC, Centers for

Disease Control and Prevention, som viser til noen studier som har vist bare noen få dager med skjeggvekst kan føre til mindre beskyttelse. Med liten skjeggvekst kan det føre fra cirka 20 til 1000 ganger større sannsynlighet for lekkasje, i forhold til om brukeren er glattbarbert (Univerisetspsykehuset Nord-Norge, 2021; Centers for Disease Control and Prevention, 2017).

Noen typer åndedrettsvern er laget for engangsbruk, og noen er laget for flergangsbruk. Masker som blir satt til flergangsbruk har som regel utskiftbare filtre som kan byttes ut etter bruk. Slike masker kan være utformet som en kvartmaske, halvmaske, helmaske, hjelm eller hette. Kvartmasken dekker kun nese og munn. Halvmasken dekker nese, munn og hake. Helmasken dekker munn, hake, nese og i tillegg øyne. Hjelm eller hette dekker hele hodet, og er ofte av typen krafttilført filtrerende utstyr. Noen masker er i tillegg utstyrt med inn- og utåndingsventiler. Ventilene har som funksjon å få en bedre sirkulering av luften både inn og ut av masken, som vil forhindre oppbygging av fuktighet inne i masken. Engangsmasker er som regel av typen filtrerende halvmasker, eller masker som ikke har utbyttbare filtre. Disse maskene bør kastes etter hvert bruk, da filtrene som er forurenset ikke kan byttes ut (Tønsager, 2020; Univerisetspsykehuset Nord-Norge, 2021).

2.3.1 Filter

Filtre blir delt inn i tre ulike klasser etter deres filtreringskapasitet. Filtreringskapasiteten forteller hvor mange prosent av alle partikler som er 0,3 mikrometer i diameter eller større, som blir hindret av filteret. I Europa brukes det to forskjellige standarder, som beskriver filtreringskapasiteten for filtrerende halvmasker (NS-EN 149) og partikkelfiltre (NS-EN 143). Partikkelfiltre blir delt inn i klassene P1, P2 og P3. Der P1 filtrerer minst 80 %, P2 filtrerer minst 94 % og P3 filtrerer minst 99,95 %. For filtrerende halvmasker er klassifiseringen delt til FFP1, FFP2 og FFP3. Der FFP1 filtrerer minst 80 %, FFP2 filtrerer minst 94 % og FFP3 filtrerer minst 99 % (Alexander, 2020).

Grunnen til at filtreringsstørrelsen er satt til 0,3 mikrometer er at dette er den mest gjennomtrengende partikkelstørrelsen. Det vil si at partikler på størrelse med 0,3 mikrometer er de vanskeligste partiklene å fange opp i filteret. Filtermasker og filtre vil etter sin klassifisering likevel kunne filtrere vekk en gitt prosent av partikler som er 0,3 mikrometer eller større. Størrelsen til en koronaviruspartikkel varierer fra 0,06 mikrometer til 0,14 mikrometer. Det vil si at koronaviruspartikler er mindre enn det filtermasken og filtre er satt til å filtrere vekk, men det betyr ikke at partiklene ikke blir fanget opp likevel. Partikler som

er mindre enn 0,3 mikrometer, vil bli fanget opp av filteret på grunn av noe kalt «Brownian-bevegelse». Når partikler blir mindre enn 0,3 mikrometer vil de bevege seg mellom molekyler i luften, slik som nitrogen og oksygen. Dette fører til at de går i et uberegnelig sikksakk-mønster. Dette mønsteret er det som kalles «Brownian-bevegelse». På grunn av denne bevegelsen vil de partiklene som flyr rundt, til slutt treffe fibrene i filteret og sette seg fast. Dermed vil et filter som er satt til å filtrere vekk partikler på 0,3 mikrometer eller større, fortsatt kunne filtrere vekk partikler som er mindre enn 0,3 mikrometer slik som SARS-CoV-2 (Alexander, 2020; Wei, 2019; dr. Temmesfeld, 2021).

2.3.2 Utåndingsventiler

I tillegg til filter kan masker også være utstyrt med ventiler. Noen masker er utstyrt med en utåndingsventil, som skal gjøre det lettere å puste ut luft fra masken. Utåndingsventilen gjør det mer komfortabelt å ha på masken, ved at den hjelper til med å minske fuktigheten inne i masken. En slik utåndingsventil er gjerne utformet slik at den har et beskyttende lag foran selve ventilen. Dette for at ventilen ikke skal bli skitten eller komme i kontakt med andre gjenstander og bli ødelagt. Innenfor dette beskyttende laget er selve utåndingsventilen. Den ser ut som en «flapp» laget av et silikon- eller gummimateriale, som går ut ved ekshalasjon og inn ved inhalasjon. Ved inhalasjon vil denne utåndingsventilen sørge for at det ikke kommer noe ufiltrert luft inn til masken (Alexander, 2020).

Utåndingsventilen kan være demonterbar, og kan byttes ut med en ny når den gamle er slitt eller ødelagt. En stor ulempe med en slik utåndingsventil er at den ikke filtrerer brukerens utånding. Et åndedrettsvern som er utstyrt med filter og utåndingsventil, vil kun filtrere innåndingsluften, ikke utåndingsluften. Dette setter andre personer i fare for å bli smittet om brukeren selv skulle være smittet (Alexander, 2020; dr. Temmesfeld, 2021).

2.3.3 Tilpassing av halvmasker

Et åndedrettsvern er tett på ansiktet til brukeren, og skal beskytte brukeren mot støv og partikler. Derfor er det et krav om tilpassningskontroll. Det vil si at det gjøres tester for å tilpasse masken til de ansatte som skal bruke den, samt opplæring av brukerne til hvordan åndedrettsvernet skal håndteres, rengjøres, tilpasses og kontrolleres (3M, u.å.; Oslo Universitetssykehus, u.å.).

Det skilles mellom to typer testing. Det er kvalitativ og kvantitativ tilpasningstest. Den kvalitative testen er den som er beregnet på halvmasker, og består av syv øvelser og godkjennes kun om brukeren også kan smake et av to godkjente testmidler. De syv øvelsene i kronologisk rekkefølge er normalpusting, dyp pusting, bevegelse av hodet side til side og opp til ned, bøying av hoftene, snakking høyt eller høytlesning og til slutt normal pusting igjen (3M, u.å.).

2.4 Rengjøring, desinfeksjon og sterilisering

2.4.1 Rengjøring

Før et produkt skal desinfiseres eller steriliseres, bør det rengjøres først. Rengjøring kan fjerne skitt, organisk og uorganisk materiale som har kontaminert produktet. Rengjøring vil ikke direkte drepe mikroorganismer, men vil være med å redusere forurensingen på produktet ved at mikrober mekanisk fjernes. Til rengjøring kan vann og rengjøringsmiddel brukes sammen med en mikrofiberklut, eller man kan bruke en egnet rengjørings maskin (Norsk legemiddelhåndbok, 2016b).

2.4.2 Desinfeksjon

Desinfeksjon blir enten delt inn som antiseptis desinfeksjon eller teknisk desinfeksjon. Antiseptis desinfeksjon blir brukt til å drepe de fleste eller alle mikroorganismer på enten hud eller slimhinner, og teknisk desinfeksjon blir brukt til å drepe de fleste eller alle mikroorganismer på gjenstander og utstyr. For teknisk desinfeksjon kan det enten benyttes termisk desinfeksjon, eller kjemiske desinfeksjonsmidler i form av enten væske eller gass (Norsk legemiddelhåndbok, 2016b).

Termisk desinfeksjon bør prioriteres, da det er enkelt å bruke, billig og mer miljøvennlig enn å bruke kjemiske desinfeksjonsmidler. Termisk desinfeksjon kommer i form av enten våt- eller tørr varmebehandling, der våt varmebehandling er mer effektiv enn tørr varmebehandling. Varmen fra disse behandlingene koagulerer proteinene til mikroorganismene slik at de lettere kan drepes. Ved tørr- og våt varmebehandling trengs det ikke å brukes noen form for kjemikalier, og prosedyrene er enkle. Ulempen ved tørr varmebehandling er at ved lav luftfuktighet, vil varmeoverføringen være treg. Da bruker den lengre tid på å få den samme temperaturen på hele produktet. Ved desinfeksjon med bruk av

varm luft, er de vanligste programmene 180 °C i 30 minutter, 170 °C i 60 minutter og 160 °C i 120 minutter (Tønsager, 2020). Ved våt varmebehandling blir gjenstanden som desinfiseres, utsatt for varme kombinert med fuktighet. Noen metoder som kan brukes for våt varmebehandling er kokende vann, mikrobølgeovn, vaskedekontaminator og inkubatorer (Tønsager, 2020).

For at kjemiske desinfeksjonsmidler skal kunne fungere best mulig, er det avhengig av flere faktorer. Slike faktorer er temperatur, PH, blod, fett, kroppsvæsker og andre organiske materialer (Nateland, 2020; Myrvang, 2019). Det mest optimale desinfeksjonsmiddelet har et bredt mikrobiologisk spekter og har kortest mulig kontakttid (Oslo Universitetssykehus, 2021; Norsk legemiddelhåndbok, 2016.). Folkehelseinstituttet har oppført noen desinfeksjonsmidler som har vist effekt mot SARS-CoV-2, og som er godkjent for bruk i Norge:

- Alkohol 70 %
- Klorprodukter
- Pereddiksyre
- Kaliummonopersulfat
- Hydrogenperoksid

Alkohol 70 % brukes som teknisk desinfeksjon til overflater. Alkoholen benyttes uforynnet og påføres området med enten en klut eller papir til overflaten er tilstrekkelig fuktig. Området lufttørkes så i noen minutter. Overflaten trenger ikke å rengjøres noe i etterkant. Alkoholer ment til hånddesinfeksjon er ikke egnet til å desinfisere overflater (Folkehelseinstituttet, 2021b).

Hydrogenperoksid har lenge blitt benyttet til både desinfisering og sterilisering innenfor helseindustrien, og er et sterkt oksidasjonsmiddel. Det har et bredt antimikrobielt spekter som vil si at det er effektivt mot de fleste bakterier, mikroorganismer og virus, blant annet SARS-CoV-2. Hydrogenperoksid for desinfisering kan komme i form av væske eller gass, og for sterilisering kan det komme i form av enten damp eller gass. Desinfisering eller sterilisering med dette oksidasjonsmiddelet er godt egnet til større gjenstander som er vanskelig å flytte, gjenstander som er følsomme for varme eller sensitiv elektronikk. Ved riktig bruk av hydrogenperoksid, gis en miljøvennlig faktor, da middelet omdannes til vann og oksygen. Det er likevel en liten risiko for forgiftning. Ved høye konsentrasjoner av hydrogenperoksid kan det gi hudirritasjon, og ved gassform kan det gi slimhinneirritasjon. Hydrogenperoksid har

også en blekende effekt som kan påvirke materialer inkludert farget anodisert aluminium (Tønsager, 2020; Moen, Fykse og Dybwad, 2020; Norsk legemiddelhåndbok, 2016a).

2.4.3 Sterilisering

I forhold til desinfeksjon, fjerner sterilisering alle former for mikroorganismer, inkludert bakteriesporer. Sterilisering, i mikrobiologiverden, kan gjøres med enten fysiske eller kjemiske metoder. Noen fysiske metoder for sterilisering gjøres ved bruk av varme. Blant annet kan utstyr flamberes, glødes eller kokes for å steriliseres. Utstyr kan også bli oppvarmet i en mettet vanddamp under overtrykk, også kalt autoklaving. Oppvarming i tørr luft, kalt tørrsterilisering er også en mulighet for å bruke varme til sterilisering. I tillegg til bruk av varme for sterilisering, kan stråling brukes som en metode. Strålingen kan for eksempel komme i form av gammastråler eller elektronstråler (Sirevåg, 2019).

Autoklaving er den metoden som er anbefalt å bruke til sterilisering, og bruker vanddamp under vakuum for å drepe mikroorganismer raskt og effektivt. De anbefalte programmene for autoklaving er 121 °C i 15 minutter og 134 °C i tre minutter. Autoklaving er en rask metode for å sterilisere utstyr på, hvor hele syklustiden ligger på rundt 30 til 60 minutter. Prosessen er trygg da den ikke lager noen giftige gasser og er fullt kontrollerbar.

Autoklaving for sterilisering er egnet til materialer som glass, gummi, metall, tekstiler, kunstige materialer og noen typer plast. Materialer og utstyr som er varmeømfintlig, ikke tåler vann og ikke tåler over- og undertrykk er ikke egnet for autoklaving (Oslo Universitetssykehus, 2020).

Kjemiske metoder for sterilisering er mindre brukt enn fysiske metoder for sterilisering. Dette da det er få stoffer som har sikker steriliserende virkning. Om det er noen kjemiske stoffer som passer til sterilisering, kan de fortsatt virke meget sterkt etsende eller irriterende. Metoder med kjemiske midler blir heller brukt til desinfeksjon (Sirevåg, 2019).

2.4.4 Desinfisering av halvmasker og helmasker

Halvmasker som er til flergangsbruk består ofte av en maskekropp i et silikon eller et gummimateriale, som har enten ett eller flere utskiftbare filter. Helmasker har også samme maskekropp med ett eller flere utskiftbare filter, men dekker i tillegg øyne. Det finnes ikke per dags dato noen standardiserte metoder for hvordan disse skal desinfiseres. I situasjoner

der risiko for smitte er til stede, vil det være et behov for å kunne desinfisere masken mellom hver gang den tas i bruk. For desinfisering av flergangsmasker er det mulig å bytte ut filtrene etter hvert bruk, og desinfisere maskekroppen med et desinfiseringsmiddel eller ved å bruke en annen forsvarlig desinfeksjons- eller steriliseringsmetode. For at desinfiseringen eller steriliseringen skal fungere, er det avhengig av hvilket materiale masken er laget av for at den skal være egnet og ikke ødelegge eller deformere masken (Univerisetspsykehuset Nord-Norge, 2021).

3M har testet ut noen desinfeksjonsmidler på sine halv- og helmasker, og har utviklet et faktaark med en oversikt over mulige desinfeksjonsmidler som kan fungere mot å fjerne koronaviruspartikler. I tillegg har de også utgitt hvilke desinfeksjonsmidler og metoder som de ikke anbefaler å bruke på sine 3M-halv- og helmasker (3M, 2021). Blant annet har de vist til bakteriedrepende engangsservietter som «Super Sani-Cloth Germicidal wipes» og «Sani-Cloth Prime germicidal wipes» som skal være egnet til å bruke på de fleste halv- og helmaskene til 3M. Begge desinfiseringsmidlene skal være effektive mot SARS-CoV-2 da de er EPA-registrert (PDI, u.å.-b; u.å.-a).

Noen desinfiseringsmidler finnes på EPA sin liste, «List N: Disinfectants for Use Against SARS-CoV-2». Listen forteller hvilke desinfiseringsmidler som er effektive mot koronavirus. På EPA sin nettside finnes denne listen, og søke etter produkter for å se om de er egnet til å drepe SARS-CoV-2. Søkeverktøyet gir også blant annet muligheten til å velge kontakttid, type overflate, aktiv ingrediens og lignende for et mer avgrenset søk. Listen inneholder kun desinfiseringsmidler som er til bruk for overflater, ikke på mennesker (United States Environmental Protection Agency, u.å.-b; u.å.-a).

2.5 Standarder

Følgende kapittel vil ta for seg noen av de mest sentrale standardene innenfor smittevernustyr. For følgende underkapitler er noe av det mest relevante innenfor de gitte standardene oppgitt, som kan være til hjelp for denne konseptutviklingen. Mange av temaene i standardene overlapper hverandre, men har forskjellige krav og definisjoner.

Her henvises det til relevant teori fra standardene, i tråd med regler for standardens opphavsrett. Se opphavsrettsnotis for gjengivelse av opphavsretts beskyttet dokument i litteraturlisten.

2.5.1 Åndedrettsvern – Filtrerende halvmasker til beskyttelse mot partikler

Standarden «*NS-EN 149:2001+AI:2009 - Åndedrettsvern – filtrerende halvmasker til beskyttelse mot partikler – krav, prøving, merking*» omhandler ulike krav, prøvingsutførelser og merking til partikkelfiltrerende halvmasker.

Standarden definerer en filtrerende halvmaske for en maske som skal dekke nese, munn og hake. Masken kan ha innåndings og/eller utåndingsventil. Masken kan bestå enten helt eller delvis av et filtermateriale, eller den kan være utformet slik at den har en ansiktsdel hvor hovedfilteret eller filtrene er en ikke avtagbar del av masken. Masken skal kunne gi tilstrekkelig forsegling og beskyttelse til brukeren mot omgivelsesluften når huden er både tørr, fuktig eller når hodet er i bevegelse (Standard Norge, 2020).

Dersom den filtrerende halvmasken er utformet slik at den skal kunne brukes flere ganger, skal materialene som brukes til å lage enheten kunne tåle rengjørings- og desinfiseringsmidlene. Disse skal være fastslått i rengjøringsprosedyren gitt av produsenten. Etter rengjøring, skal masken fortsatt oppfylle de samme gjennomtrengningskravene som er gitt for den aktuelle enhetsklassen som gjelder for masken. Det finnes tre enhetsklasser: FFP1, FFP2 og FFP3. Enhetsklassene tilsvarer maskens forhold til filtreringsevne og total inngående lekkasje. Ved bruk av FFP2 vil beskyttelseevnen inkludere egenskapene til FFP1, i tillegg til ekstra beskyttende egenskaper. Det samme gjelder for FFP3, der egenskapene til både FFP1 og FFP2 er dekt, i tillegg til ekstra beskyttelseegenskaper (Standard Norge, 2020).

Standarden har føringer for hvordan masken skal testes, både i forhold til filtermaterialet, oppbygningsmateriale og andre egenskaper. Filtrerende halvmasker som følger denne standarden, skal kunne tåle den håndteringen og slitasjen som masken er beregnet til. Det betyr at det skal gjennomføres tester på masken, for å forsikre om at den ikke kommer til å ha noen mekaniske feil på ansiktsdelen eller på festeinnretningene. Maskens materialer som er i kontakt med brukerens hud, skal ikke ha en kjent sannsynlighet for å forårsake noen irritasjon eller gi noen andre alvorlige helseskader. I tillegg skal alt materiale fra filtermediet som eventuelt slippes ut i luften, ikke være til noen fare eller ubehag for brukeren. Materialet som brukes til masken skal heller ikke være lettantennelig. Det skal heller ikke brenne eller fortsette å brenne etter mer enn fem sekunder har gått fra den har blitt fjernet fra flammene (Standard Norge, 2020).

2.5.2 Åndedrettsvern – Halvmasker og kvartmasker

Standarden «*NS-EN 140: 2.utgave januar 1999 – Åndedrettsvern – halvmasker og kvartmasker – krav, prøving, merking (innbefattet rettelsesblad AC:1999)*» omhandler ulike krav, prøvingsutførelser og merking av halvmasker og kvartmasker.

En kvartmaske dekker kun nese og munn, mens en halvmaske dekker både nese, munn og hake. Standarden for disse to maskene viser til bestemmelser for blant annet materialer. Materialer som aluminium, titan og magnesium eller legeringer som inneholder en viss mengde av disse metallene, bør restriksjoners til et minimum. Dette da de vil høyne risikoen for å antenne brennbare gassblandinger, ved å utvikle gnister ved sammenstøt med andre gjenstander. Slik som for filtrerende halvmasker bør heller ikke halvmasker og kvartmasker ha et materiale som brenner eller fortsetter å brenne for mer enn fem sekunder, etter å ha blitt fjernet fra flammene. De samme kravene for desinfeksjon, rengjøring og kompatibilitet med hud for filtrerende halvmasker, gjelder også for kvart- og halvmasker. Komponenter som hodestropper, tilkøplinger og inn- og utåndingsventiler skal kunne skiftes ut, med mindre de er integrert i halv- eller kvartmasken. For utåndingsventiler skal disse være beskyttet mot eller være resistent mot skitt og mekaniske skader. Når utåndingsventilen er festet til masken, skal den tåle en aksial strekkraft på 50 N i ti sekunder. Masken bør helst være utstyrt med enten en eller flere innåndingsventiler. Om masken er beregnet brukt sammen med filter, bør masken enten ha en integrert innåndingsventil eller at filteret har en ventil. Både inn- og utåndingsventiler skal være enkle å vedlikeholde og kunne skiftes ut på riktig måte (Standard Norge, 1999a).

2.5.3 Åndedrettsvern – Partikkelfiltre

Standarden «*NS-EN 143:2. utgave juni 2000 – Åndedrettsvern – partikkelfiltre – krav, prøving, merking (innbefattet rettelsesblad AC:2002 og AC:2005)*» omhandler ulike krav, merking og prøving utførelse av partikkelfiltre. Denne standarden ble tilbaketrasket og fornyet i 11. mars 2021. Innholdet som vises til i dette kapitelet er likevel fortsatt gyldig i ny standard.

Partikkelfilterets hovedfunksjon er å filtrere luften som kommer gjennom den for partikler, slik at luft som kommer inn i ansiktsmasken er filtrert luft uten uønskede partikler.

Partikkelfiltrene blir delt inn i tre klasser. De blir da klassifisert etter filtreringseffektivitet. De

tre klassene er: P1, P2 og P3. Mer om krav og testing til filtergjennomtrengning og pustemotstand i de ulike klassene er beskrevet i delkapittelet 7.11 Breathing resistance og 7.12 Filter Penetration (Standard Norge, 2000).

Skal partikkelfilteret kunne festes på som en del av ansiktsmasken, så kan det enten festes ved bruk av en permanent tilkobling, en spesielt utformet tilkopling eller ved bruk av skrugjenger. For skrugjenger kan standarden NS-EN 148-1 brukes. Koblingen mellom ansiktsmasken og filteret skal være robust og lekkasjefri (Standard Norge, 2000).

2.5.4 Åndedrettsvern – Halvmasker uten innåndingsventiler med separable filtre

Standarden «*NS-EN 1827 Åndedrettsvern – Halvmasker uten innåndingsventiler og med separable filtre for beskyttelse mot gasser eller gasser og partikler eller kun partikler – Krav, prøving, merking*» viser til krav, prøving og merking av en halvmaske som ikke har innåndingsventiler, men har separable og utbyttbare filtre.

Standarden NS-EN 1827 omhandler en halvmaske som har ingen innåndingsventiler, men filter som kan tas av og byttes ut. Masken kan i tillegg ha en utåndingsventil. Luften vil passere gjennom filtrene og til nese og munn. Luften som skal ut igjen passerer gjennom både filtrene og en eventuell utåndingsventil. Halvmasken kan beskytte mot gasser, eller partikler og gasser eller kun partikler. Masken kan enten være utstyrt med gassfiltre, kombinerte filtre eller kun partikkelfiltre. Halvmasken blir klassifisert etter hvilken type og klasse filtrene i masken har (Standard Norge, 2009).

2.5.5 Åndedrettsvern – Krafttilført filtrerende utstyr

Standarden «*NS-EN 12491 Åndedrettsvern – Krafttilført filtrerende utstyr med hjelm eller hette – krav, prøving, merking*» og «*NS-EN 12942 Åndedrettsvern – krafttilført filtrerende utstyr med helmasker, halvmasker eller kvartmasker – krav, prøving, merking*» viser til krav, prøving og merking av åndedrettsvern som er av typen krafttilført filtrerende utstyr.

Standarden NS-EN 12491 omhandler hjelm eller hette som har et motorisert filtreringssystem. I denne standarden blir det krafttilførte filtrerende utstyret med enten hjelm eller hette klassifisert som TH1, TH2 eller TH3. Krafttilført filtrerende utstyr vil si at utstyret tilføres en filtrert luft som sendes fra en turbo til masken eller hjelmen. Turboen og dens energikilde

bæres av brukeren. Denne standarden gjelder altså for utstyr som hjelm eller hette (Standard Norge, 1999b). For åndedrettsvern som helmasker, halvmasker og kvartmasker med krafttilført filtrerende utstyr brukes standarden «*NS-EN 12942 Åndedrettsvern – krafttilført filtrerende utstyr med helmasker, halvmasker eller kvartmasker – krav, prøving, merking*».

2.6 Materialer

For å oppnå gjenbrukbarhet og sikkerhet for brukerne, må materialløsninger som velges til åndedrettsvernet tåle gjentatt rensing, og være mest mulig gjenbrukbart eller resirkulerbart ved slutten av åndedrettsvernets levetid.

2.6.1 Konstruksjonsmaterialer

Plast er en samlebetegnelse på materialer som er bygget opp av polymer og tilsetningsstoffer, og som på et tidspunkt i fremstillingsprosessen har vært plastisk eller flytende. Plast deles inn i to kategorier: herdeplast og termoplast (Helseth, 2019).

Herdeplaster er plaster som via en kjemisk reaksjon med et katalysator-, herdestoff eller oppvarming, binder polymermolekylene sammen. Etter sammenbinding er ikke lenger herdeplaster løselige i løsemidler, og det kan heller ikke gjøres plastiske igjen. Dette skyldes at alle polymerkjedene henger sammen i et samlet tredimensjonalt nettverk. Molekylene i nettverket er bundet sammen med elektronparbindinger. Dette betyr at for at molekylene skal kunne gli i forhold til hverandre, må bindingene mellom dem brytes, noe som vil bety at materialet vil bli ødelagt (Helseth, 2019; Johansen, u.å.-b; u.å.-a).

Mens herdeplaster herdes via en kjemisk reaksjon som krever oppvarming eller et herdestoff, vil termoplasten under oppvarming bli plastisk og formbart, uten noen herdingsprosess. Dermed vil det være mulig å varme opp termoplasten gang på gang, for å gjøre den plastisk og forme den på nytt. Med andre ord, så er termoplasten resirkulerbar. I motsetning til herdeplasten, er termoplasten bygget opp av polymerkjeder som ikke henger sammen i et fast nettverk. De er heller løst forbundet med sekundære bindingskrefter. Med andre ord er de forbundet ved hjelp av tiltrekningskreftene mellom molekylene. For at disse tiltrekningskreftene skal virke må molekylene krysse hverandre eller ligge parallelt, og avstanden mellom dem må være svært liten (Helseth, 2019; Johansen, u.å.-b; u.å.-a).

Termoplaster og herdeplaster har ulike kretsløp. Herdeplaster har et svært lineært kretsløp, fra produksjon til bruk og deretter deponering, på grunn av at det ikke kan smeltes om igjen til nye produkter. I motsetning, kan termoplaster i større grad gå gjennom flere brukssykluser før det deponeres, ved at det smeltes om til nye produkter. I tillegg vil eventuelle rester av termoplaster fra produksjon og bearbeiding, kunne nyttiggjøres ved å samles og smeltes. Mens rester av herdeplaster må deponeres eller forbrennes (Helseth, 2019; Johansen, u.å.-b; u.å.-a).

ABS står for «Acrylonitrile Butadiene Styrene» og er en termoplasttype som ofte er brukt til å lage lego, bildeler og medisinsk utstyr. Det er altså en plasttype som er stiv, lett og resirkulerbar. Ellers har den ingen kjente helseskadelige effekter, med mindre den blir utsatt for høye temperaturer. Da kan materialet dekomponeres og utgi gasser som er skadelig for mennesker. Dette er en spesiell faktor å merke seg hvis materialet eksempelvis skal 3D-printes, da det kan dannes skadelige gasspartikler underveis i prosessen (Helseth, 2021; Plastic Collectors, 2020).

HDPE, som er kort for «High-Density Polyethylene», er også en termoplast og har mange av de samme egenskapene som ABS-plast. Den er både sterkere og lettere enn ABS, og er ofte brukt i hjelmer, rør og stoler. Denne type plast står for rundt 30% av verdens plastprodukter. Dette materialet kan, slik som ABS, også 3D-printes og resirkuleres (Fry, 2021).

Elastomer er en samlebetegnelse på polymer som kjennetegnes med svært elastiske egenskaper ved romtemperatur. Elastomere kan være både naturlige og syntetiske polymere, for eksempel er naturgummi en naturlig elastomer, mens silikon og syntetisk gummi er syntetiske elastomer (Helseth, 2020b; 2020a). Silikon av typen LSR, «Liquid Scillicone Rubber», er en silikontype som i utgangspunktet er flytende, og ikke en solid gummi. Den kan være gjennomsiktig og er mild mot menneskelig hud, og brukes dermed til å lage blant annet medisinsk utstyr. Dette materialet kan varmes opp og formes, men vil ikke la seg omforme etter at dette har skjedd en gang. Det vil si at den er termoherdende, som i forskjell fra termoplast, ikke vil gå tilbake til sin originale gitterstruktur ved gjenoppvarming. LSR er en væske før den for eksempel sprøytestøpes til et produkt, og kan blandes med andre komponenter før den gjennomgår en produksjonsprosess. Dette materialet er også sterk mot kjemiske stoffer, stor styrke, fleksibel når det kommer til design av plastkomponenter og tåler høye temperaturer bedre enn vanlig termoplast. Det vil si at materialet tåler rengjøringsmetoder som krever høy temperatur, eksempelvis autoklaven. De største ulempene

med materialet er at den er utfordrende å resirkulere per i dag (Keid, 2021; Made-in-China TM, u.å.). Dersom LSR skal gjenvinnes, foregår prosessen i syv steg, og bryter ned silikongummien i fast form ned til en silikonolje kalt PDMS. Dette er en olje som er selve byggesteinen for produksjon av en rekke silikonrelaterte produkter.

Silikonresirkuleringsfirmaet ECOUSA er et eksempel på et firma som tilbyr resirkulering av silikonmaterialer. De samler inn overflødig eller utgåtte silikongummi produkter, og omgjør de til silikonoljen PDMS, som videre brukes til produksjon av miljøvennlige silikonprodukter (ECO USA, u.å.).

2.6.2 Antivirale overflater og overflatebehandlinger

For å øke gjenbrukbarhet og levetid av åndedrettsvernet, ved å minke slitasje ved gjentatt rensing, kan antivirale løsninger benyttes. Med antivirale løsninger menes materialer og overflatebehandlinger, som naturlig virker for å bryte ned og stoppe spredningen av virus (Sun og Ostrikov, 2020).

Antivirale løsninger deles ofte opp i tre hovedgrupper:

- **Naturlig antivirale** stoffer fra for eksempel planter. Dette kan være både planter i seg selv og stoffer som kan utvinnes fra planter.
- **Kunstige antivirale** overflater og overflatebehandlinger. Materialer som er fremstilt av mennesker, og som har direkte eller indirekte antivirale egenskaper. For eksempel nanopartikler av sølv og sølvioner.
- **Biomimetiske** overflater og overflatebehandlinger. Overflater og overflatebehandlinger som er inspirert av løsninger som finnes i naturen. Et eksempel på dette kan være superhydrofobiske overflater (Sun og Ostrikov, 2020).

2.6.3 Naturlige antivirale løsninger

Det er påvist at visse planter og andre naturlige kilder, for eksempel honning, har egenskaper som kan motvirke visse kjente patogener, blant annet; Koronavirus, HIV-virus, Hepatitt B, meslinger og noen koppevirus (Sun og Ostrikov, 2020). Det finnes forskjellige måter naturlige kilder kan hjelpe i kampen mot virusinfeksjoner. Visse naturlige substanser kan inntas via fordøyelses- eller sirkulasjonssystemet. Disse virker ved å styrke respiratorisk helse og immunforsvaret i mennesker. Mens andre naturlige kilder inneholder substanser med antivirale egenskaper som bryter ned virus ved kontakt (Sun og Ostrikov, 2020). Sistnevnte eksempel vil være mest relevant for mulig bruk i åndedrettsvern.

Visse naturlig hemmende stoffer er blitt identifisert til å være effektive mot enzymer som forekommer i SARS- og MERVS-COV-virus. Blant disse er; myricetin-, scutellarein-, flavonoider- og fenol-forbindelser. I tillegg er det oppdaget at naturlige oljer og safter fra visse planter som forekommer i Australia, Sentral- og Sør-Amerika, kan brukes for å tiltrekke og bryte ned virus. Bruken av slike naturlige kilder for å bekjempe kontaktspredning av virus, vil være ønskelig. Grunner til det er at de fleste ekstraktene er:

- Giftfri og mild mot hud.
- Miljøvennlige ved å kreve minimale inngrep i naturen og avfallsstoffene er naturlig nedbrytbare.
- Ikke miljøskadelige ved avfallshåndtering, så lenge de ikke introduseres i økosystemer de ikke hører hjemme i (Sun og Ostrikov, 2020).

Ulempen med naturlige antivirale løsninger er at prisen for substansene er høye, på grunn av den lave mengden som kan utvinnes fra plantene. I tillegg er det fortsatt relativt lite forskning utført på utbredt bruk, og det er ikke utviklet løsninger for produksjon og distribusjon (Sun og Ostrikov, 2020).

2.6.4 Kunstige antivirale løsninger

«Kunstige» antivirale løsninger, er i motsetning til «naturlige» antivirale løsninger, overflater og overflatebehandlinger som fremstilles ved hjelp av menneskeskapte materialer og tekniker. Disse kunstige løsningene deles videre inn i tre hovedgrupper, ut ifra hvorvidt de fungerer med direkte, indirekte eller spesifikke mekanismer (Sun og Ostrikov, 2020).

Med direkte antivirale mekanismer menes det funksjoner som direkte motvirker spredning av virus, ved å for eksempel hemme aktiviteten til luftveisenzymer i viruset og ved å forstyrre funksjoner i RNA/DNA i viruset. Sølv og nanopartikler av sølv er et eksempel på et slikt materiale som lenge har vært kjent for å aktivt forstyrre og motvirke spredning av virus. Det skjer ved at det skilles ut sølvioner som hemmer luftveisenzymene og forstyrrer RNA/DNAets funksjoner i viruset. Nanopartikler som inneholder sølv kan relativt lett påføres forskjellige overflater, og over lengere tid gi en stødig strøm av sølvioner som hemmer eventuelle virus som kommer i kontakt med overflatene. Sølvionene er observert til å ikke være giftige for mennesker. Derfor kan det trygt brukes på vanlige overflater som mennesker kommer i kontakt med i hverdagen, blant annet åndedrettsvern. Ulempen med løsninger som

bruker metallioner, som for eksempel sølvioner, er begrenset og dyrt råmateriale (Sun og Ostrikov, 2020).

Materialer med indirekte antivirale mekanismer er materialer som ved hjelp av eksitasjon, skaper antivirale egenskaper. Eksempler på egenskaper som kan komme av dette er lokalisert varme, lys, stråling, frie radikaler, frie ladninger og ladningsbærere som hemmer spredningen av eller dreper virus. Under normalt synlig lys er det observert at nanopartikler av visse edel- og tungmetaller, blant annet gull, kopper og sølv utviser lokal overflateplasmonresonans, som effektivt dreper bakterier og virus. Andre edle nanopartikler har en svært lysabsorberende effekt og skaper varme. Blant disse finner man platina, iridium og palladium. Under normalt synlig lys og i kontakt med fuktighet, kan titandioksid produsere hydrogenperoksid. Dette fungerer svært effektivt for å drepe eventuelle virus som kommer i kontakt med overflaten (Sun og Ostrikov, 2020).

2.6.5 Biomimetiske antivirale løsninger

Biomimetiske løsninger er løsninger inspirert av naturen. For virusbekjempelse kan dette for eksempel være superhydrofobiske overflater og overflatebehandlinger inspirert av flueøyne, vannløpere, lotusblader og lignende. Ved å bruke slike superhydrofobiske overflater kan det minske faren for overflate- og dråpesmitte ved at fukt ikke kan feste seg på overflatene. Uten fukt, kan den tiden som visse virus overlever på, drastisk minskes. I tillegg kan det unngås at overflatene infiseres via dråpesmitte i første omgang, ettersom dråpene ikke vil feste seg (Sun og Ostrikov, 2020).

2.7 Tilvirkningsmetoder for plastmaterialer

Det er en rekke metoder for å produsere produkter i plast. Plastråvaren er som regel i form av pulver-, granulat- eller tablettform. Hvilken produksjonsmetode som brukes for å utforme plastprodukter, avhenger av om råmaterialet er av typen termo- eller herdeplast.

Hovedforskjellene mellom disse er at termoplast er varmemykende og er fleksibel, og herdeplasten er varmeherdende som forblir hard og etter hvert sprøtt (Corneliussen, 2015).

Det finnes flere typer produksjonsmetoder for plastmaterialer, eksempelvis vakuumforming, ekstrudering, blåsing og laminering. Disse er produksjonsmetoder som har blitt vurdert i forhold til oppgaven, men ikke brukt som en løsning.

Følgende metoder er relevant å kjenne til i denne oppgaven:

- Presstøping
- Sprøytstøping
- 3D-printing
- Sammenføyning

2.7.1 Støping

Presstøping brukes oftest for å forme herdeplast. I korte trekk foregår denne prosessen ved at to forvarmede former, en over- og en underform presser plastgranulatet eller pulveret sammen. Presskraften kan påføres ved et hydraulisk system, motorisk system eller ved håndkraft, avhengig av hvor stort trykk som er ønsket (Corneliussen, 2015).

Sprøytstøping er en metode som kan brukes på både termoplast og herdeplast. Det er mest vanlig å bruke denne metoden på termoplast som er varmmykende. Metoden går ut på å sprøyte det oppvarmede plastmaterialet inn i en form. Den oppvarmede plastmassen blir gjerne ført fremover til formen i et hydraulisk kammer, som også holder massen varm. Når massen er i formen bli den presset sammen og materialet blir da formet, og ligger i formen til det er nedkjølt. Når produktet er klart blir den sluppet ut av formen, og ny innsprøyting skjer. Her er det lett å skape masseproduksjon, fordi syklus tiden er ofte kort og kan gjentas raskt. I forskjell fra presstøping, gir sprøytstøping blant annet bedre målenøyaktighet, som gjør det lettere å ikke få feil under produksjon. Det er kostbart å sløse råmaterialer bort på feilproduksjon. Det er derfor viktig at produkter og former, designes på en måte for å motvirke typiske produksjonsfeil, slik at risiko for svinn er minsket (Corneliussen, 2015).

Ifølge en kinesisk produsent av oksygenmasker, er sprøytstøping av flytende silikon en gunstig måte å forme materialet på. Silikonmassen som kommer i væskeform er enkel å sprøytstøpe i former og er i forskjell fra normale termoplaster, enklere å forme uten defekter. Dette skjer likevel litt annerledes enn vanlig sprøytstøping av termoplast, da silikon er termoherdende. Silikonmassen, i forskjell fra vanlig termoplast, er noe avkjølt før den injiseres i en oppvarmet form, før den så avkjøles og herdes for siste gang. Den støpte tilstanden er til slutt permanent og kan ikke oppvarmes på nytt. Fordelene med denne typen materiale i denne typen tilvirkningsmetode er at silikonvæsken lettere kan fylle tynne veggseksjoner (Made-in-China TM, u.å.).

2.7.2 3D-printing

3D-printing er en additiv tilvirkningsmetode som brukes til både modellbygging og produktproduksjon. Metoden kan brukes med både plastmaterialet, metaller, kompositter og biologiske materialer, men det kreves dedikerte printere til hver av materialene. Metoden er likevel den samme, og foregår ved at et materiale varmes opp og ekstruderes gjennom 3D-printerens dyse. 3D-printeren fører dysen over arbeidsarealet sitt, og legger materialet i flere lag oppå hverandre. Slik blir produktet bygd oppover (Mæhlum, 2020). Printerens kan stilles inn til slik at den best mulig møter kravet til materialet som printes med. Eksempelvis trenger HDPE-filament en dyse på opp til 360 grader, og et forvarmet arbeidsunderlag (Fry, 2021).

2.7.3 Sammenføyning

Liming er ofte en metode som brukes i tillegg til andre sammenføyningsmetoder som sveising og skruing. Det er heller sjeldent at det brukes alene som den eneste sammenføyningen. Fordelene med liming er at påført kraft fordeler seg jevnt, samt at liming ikke krever varme. Noe som gjør metoden relativt billig. Det er som er viktig å merke seg med liming, er at den krever en del forarbeid og noen ganger påberegnet lang herdetid og sammenpressingstrykk. Lim har også en svakhet mot varme og strekkpåkjenning, noe som kan føre til at den begynner å sige (Corneliussen, 2015).

Noen plast er lett å lime, og andre ikke. Dette avhenger av plastens molekylære oppbygning og løselighet. De fleste plasttypene som er enkle å lime, er av typen herdeplast, mens mykere plasttyper som PVC og enkelte gummityper kan være vanskelig. Noen typer plast krever forbehandling før liming, silikoner er blant dem (Corneliussen, 2015). Likevel finnes det lim på markedet som hevder at det kan lime sammen flere typer plast, også gummi og syntetiske materialer. Tec7 er en type lim, fuge- og tettemasse som er basert på MS-polymer, som hevder at den er både giftfri, miljøvennlig, ingen skadelige løsemidler, motstår sopp og bakterier og tåler opp til 150 grader påkjenning etter at den har herdet (Relekta, u.å.).

2.8 Operasjonsledelse

Operasjonsledelse er et av mange begreper som brukes for å beskrive hvordan en virksomhet organiserer seg og sin produksjon, for å treffe kundene på markedet med sine produkter eller tjenester. Faget er stort, og dekker mange aspekter ved produksjonslogistikk. Derfor vil kun

essensielle temaer bli tatt opp i denne rapporten, for å underbygge de resultatene som foreligger.

2.8.1 Prosesstrategi

Det skilles mellom prosesstrategi for produkter og tjenester. Hovedforskjellen mellom produkt og tjeneste er at et produkt er et objekt som produseres, lagres og selges, mens en tjeneste er abstrakt og noe som en serviceperson gjør for kunden. Prosesstrategien for en tjeneste baserer seg i hovedsak på mengde kundekontakt, og i hvilken grad tjenesten er kundetilpasset. Produksjonsstrategien av produkter baserer seg på mengden produktvolum og kundetilpasning. Da har en produksjonsleder valget mellom å planlegge produksjon etter tre strategier:

- Jobbprosess
- Batchproduksjon
- Linjeproduksjon.

Den førstnevnte strategi produserer et lite volum av produkter, men har stor kapasitet for kundetilpasning og har lite standardisering. Denne type prosess produserer gjerne forskjellige produkter fra ordre til ordre. Batchproduksjon, produserer batcher i lite eller stort volum, der noe standardisering av arbeidsoppgaver fremstår. I denne type strategi er det rom for å ha flere typer produkter. Linjeproduksjon er enda et steg mot standardisering og større volum av produkter. På denne måten kan produksjonen gå kontinuerlig, og produserer store volum av et standardisert produkt (Krajewski, Ritzman og Malhotra, 2010a.).

En annen type strategi som er viktig å ta stilling til, er lagerstrategien. Denne må komplimentere produksjonsstrategien for at produsentene ikke skal sitte med for mange produkter på lager, eller mange produkter uten et lager. Denne type strategi skiller mellom hovedsakelig tre strategier. «Make-to-order», «Make-to-stock» og «Assemble-to-order». Den førstnevnte baserer seg på at produksjonen av et produkt kun skjer på ordre fra kunden. Dette byr på mulighetene for å bruke jobbprosess og batchproduksjon med små volum og stor kundetilpasning. Den neste strategien, oversatt til norsk «produser til lager», er på motsatt side av skalaen og gjør det mulig å produsere store volum av produkter som står på lager frem til det blir solgt til kunden. Dette passer godt til standardiserte produkter, der etterspørselen er stor. Den tredje strategien «sammensetning på bestilling» er en mellomting mellom de to førstnevnte. Produsenten som bruker denne strategien, har gjerne flere deler som til sammen

kan utgjøre forskjellige produkter. Delene er ferdigprodusert, men sammensetningen vil avhenge av ordren til kunden. På denne måten kan delene produseres med linjeproduksjon, men sluttstykke kan likevel vel være kundetilpasset til en viss grad (Krajewski, Ritzman og Malhotra, 2010a.).

2.8.2 Kvalitet

Kvalitet og kostnader står tett sammen i operasjonsledelse. Produsenter streber etter å gi produkter den kvaliteten som kunden etterspør, ellers vil de falle bak konkurrentene sine. Kvalitet kommer likevel ikke bare av hardt arbeid, det krever investeringer. Og hvis det skjer feilproduksjon, kreves det også forbedringer. Det betyr at virksomheten må påberegne en del kostnader på opplæring, tid, systemer og organisatoriske endringer for å oppnå den kvaliteten på produktene sine de ønsker. Tilsvarende koster det virksomheten dersom det skjer feilproduksjoner som gir defekte produkter. Da må produktet produseres igjen, noe som krever tid og ressurser. Dette kan sees på som interne feil som genererer kostnader, men dersom en defekt vare kommer ut til kunden kan det oppstå eksterne grunner til kostnader. Dersom en kunde får et defekt produkt, må produsenten ta produktet tilbake for reparasjon eller for å lage et nytt produkt. Det gir kostnader, samtidig som at det kan ha en påvirkning på virksomhetens renommé. Summert vil det si at feilproduksjon og dårlig kvalitet, fører til store kostnader både internt og eksternt (Krajewski, Ritzman og Malhotra, 2010b.).

2.8.3 Verdikjede

En virksomhets verdikjede er den rekken med ressurser og prosesser internt i virksomheten som produserer noe av verdi for kunden. Her settes tre vesentlige verdier mot hverandre. Kundetilpasning, kostnad og driftsoptimalisering. Disse illustreres gjerne i et tre-aksessystem, der det defineres hvor på en skala produktet tilhører. Et produkt kan sjeldent oppnå full pott på alle verdier, derfor må virksomheten ofte prioritere dem etter hverandre (Krajewski, Ritzman og Malhotra, 2010c). Eksempelvis kan et produkt ha stor kundetilpasning, men dermed vil det medføre store kostnader, som igjen betyr at kunden må betale mer for produktet. Eller at et produkt kan produseres raskt, og leveres til kunden på kort tid, til en god penge, men produktet kan dermed ikke tilpasses og er et standardisert produkt. Dette er en vurdering som må tas av produsent.

2.9 Livsløpsanalyse

En livsløpsanalyse, kanskje bedre kjent som «Life cycle assesment» på engelsk, er en metode for å kartlegge og vurdere miljøpåvirkningene av både produkter, produkssystemer, bygg og andre konstruksjoner. Metoden tar for seg hele «livsløpet» til produktet, fra råvare, til produksjon og distribusjon, til den er i bruk og må vedlikeholdes og til slutt når produktet ikke lenger skal eller kan brukes og kastes, gjenbrukes eller resirkuleres. Formålet med en analyse er å identifisere og få oversikt over energi- og materialforbruket, samt avfallet gjennom hele livsløpet. Slik kan det gjøres analyser og konklusjoner av hvilke konsekvenser produktets liv har på miljøet. Slik kan det tas avgjørelser om hvilke løsninger som gir minst miljøbelastning i sammenligning med andre løsninger (SINTEF, u.å.; Grønmo, 2020).

2.10 Antropometri

Antropometriske data forteller om menneskets anatomiske og fysiologiske egenskaper. Disse dataene brukes for å utvikle produkter som kan møte de menneskelige egenskapene og oppnå optimal brukeropplevelse. For å oppnå riktige antropometriske data må to viktige temaer spesifiseres. Det er hvem som er brukergruppen, og hvilke kroppslige dimensjoner skal inkluderes i produktløsningen som skal designes (Högskolan i Skövde, u.å.).

Brukergruppen defineres gjerne med en målgruppeanalyse. Dette vil si at det spesifiseres hvem brukeren er etter hvilken andel kvinner eller menn som skal bruke produktet, hvilket aldersspenn det er snakk, brukerens etnisitet om og eventuelle andre viktige krav som må tas hensyn til. Det bør også undersøkes om hvor vidt produktet kanskje kan komme inn på et større marked i senere tid, og om dette krever en oppdatering av målgruppen (Högskolan i Skövde, u.å.).

Når brukergruppen er definert vil det neste steget være å finne de riktige dataene som best representerer brukerne. Det finnes allerede opprettede statistiske databaser med antropometriske mål, som er laget av forskere. Det kan være gunstig å finne flere databaser for å treffe riktig brukergruppe, eller gjøre en egen undersøkelse på hvilke mål som foreligger hos målgruppen. Dataene som blir hentet fra database eller egen undersøkelse må rangeres etter hva som er minst, størst og gjennomsnittlig. Slik kan de riktige dataene brukes for å møte produktløsningen. Eksempelvis vil utformingen til en dør, der målgruppen er et helt lands

befolkning som skal kunne gå gjennom uten å måtte bøye seg, utgangspunktet være dataene som representerer de største tilfellene (Högskolan i Skövde, u.å.).

2.10.1 Antropometriske data for ansiktsformer

Det er vesentlige forskjeller på menneskers ansikt. Det avhenger av kjønn, alder og etnisitet. Det finnes få åpne databaser om ansiktsdimensjonene til forskjellige populasjoner. Grunnene til det kan variere, men måleteknikker har vært eksisterende i mange år. Det er mange «standardmål» man kan gå ut ifra når et menneskelig ansikt skal måles og det har blitt gjennomført dedikerte studier av ansiktet for å utvikle standarder til åndedrettsvern. Boken «*Assessment of the NIOSH Head-and-Face Anthropometric Survey of U.S. Respirator Users*» tar frem en rekke utgangspunkt for måling av ansikter. Her snakker også forfatter om faren ved å måle feil og hvilke konsekvenser det kan få for hensikten med målingen. Det konkluderes med at det selve teknikken som kalles NIOSH, som går ut ifra de gitte målepunktene, er en god teknikk, men kan fortsatt gi feil resultat som følge av menneskelig feilmåling. Dermed er det en usikkerhet som kan følge når slike studier blir gjort (Institute of Medicine, 2007).

En annen problemstilling når det kommer til antropometriske data av ansikter, er den enorme variasjonen mellom ansiktene av både samme og ulike populasjoner. Det er gjort flere studier på forskjellige gruppers variasjon i både kroppslige og ansiktsrelaterte mål. Det er særlig en studie gjort på flere testgrupper, deriblant brannmenn som bruker åndedrettsvern. Her var det 3718 testdeltakere. Studien viste at 10% av det allerede eksisterende testpanelet for åndedrettsvern ekskluderer hele 10% av mannlige brannmenn som bruker åndedrettsvern som verneutstyr (Hsiao, 2013).

2.10.2 Ergonomi på arbeidsplassen

Ergonomi sees på som den tverrfaglige forståelsen mellom arbeidsteknikk og menneskets fysiologi. Det handler om å bruke riktige teknikker og løsninger for å unngå belastninger og sykdom. Grunnen er å unngå sykefravær eller gjøre sykefraværet så kort som mulig (Klinikk for Alle, u.å.).

2.11 Etikk og universell utforming

Etikk er læren om moral, eller med andre ord, hva som er rett og galt. Det handler om hvilke handlinger som burde gjøres for å få det utfallet man ønsker. Etikk tar for seg personer som utfører handlinger, selve handlingen og hvilke konsekvenser handlingene gir. Denne læren er stor og omfatter mange områder. Kort oppsummert handler det altså om rett og galt, hva som tillates og hva som ikke tillates, samt hva som er godt og hva som er dårlig (Sagdahl, 2020).

2.11.1 Universell utforming

For å utvikle etisk riktige produktløsninger, finnes det flere retningslinjer og teorier. Universell utforming er en måte å utforme produkter, infrastruktur, programmer eller andre løsninger basert på syv prinsipper og forståelsen av fem brukergrupper. Hensikten er å minske faren for brukerfeil, skade på brukeren eller generelle barrierer mellom brukeren og løsningen. I denne sammenhengen er teorien rundt produkter i fokus. Det vil si at produkter skal utformes på en måte som gjør det lett for brukeren å forstå hvordan den skal brukes og faktisk ta det i bruk. I utgangspunktet er dette med tanke på funksjonshemninger, men i en produktsammenheng må det også tas hensyn til en «standard» bruker som ikke har noen funksjonshemninger (Lid, 2020; Rydninge, Norenberg og Lid, 2016).

De syv prinsippene er:

1. Produktet skal gi lik mulighet for alle brukere, altså tilgjengelig til alle brukere uavhengig av deres ulike ferdigheter.
2. Fleksibel i bruk, som betyr at brukerne skal kunne bruke produktet uavhengig av deres individuelle preferanser.
3. Enkel i bruk, det skal være enkelt å forstå for brukeren hvordan produktet skal brukes uavhengig av hvilke erfaringer brukeren har fra før.
4. Forståelig informasjon, produktets utforming skal kommunisere til brukeren hvordan produktet brukes uavhengig av omgivelser eller brukerens fysiske ferdigheter.
5. Feiltoleranse, produktet skal ha en visst grad av toleranse for feilbruk uten at brukeren kommer til skade eller uheldige hendelser.
6. Lav fysisk anstrengelse, brukeren skal kunne bruke produktet uten å bli fysisk utfordret.
7. Tilgang for bruk, det skal være tatt med i utformingen at brukeren kan ta den i bruk uavhengig av brukerens egen størrelse eller mobilitet (Akslaksen *et al.*, 1997).

De fem brukergruppene som universell utforming baserer seg på:

- Mobilitet: De fysiologiske begrensningene til en bruker. Her kan vi se på de normale tilstandene til en person, samt brukere som har funksjonshemninger som for eksempel lamhet.
- Syn: Brukerens grad av syn. Blinde, delvisblinde og synsasketet til en bruker med fullstendig syn.
- Hørsel: Hvor mye brukeren hører. Døve, delvis døve og hørselsevnen til en bruker uten hørselshemming.
- Allergi: Brukere som kan ha allergiske reaksjoner på materialbruk eller andre miljømessige utforminger, eksempelvis plantevekst.
- Kognisjon: Brukerens evne til å forstå løsninger. Her er det også et spekter fra brukere som har funksjonshemming til en bruker som ikke har hemninger. Løsninger skal fortsatt bli forstått av brukere på hver side av skalaen (Bakken, 2019).

2.11.2 Lov om likestilling og forbud mot diskriminering

Universell utforming og etikk møter likestilling- og diskrimineringsloven. Denne loven har som formål å fremme likestilling uavhengig av alle vesentlige forhold ved et menneske. Loven definerer «Likestilling» som likeverd, like muligheter og like rettigheter og at dette er betinget av tilrettelegging og tilgjengelighet. Det viktigste å merke seg ved denne loven i forhold til universell utforming er at den poengterer at barrierer for funksjonshemmede skal brytes ned og nye barrierer ikke skal skapes (Kulturdepartementet, 2018).

2.11.3 Symbolbruk

I lang tid har symboler blitt brukt og oppfattet som reklame eller en lignende form for merker, når de brukes på produkter. Symboler kan også brukes for å informere brukeren om produktet og gi de signalene hvordan det skal brukes. Slike symboler kan implementeres i produktets design, slik at det signaliserer til brukeren hva dette handler om (Farstad, 2008). Man skal likevel være forsiktig med symbolbruk, slik at det som hadde hensikt om å dekorere eller signalisere viktig informasjon, i stedet fornærmer brukeren. Slike symboler kan eksempelvis være av religiøs art.

2.12 Bedriftsøkonomi

Generell økonomisk oversikt kan oppnås ved å lage et budsjett. Budsjett kan brukes av både bedrifter og privatpersoner, og er en oversikt over inntekt, innbetalinger, utbetalinger og kostnader. Inntekt er det som tjenes ved salg av varer og tjenester, eller realisering av aksjegevinst eller renter. Innbetaling er den kapitalen eller de pengene som blir satt inn i bedriften. Det er en betegnelse på at bedrifter mottar penger. Utbetaling er det bedrifter betaler ut fra konto, som lønn eller feriepenger til sine ansatte. Til slutt er kostnader de pengene som går ut av konto, for de ressursene og det forbruket bedriften har for å fungere. Det skilles på både variable og faste kostnader (Vasbotten, 2020).

Det er forskjellige typer budsjetter som kan brukes, avhengig av hvilke oversikter som er ønskelig. Handler det om en nyoppstartet bedrift, kan det settes opp et oppstartsbudsjett. Et oppstartsbudsjett tar for seg de investeringene som må gjøres i starten av en bedrifts levetid. Det inkluderer investeringer i lokaler, inventar, maskiner og produksjonsutstyr, lager og opplæring av ansatte. Ønskes det oversikt over planlagte inntekter og kostnader, kan det settes opp et resultatbudsjett. Skal det settes opp en oversikt over estimerte inntekter og kostnader, passer det å lage et likviditetsbudsjett (Vasbotten, 2020).

3 Metode

I dette kapittelet blir de metodene som har blitt og delvis brukt i prosjektarbeidet beskrevet.

3.1 Designutvikling

3.1.1 Frihåndstegning

Å tegne idéer for hånd er en lavterskel og enkel måte å illustrere de tidlige idéene på. Tradisjonelt sett brukes penn eller blyant og papir, men nå finnes det flere digitale verktøy for å gjøre det samme. Adobe Photoshop er en av mange software som tilbyr muligheten til å tegne på frihånd. Kombinert med et tegnebrett som kobles til datamaskinen, kan det oppnås gode resultater. På denne måten kan skissene redigeres uten å måtte ta effekten av et fysisk viskelær, eller måtte tegnes på nytt. Bruk av slike software er ikke en del av pensum til maskiningeniørstudiet, og kompetansen i dette programmet, samt generell frihåndstegning, er egenlært på fritiden.

3.1.2 Idéflom

Idéflom er en ganske kjent måte å gi spillerom for idéskapning, men kanskje best kjent ved begrepet «brainstorming». Denne metoden for idégenerering kan utføres i både gruppe og individuelt, og inkluderer at deltakerne bruker sansene sine for å komme med innspill. Selve måten dette skjer kan variere, eksempelvis foregår det med uhemmet idéskapning, lek, umiddelbar nedtegning av forslag, et stort antall idéer eller kombinasjon og forbedring av andre forslag. Som oftest er det flere av disse faktorene kombinert som gir en god idébank (Farstad, 2008).

3.1.3 Formveileder

Per Farstad nevner «Formveilederen» som en metode for å strukturere designprosessen til et produkt. Det er for å sikre at designeren gjør de riktige valgene i prosessen som baserer seg på bestillingen, og ikke kun på personlig smak. I kortere trekk fungerer metoden som en rettesnor for designeren. Veilederen presenteres som en rapport som systematisk beskriver hvordan uttrykksformene kan benyttes, samt hvilke krav som stilles til kunden som bestiller produktet, selve produktet og hva produktet skal kommunisere (Farstad, 2008).

Forutsetningene til formveilederen er å beskrive bestillerens personlighetstrekk, målgruppen til produktet, potensielle konkurrenter og designerens egne analyse. Basert på disse forutsetningene presenteres arbeidet av potensielle utforminger som møter disse verdiene. Her er det typisk å vise hvordan idéene utvikler seg fra et tidlig stadium, til den endelige løsningen (Farstad, 2008).

3.1.4 SWOT-analyse

Det finnes verktøy for å analysere allerede eksisterende produkter i forhold til hvilken verdi de har. SWOT-analyse kan hjelpe til å definere hvilke styrker og svakheter en virksomhet eller et produkt har. Analysen gjøres i en matrise der det defineres hvilke faktorer og egenskaper som opptrer som styrker, svakheter, muligheter og trusler for produktet som blir analysert (Pihl, 2020).

3.2 Modellering

En metode for å fremstille konseptforslag og prototyper er å lage både digitale og fysiske modeller. Det finnes en rekke forskjellige metoder å fremstille modeller på. Den enkleste metoden, som prosjektgruppen har tilgang til er modulering i Solidworks og 3D-printing.

3.2.1 Solidworks

Studenter på NTNU har tilgang til studentversjonen til Solidworks. Det er et program som lar brukeren 3D-modulere komponenter. Dette innebærer mekanisk design, verifisering, analyse og arbeidstegninger. Spesielt nyttig er funksjonene som gjør at mekaniske komponenter som er utformet kan gis hvilke materialtekniske egenskaper de skal ha. De kan også påføres diverse simulerte påkjenninger, for å simulere hvordan komponenten vil oppføre seg i et virkelig miljø (Dassault Systemèmes Soliworks Corporation, u.å.).

3.2.2 Additiv tilvirkning

En enkel måte å lage fysiske modeller på, er ved 3D-printing. Denne metoden går ut på å bygge en modell, med et utgangspunkt i en digital 3D-modell. Hvordan 3D-printing fungerer er beskrevet i kapittel 2.7.2. NTNU gir studenter og ansatte tilgang til 3D-printere som bruker plasttypene PLA, PETG og TPU. PLA er den billigste og praktisk enkleste materiale å bruke, PETG er dyrere, men sterkere og TPU er også dyrere, men er mer elastisk. PLA er et godt

utgangspunkt for modeller som kun skal vise noe visuelt, da det er billig og det gir ikke noen nødvendige funksjonsegenskaper. Her fungerer det samme konseptet med at printerens varmer opp materialet og legger det lag på lag. Erfaringsmessig må de ferdigprintede komponentene også gjennom litt etterarbeid i form av finpussing.

3.3 Informasjonsinnsamling

3.3.1 Intervju

Intervjuer og gruppesamtaler er metoder for å innhente informasjon fra andre mennesker. Et intervju foregår ofte en til en, og er oftest brukt til å samle inn kvalitativ data. Det er en fleksibel metode både i forhold til gjennomføring og omfang. En forsker bruker denne metoden til sin forskning. I forskjell fra intervju, er gruppesamtale en metode som bedrifter ofte bruker for å innhente kvalitativ data fra en stor gruppe mennesker. Her blir det produsert mer konsentrert data og lederen av samtalen anskaffer data fra et konkret tema (Johannessen, Christoffersen og Tufte, 2011).

Et kvalitativt intervju er en løs form for informasjonsinnhenting fra en informant, i forskjell til strukturell datainnsamling. Kvalitativt intervju har blitt karakterisert som en samtale med struktur og et formål. Intervjuobjektet blir også fulgt opp med spørsmål, basert på de svarene som intervjueren får på sine forberedte spørsmål. Gjennomføring av et slikt intervju kan variere, men må bestemmes på forhånd. Gjennomføringsmetoden varierer mellom ustrukturert, semistrukturert og strukturert intervju. Ustrukturert intervju baserer seg på åpne spørsmål, der oppfølgingsspørsmålene tilpasses underveis. Semistrukturert intervju er en mellomting, der det er en overordnet intervjuguide som fungerer som et utgangspunkt, mens intervjueren kan gå frem og tilbake i intervjuet og spørsmålene varierer i omfang, rekkefølge og tema. Til slutt er et strukturert intervju der spørsmål og tema er spesifisert på forhånd, og forskeren nærmest ser etter standardiserte svar som kan krysses av på intervjuguiden (Johannessen, Christoffersen og Tufte, 2011).

3.3.2 Møter

Av egen erfaring er en god måte å innhente data på, å snakke med andre mennesker som har andre erfaringer og annerledes kompetanse enn en selv. Spesielt i en prosjektoppgave som er av såpass tverrfaglig karakter, at mye av informasjonen er helt ukjent og må hentes relativt

fort. Hensikten med et møte kan være å eksempelvis gjennomføre et intervju eller en uforpliktende prat. I en tid der samfunnet varierer i hvilken grad det er nedstengt, er digitale møter en effektiv måte å møte andre mennesker på. Her er gode møteverktøy eksempelvis Zoom, Teams og Discord, som alle er software-programmer som tillater brukerne til å snakke sammen, se hverandre og dele skjerm.

3.3.3 Litteratursøk

Litteratursøk gjøres for å både genere idéer, samt samle teori og informasjon for å styrke kompetansen. I forhold til idéutvikling, brukes denne metoden til å orientere designeren om hvilke eksisterende løsninger som finnes, og på hvilken måte disse løsningene kan forbedres eller endres. Farstad trekker frem at det er hensiktsmessig å samle teori relativt usystematisk, for å så systematisere innholder for å skape et godt teoretisk grunnlag for designutvikling (Farstad, 2008).

I en tid der hjemmekontor er hovedregel, skjer den litteratursøket i hovedsak digitalt. Som student på NTNU er Universitetsbibliotekets digitale søkemotor Oria tilgjengelig. Via denne ordningen er det tilgang til et utvalg av databaser innenfor flere fagområder, samt litteratur fra Universitetsbiblioteket, Norges fagbibliotek og Standard Norge (NTNU, u.å.). I tillegg finnes det søkemotorer som er tilgjengelig til alle, deriblant Google Scholar. Denne søkemotoren gir treff på vitenskapelige og akademiske artikler og litteratur innen flere fagområder (Google, u.å.).

Erfaringsmessig er informasjonsinnsamling om materialer, produksjon og egenskaper til disse ikke alltid lett å finne i vitenskapelige artikler. Eksisterende bedrifter som driver med diverse produksjon, har der imot ofte blogger, nettbutikker og Youtube-videoer om hvordan prosess og materialer fungerer sammen. Det er derfor viktig å være kildekritisk, men likevel ikke føye vekk all «uformell» informasjon.

3.3.4 Fysisk utprøving

Erfaringsmessig er det mange ganger en fordel å ha sett, tatt på og studert en gjenstand, for å forstå dens egenskaper. I forhold til denne prosjektoppgaven, har det allerede blitt opparbeidet en del erfaring med bruk av munnbind da det har vært både anbefalt og påbudt å bruke i det

offentlige rom. Åndedrettsvern har ikke vært like relevant, dermed er det hensiktsmessig å studere og bruke et åndedrettsvern, for å forstå dens egenskaper.

3.4 Antropometrisk undersøkelse

En antropometrisk undersøkelse er en undersøkelse som samer data om menneskets fysiologiske dimensjoner. Det kan være både kropp og ansikt. I denne prosjektoppgaven er ansikt det som er relevant å vite noen data om.

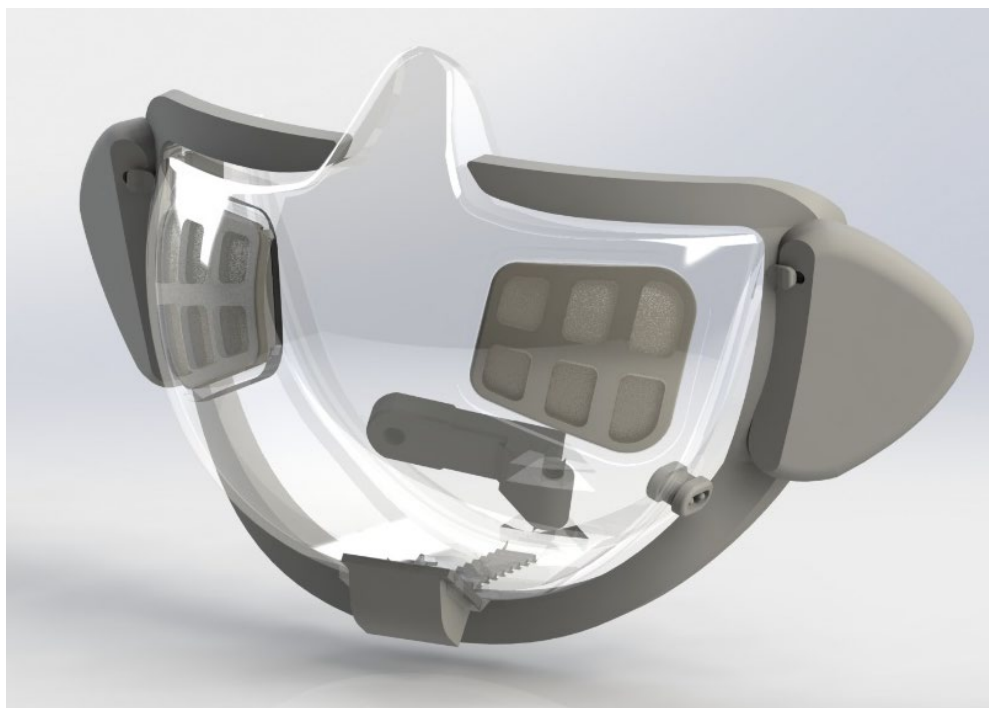
For å gjennomføre en undersøkelse som dette må det velges ut en populasjon som korresponderer med den tenkte målgruppen, dersom målgruppen ikke er tilgjengelig. Det innebærer å velge mennesker som har samme etnisitet, alder og kjønn. Videre må det defineres hvilke mål som skal tas, som er relevant til prosjektet. Det kan gjøres ved en beskrivende tekst, men det er enklest å ha en visuell forklaring i form av tegninger. Selve målingen av disse dimensjonene kan ha en stor feiltoleranse, dersom forskjellige personer gjør målingene (Hsiao, 2013). Det avhenger av hva som brukes som måleverktøy, og erfaringen til den som måler. Derfor må det tas i betraktning at enkelte mål kanskje ikke er helt riktig, når de føres inn i undersøkelsesskjema.

4 Resultat og analyse

Det har vært en omfattende prosess å komme frem til et konseptforslag. Hele designprosessen ligger vedlagt som en formveileder. I denne rapporten vil kun de viktigste skisser og bilder tas frem for å underbygge resultater og konklusjoner. Norsk Luftambulansse er fornøyd med konseptforslaget.

4.1 Konseptforslag

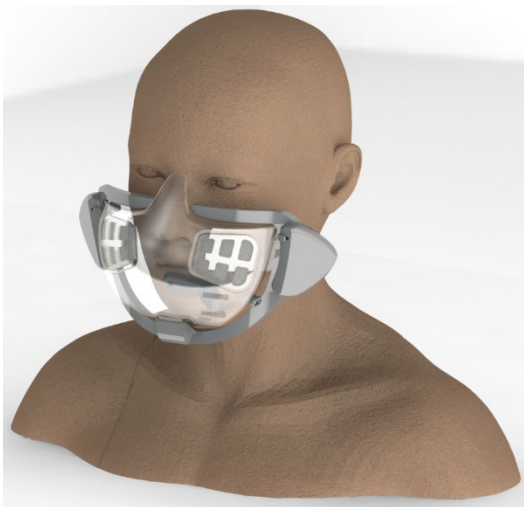
Konseptforslaget er en modulbasert halvmaske som er tilpasset hjelmens festepunkter. Masken er liten nok til at hjelmens visir kan brukes uten problemer, og den originale mikrofonmottakeren kan kobles til maskens egen mikrofonløsning. Masken er utformet slik at luften som trekkes inn filtreres for partikler, derav også koronaviruspartikler. Luften som sendes ut via utåndingsventilen er ikke filtrert, noe som gjør at denne masken kun beskytter brukeren, og ikke andre i omgivelsene.



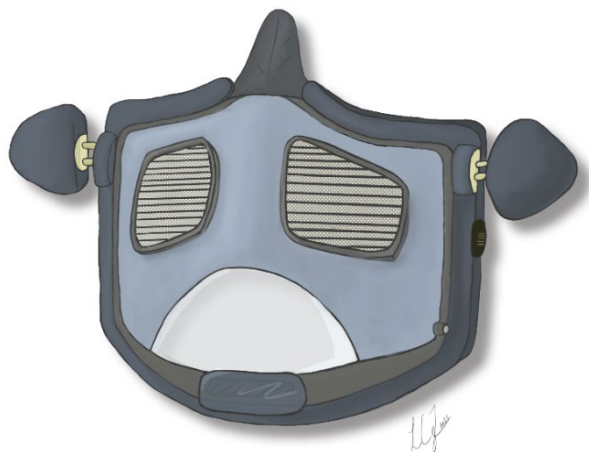
Figur 3: 3D-modell av konsept. UM 2021

På figur 4 vises konseptforslaget på en byste, for å illustrere maskens dimensjoner på et menneskelig ansikt. Dessverre var det utfordrende å finne en 3D-modell av hjelmen, og å modellere denne ble ikke prioritert da resten av prosjektet krevde tiden.

I utgangspunktet var konseptideen slik som vist på figur 5. Det er skissen som ble det endelige konseptet i formveilederen. Etter at 3D-modelleringen begynte, ble det klart at masken heller burde være helt gjennomsiktig og bestå av én del, kontra det konseptskissen foreslår.



Figur 5: Maske på byste. UM 2021



Figur 4: Konseptforslag fra Formveileder. LCJ 2021

4.2 Oppbygning

Dette konseptet viser en modulbasert maske som enkelt kan klikkes på og av hjelmen. Modulen består av to hoveddeler: en ramme som kan festes til hjelmen, uten å være borti brukers ansikt, og maskekroppen som kan klikkes inn i rammen. Selve maskekroppen vil være tett inntil brukers ansikt.



Figur 6: Exploded view. UM 2021

Hele designet har flere komponenter, noen ganske små. Her er en liste over hvilke deler som inngår i løsningen:

- Ramme
- Låsespaker og låsetapp
- Mikrofon
- Mikrofonbolt for feste av mikrofon
- Filterlås/-deksel
- Filter
- Maskekropp
- Mikrofonskjøt/-inngang
- Utåndingsventil
- Skjerm til å beskytte utåndingsventilen

Rammen er utstyrt med:

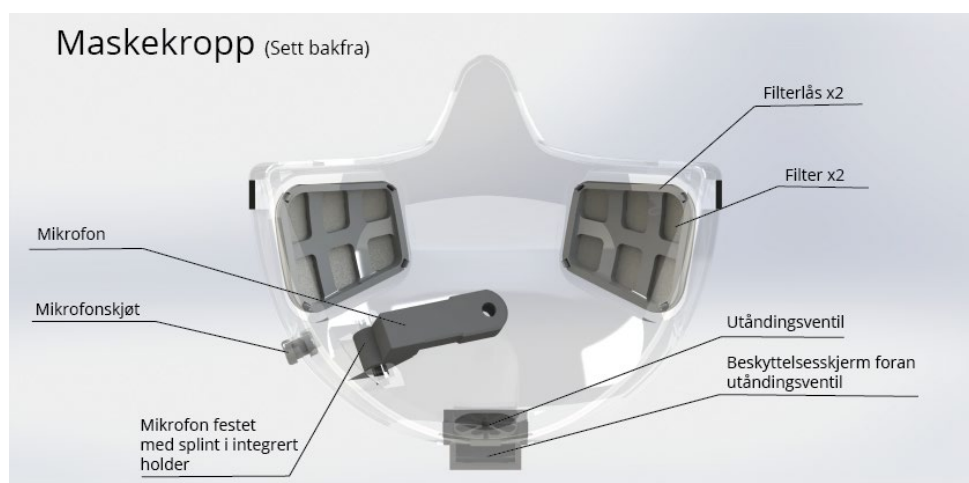
- Festevinger, en på hver side
- Spor inni, for feste av maske
- Låsespaker med to trykkfjærer
- Låsetapp



Figur 7: Ramme og dens komponenter. UM 2021

Videre er masken utstyrt med følgende:

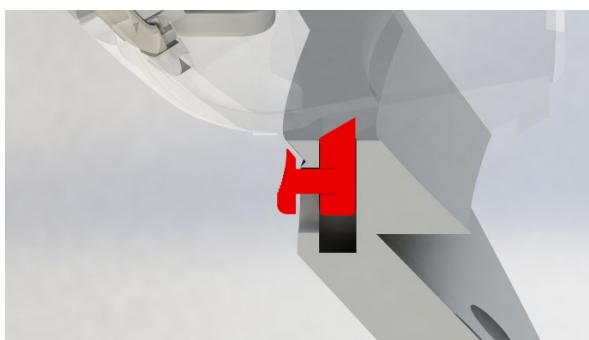
- To filterareal med utbyttbare filter, med et filterdeksel/filterlås til hver
- Gjennomsiktig maskekropp
- Kobling til mikrofon/ mikrofonskjøt
- Mikrofon, demonterbar
- Spor rundt, for å feste og justere masken i rammen
- En utåndingsventil, med en beskyttende skjerm foran



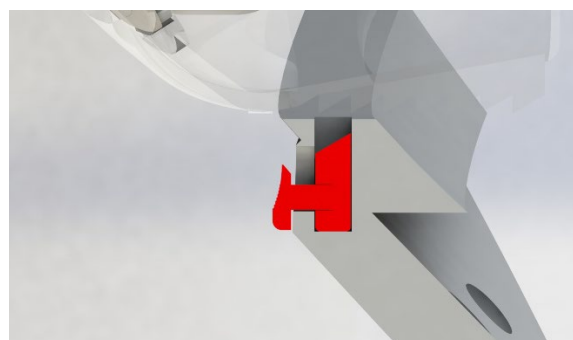
Figur 8: Maskekropp og dens komponenter. UM 2021

4.2.1 Justering

For at det skal kunne brukes forskjellige størrelser av masken, mot en størrelse ramme, er det innebygd en justering mellom rammen og masken. Denne tillater brukeren å justere masken inn mot ansiktet når de setter masken i rammen. Mekanismen består av spor i masken som møter spor i rammen, og en «låsetapp» som sikrer at masken blir låst i det sporet som brukeren ønsker å justere til. Denne sikrer at masken også kan løses ut igjen. Brukeren vil dermed sikre tetning rundt ansiktet, samt tilpasse masken til sin egen komfort. For flere nøyere detalj om hvordan justeringsmekanismen fungerer, se vedlegg 5: Bruksanvisning.



Figur 9: Låsemekanisme, lukket. UM 2021



Figur 10: Låsemekainsme, åpen. UM 2021

4.2.2 Ventil og filter

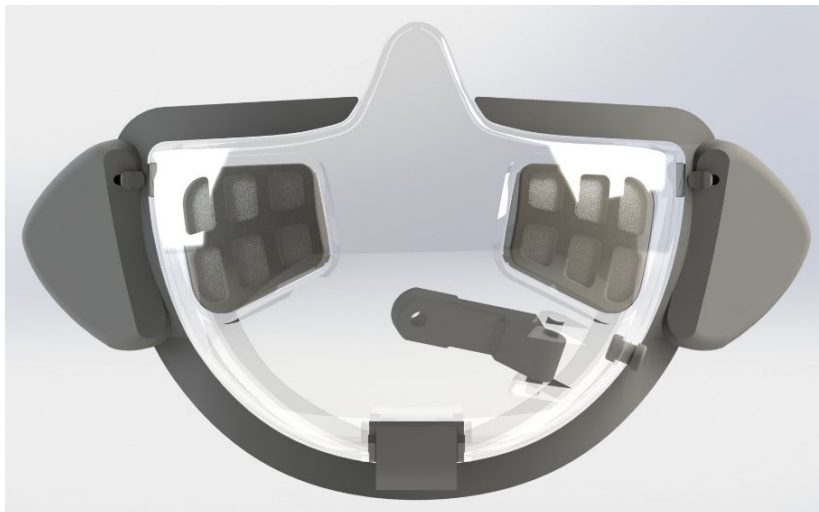
Masken har en utåndingsventil, og to filterareal som filtrerer luft som strømmer både inn og ut. Disse to er plassert på hver side av masken. Utåndingsventil er plassert nederst på maskekroppen, og er delvis skjult under en skjerm. Grunnen til det er for å til en viss grad sende utpusten i en annen retning enn den veien brukeren ser, slik at den ikke puster rett på eventuelle personer den snakker med. Samt beskytte ventilen mot skitt og smuss. I tillegg er utåndingsventilen demonterbar, noe som gjør at den kan rengjøres mellom hver bruk.

Filtrene skal være av typen P3, som kastes etter bruk og skiftes ut med nye filter. Disse type filtre vil filtrere vekk viruspartikler og bakterier. Filtreringseffektivitet ved et filter av klasse P3 har et lavt gjennomtrengningskrav. Det er nødvendig for å kunne filtrere bort eventuelle koronaviruspartikler, som skulle prøve å trenge gjennom filteret. Disse filtrene er allerede eksisterende filter som kan kjøpes på det norske markedet. Målet er at filtreringen skal tillate

filtrert luft i fem timer. Dette avhenger av summen av pustemotstand, trykk og filtreringsegenskapene, og kan ikke fastslås før nøye testing.

4.2.3 Gjennomsiktighet

Store deler av masken er gjort gjennomsiktig for at brukerens munn skal være synlig, og for å gi masken et «snillere» utseende. Det har hensikt om å gi masken og brukeren et utseende som ikke skal virke skremmende på en pasient på et oppdrag. Bakgrunnen er at som mange har opplevd underveis i pandemien, kan helsepersonell tildekt med store masker og utstyr som minner om krigsutstyr, virke skremmende. En pasient som trenger prehospital hjelp, kan ansees som en person som er både skadet og traumatisert. For å gjøre redningsoperasjonen så lite traumatiserende som mulig, kan det å se vedkommende som er redningspersonell være positivt. I tillegg vil en pasient som er døv eller tunghørt ha et stort utbytte av å kunne lese på munnen til redningspersonellet, eller i det minste se at noen prøver å kommunisere med dem.



Figur 11: Maske sett forfra. UM 2021

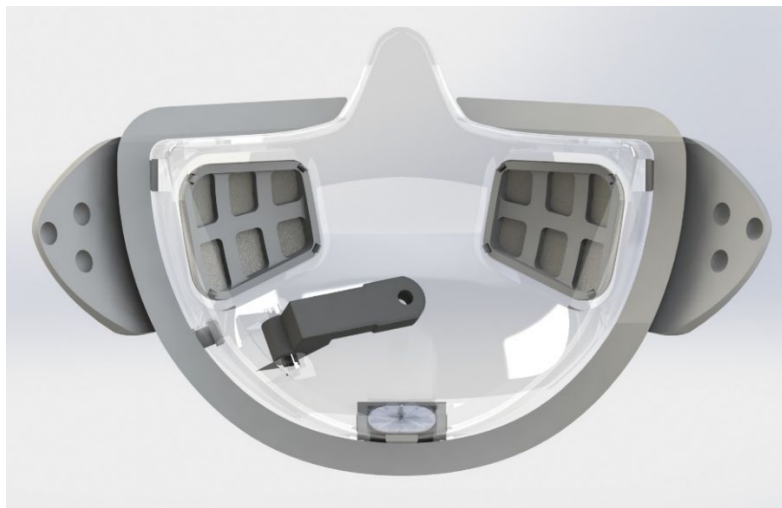
4.2.4 Mikrofonløsning

Mikrofonløsningen består av en skjøt som mikrofonen kobles til, på innersiden av masken. Mikrofonen festes foran brukerens munn. På yttersiden på siden av masken, er det et hunnstøpsel. Skjøten er fastmontert i masken, og innsiden består av elektrisk ledende korrosjonsbestandig metall. Der kan senderen på hjelmen kobles til skjøten via en kabel, med to hann-utganger. Grunnen til at løsningen baserer seg på kabler, og ikke trådløse løsninger er for å unngå risiko for frakoblinger med for eksempel Bluetooth-koblinger. Risikoen for støy,

logistikk med opplading til mikrofoner og at koblingen ikke fungerer ble ansett som så høy, at denne løsningen ikke ble tatt med videre fra et tidlig stadium i designprosessen. Etter bruk renses mikrofonen med mikrofonrens, som kan kjøpes flere steder på det norske markedet er tilstrekkelig. Alternativt kan det tres en plastsokk over mikrofonen for å beskytte den mot viruspartikler fra brukerens munn, og gjøre rengjøringen enklere.

4.2.5 Festeordning

Vingene på hver side av rammen er en monteringsløsning som allerede eksisterer på andre produkter som Gentex produserer, og er tilpasset hjelmene til Gentex. Disse fungerer enkelt ved at de presses fast på det tilviste området på hjelmen, og kan dras av igjen.



Figur 12: Maske sett bakfra. UM 2021

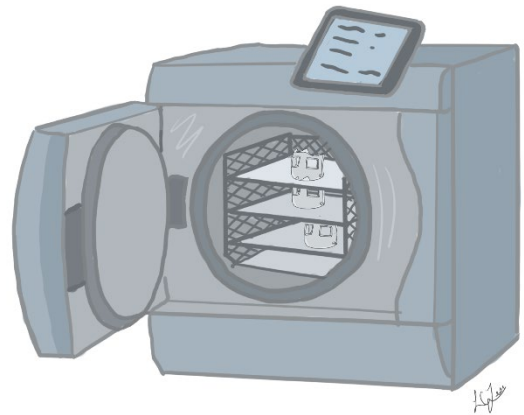
4.2.6 Rengjøring

Masken skal etter hvert bruk, bli rengjort og desinfisert eller sterilisert. Dette er for å fjerne alt av skitt, bakterier og virus som skal ha kommet i kontakt med masken, slik at masken kan gjenbrukes flere ganger. Filtrene på masken kastes og byttes ut. Utåndingsventilen, rammen, mikrofon, mikrofonbolt og filterdekslene er demonterbare, og skal fjernes, rengjøres og desinfiseres separert fra masken. Masken selv skal steriliseres med autoklaving.

Før all desinfiserings- eller steriliseringsprosess starter, skal alle komponenter av masken rengjøres. Alt av skitt og smuss fjernes slik at desinfiseringsmiddelet og steriliseringsmetoden kan fungere best mulig. En mikrofiberklut sammen med et rengjøringsmiddel og vann kan

brukes. Mikrofiberkluten vil mekanisk fjerne en del av mikrobene, men ikke direkte drepe dem.

Etter mekanisk rengjøring, skal maskekroppen steriliseres med autoklaving. Autoklavingen bruker kun varm vanndamp og trykk som steriliseringsmetode, noe som er litt mer miljøvennlig å bruke enn eksempelvis hydrogenperoksid. Autoklavingen vil foregå med en temperatur på 134 °C i tre minutter, ved bruk av typen B-sterilisator.



Figur 13: Autoklaver. LCJ 2021

For desinfisering av de resterende delene av masken, slik som utåndingsventil, ramme og filterdeksel, kan alkohol 70 % for teknisk desinfeksjon brukes. Alkohol påføres produktet med en ren klut til alle overflater er tilstrekkelig fuktet. Desinfiseringen vil da fjerne alt eller det meste av mikroorganismer, men vil ikke fungere mot bakteriesporer. Alternativt kan alkohol-wipes beregnet for teknisk desinfeksjon av overflater eller hydrogenperoksid brukes. Alkohol-wipsene og desinfiseringsmiddelet bør helst være EPA-registrert, og være på EPA sin liste over desinfiseringsmidler som dreper koronavirus.

En mer detaljert beskrivelse og forslag til hvordan halvmasken kan rengjøres, desinfiseres og steriliseres er vedlagt i vedlegg 5: Bruksanvisning.

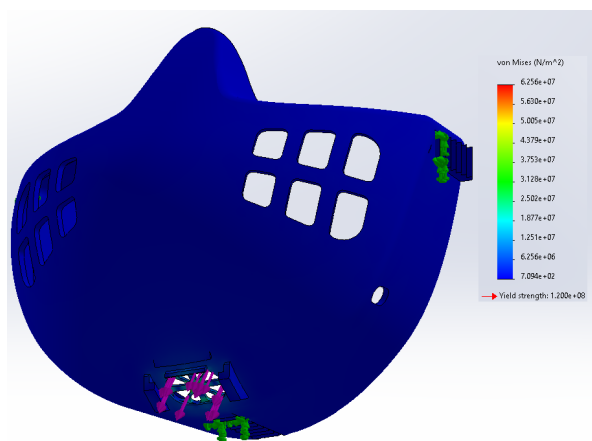
For å bekrefte at rengjøringsprosessen av maskekonseptet faktisk fungerer, burde metodene testes ut på en ferdig utviklet maske. Ut ifra den informasjonssøkingen og antagelsene gjort i dette prosjektet er de foreslåtte rengjøringsmidler, desinfeksjonsmidler og steriliseringsmetoder egnet til materialene i masken.

4.3 Styrkeberegning

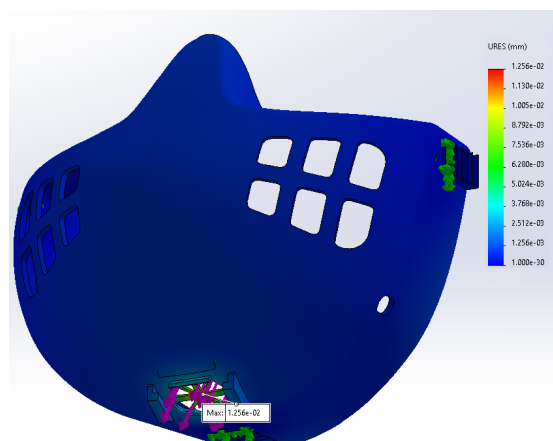
For å sikre at masken og rammen tåler generell bruk utføres enkle «finite element»-simuleringer ved hjelp av Solidworks.

Masken kontrolleres ved å definere at den sitter fast i justeringsmekanismene som er i kontakt med rammen. Først testes utåndingsventilen, det gjøres i tråd med NS-EN 140 sitt krav om at utåndingsventilen skal tåle en påkjenning på 50 N. Det gjøres ved å påføre en kraft på 50 N på hele flaten for utåndingsventilen, denne flaten er det tynneste området på masken.

Elementstørrelsen blir satt til 2 mm med standard toleranseinnstilling på 0.1 mm, og det brukes standard mesh. Testen viser at maksimal spenning i masken blir $1,251 \times 10^7$ N/m² som oppstår i senter av flaten, og maksimal forskyvning blir $2,512 \times 10^{-3}$ mm.



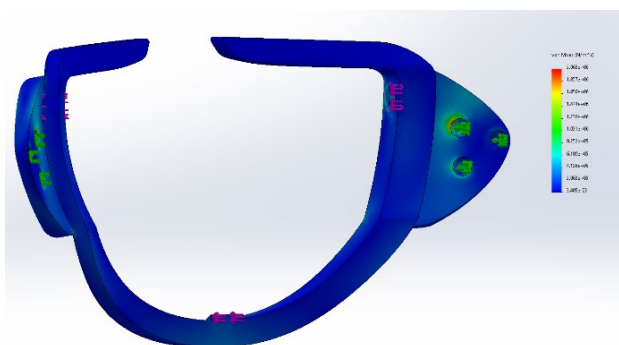
Figur 14: Resultat av simulering, utåndingsventil (spenning). UM 2021



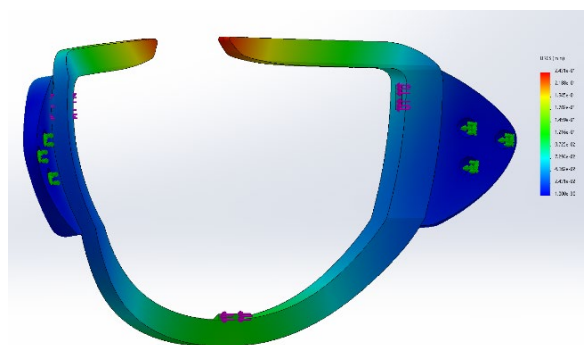
Figur 15: Resultat av simulering, utåndingsventil (forskyvning). UM 2021

Rammen kontrolleres ved at det settes at den sitter fast i monteringsørene som skal festes mot hjelmen, for å simulere at den er montert på hjelmen. Den påføres en 20 N kraft på flatene som vil være i kontakt med masken, dette for å simulere at masken holdes presset mot ansiktet til brukeren. For beregningene er det satt at materialet i rammen er HDPE.

Elementstørrelsen blir satt til 2 mm med standard toleranseinnstilling på 0.1 mm, og det brukes standard mesh. Testen viser at maksimal spenning i rammen blir $2,063 \times 10^6$ N/m² noe som ligger godt innenfor materialets minimum flytespenning på $2,300 \times 10^7$ N/m², og maksimal forskyvning blir $2,431 \times 10^{-1}$ mm.



Figur 16: Resultat av simulering, ramme (spenning). UM 2021



Figur 17: Resultat av simulering, ramme (forskyvning). UM 2021

4.4 Materialer og produksjonsmetode

Denne tabellen viser hvilke materialer og produksjonsmetoder som er tiltenkt for å produsere konseptet. Videre blir de antagelsene og bestemmelsene som er gjort forklart og underbygd.

Tabell 1
Materialer og produksjonsmetode:

Komponent	Materialer	Produksjonsmetode	Kommentar
Ramme, festeanordning, filterlås/-deksel og skjerm foran utåndingsventil	Termoplast, HDPE. Kan blande inn sølv.	3D-printes	
Maske	LSR	Sprøytstøping	
Mikrofon			Bestillingsvare, en mikrofon per maske.
Filter			Bestillingsvare, kunden må bestille dette selv.
Utåndingsventil	HDPE/gummi		Bestillingsvare, en per maske.

4.4.1 Materialvalg

Materialvalget har mange begrensninger og krav, ettersom at det skal være i kontakt med brukerens ansikt. Det betyr at det kan ikke være for hardt som skaper ubehag, skal ikke være allergifremkallende og skal være tett nok til å hindre luftlekkasjer. For å sikre at materialvalget til dette konseptet er av en type som oppfyller alle disse kravene, har

inspirasjonen blitt hentet fra en allerede eksisterende maske, oksygenmasken. Oksygenmasker som brukes for å pumpe luft til en pasient som gjenopplives, eller skal legges i narkose. Disse maskene er laget av silikon av typen LSR, som er skånsom mot huden, sterk, inneholder ikke Latex og er enkle å holde ren i forhold til virus og bakterier. Styrkeberegningen viser at materialet og designet er sterkt nok i forhold til kravet satt av standarden NS-EN 140. Dette ettersom spenningen som oppstår ligger godt innenfor materialets flytegrense. Dermed har materialvalget havnet på denne typen plast.

Rammen som fungerer som en festemekanisme mellom maske og hjelm, må være sterk, noe fleksibel og lett. Her sto valget mellom ABS- og HDPE-plast. Begge plasttypene oppfyller krav om å være slitesterke og lette, og begge typene er vanlig å bruke i produkter som er i kontakt med mennesker. Begge plasttypene kan 3D-printes og er resirkulerbare, noe som gjør dem begge to til gode alternativer som rammemateriale. Etter råd fra veileder, da det virket som at det var likegyldig hvilket av de to plastmaterialene det ble til, ble valget HDPE-plast. Det er begrunnet med at denne typen tilsynelatende tåler kjemiske rengjøringsmetoder best mulig, og er vanligst å bruke i 3D-printing av de to.

I forhold til å bruke antivirale materialer, finnes det flere måter å holde medisinske overflater fri for viruspartikler på, som ikke er direkte rensing. Ved å implementere for eksempel sølv, titan eller iridium i materialet, vil metallionene virke virusdrepende. Dette er en egenskap som kan brukes i dette maskekonseptet, fortrinnsvis på rammen. Sølv ser ut til å være mest brukt, og det finnes i noen filamenter til 3D-printing, så sølv er det beste alternativet dersom det skal brukes antivirale materialer i løsningen. Her er tanken at dersom rammen har sølvioner på seg, vil det være lavere risiko for at viruspartikler som har samlet seg på overflaten blir overført til brukerens hånd. Det er usikkert i hvilken grad denne måten kan utelukke krav om rengjøring i etterkant. Dermed anbefales det å desinfisere masken etter bruk uansett.

4.4.2 Produksjonsmetoder

De to hovedproduksjonsmetodene som kan brukes til å lage dette konseptet er 3D-printing og LSR-sprøytstøping. I hovedsak er det tenkt at ramme med festeanordninger, filterdeksel og skjermen foran utåndingsventilen kan 3D-printes, og selve maskekroppen sprøytstøpes. I utgangspunktet kan begge komponenter sprøytstøpes, men av økonomiske årsaker, er 3D-printing et bedre alternativ.

Maskekroppen støpes ut i en hel del, på den måten er det ingen behov for å produsere flere støpeformer til den samme størrelsen til masken. Så på den måten er det mer økonomisk. Alternativet var å støpe ut en egen form til foringen, og mekanisk sette den fast på maskekroppen sammen med litt lim for å sikre at det blir tett. Dette alternativet ble vurdert på grunn av usikkerhet rundt hvor komfortabel kanten på maskekroppen ville føles mot ansiktet. I ettertid ble det gjort en vurdering på at for en dyrere form, vil en maske med flere detaljer være mulig å støpe i ett. Samtidig viser det seg at flere narkosemasker på markedet ser ut til å være produsert i en del, noe som underbygde konklusjonen om å støpe ut masken i kun en del.

4.5 Økonomisk oversikt og produksjonslogistikk

For å kommersialisere dette konseptet, må funksjonelle prototyper bli produsert og konseptet må testes ifølge de testkriteriene som foreligger. Det er altså et gap mellom konseptets nåværende status og til det eventuelt kan produseres. Konseptet er avhengig av investeringer for at den skal bli testet og godkjent, da det krever en del tid, personell og utstyr for gjennomføring. Den videre økonomiske oversikten vil ta utgangspunkt i at masken har bestått testkriteriene og kan produseres til markedet.

Masken i seg selv kan selges med en variasjon av størrelser for at den skal passe flest mulig brukere. Det er høyst normalt at det er et standardisert størrelseskart, der den største delen av brukergruppen vil passe produktet. Gitt at dette er et unikt produkt, som allerede er såpass tilpasset den avgrensede brukergruppen av piloter hos Norsk Luftambulans, kan en mulig tilleggstjeneste være å tilby skreddersydde masker. I praksis menes det at når en base bestiller masker, blir brukergruppens ansikter målt og sammenlignet med størrelseskartet som allerede eksisterer. Dersom noen ansikter fraviker de standardiserte størrelsene, kan det lages en egen maskestørrelse tilpasset den brukeren. Dette medfører store kostnader for kunden, men tillater tilpassing til brukeren. I mange tilfeller er dette helt unødvendig, men med tanke på hvor viktig smittevern er under en pandemisituasjon, kan dette være relevant.

Andre tilleggstjenester og kundetilpasninger kan inkludere:

- Valgfri farge
- Symboler, i form av logoer
- Opplæring for bruk av maske

Det vil si at dette produktet fint kan være basert på en batchproduksjon, der det er noe fleksibilitet i forhold til kundetilpasning. Den vil også måtte være av typen «make to order», da etterspørsel etter et åndedrettsvern som dette antageligvis vil være liten, på grunn av den avgrensede målgruppen og mulighetene for kundetilpasning.

4.5.1 Økonomisk oversikt

Gitt av mulighetene for kundetilpasning og hvor mye masken allerede er tilpasset en så bestemt brukergruppe, er ikke dette produktet ment til å være et billig produkt, noe som gir litt større spillerom.

Dersom det planlegges å produsere et lite antall enheter, for eksempel 50 masker, blir enhetsprisen veldig høy. Skulle kunden, Norsk Luftambulansse, ønske å bestille 350 masker, så blir enhetsprisen naturligvis lavere. Prisene som spiller inn på enhetsprisen er investeringene som gjøres i støpeverktøy, samt tilleggsdeler, transport, montering og pakking vil spille en faktor. For å få produksjonen av dette produktet opp å gå, er det dermed avhengig av investorer.

På tabell 2, ligger en økonomisk oversikt. For å få en grov oversikt over produksjonskostnadene til masken, er det tatt i utgangspunkt at det bestilles 50 masker til eksempelvis syv av Norsk Luftambulansses baser, som tilsvarer 350 masker. Som følge av prisantydning fra OMBE Plast, se vedlegg 3: Prisanslag for konseptforslag, ligger de fleste plastmaterialene på 15 kr pr. kg, støpeformer ligger ofte på en pris mellom 80 000 og 200 000 kr avhengig av hvor detaljerte delene er og klargjøring av maskin pr. produksjon ligger på 2500kr. Stykkprisen er bestemt av materialkostnaden og produksjonskostnaden. Videre er andre antagelser om priser gjort basert på søking hos virksomheters prisanslag, veiledning og egne beregninger.

Tabell 2:

Økonomisk oversikt

Batch med 350 masker	Investering	Kostnader
Støpeform/verktøy: maske	110 000	
Maske Materialkostnad		63kg * 15kr/kg = 945 kr
Maske Produksjonskostnad		2500 + 945kr = 3 445 kr
Maske Sum kostnad		= 4390 kr
Ramme Materialkostnader		21,35kg * 15kr/kg = 320,25 kr
Ramme Produksjonskostnad		= 2 500 kr
Ramme Sum kostnad		= 2 820,25 kr
Deler: Utåndingsventil		350 * 56 kr = 19 600 kr
Deler: Fjær		700 * 15 kr = 105 000 kr
Deler: Mikrofonsett		350 * 1000 kr = 350 000 kr
Monteringskostnader Arbeidstimer		17 timer * 308 kr = 5236 kr
Resultat investering	110 000	
Investering per enhet	314,3 kr	
Total kostnad for 350 enheter med mikrofon (1)		= 487 046,25 kr
Total kostnad for 350 enheter uten mikrofon (2)		= 137 046,25 kr
Stykkpris (1)		= 1 705,86 kr
Stykkpris (2)		= 705,86 kr

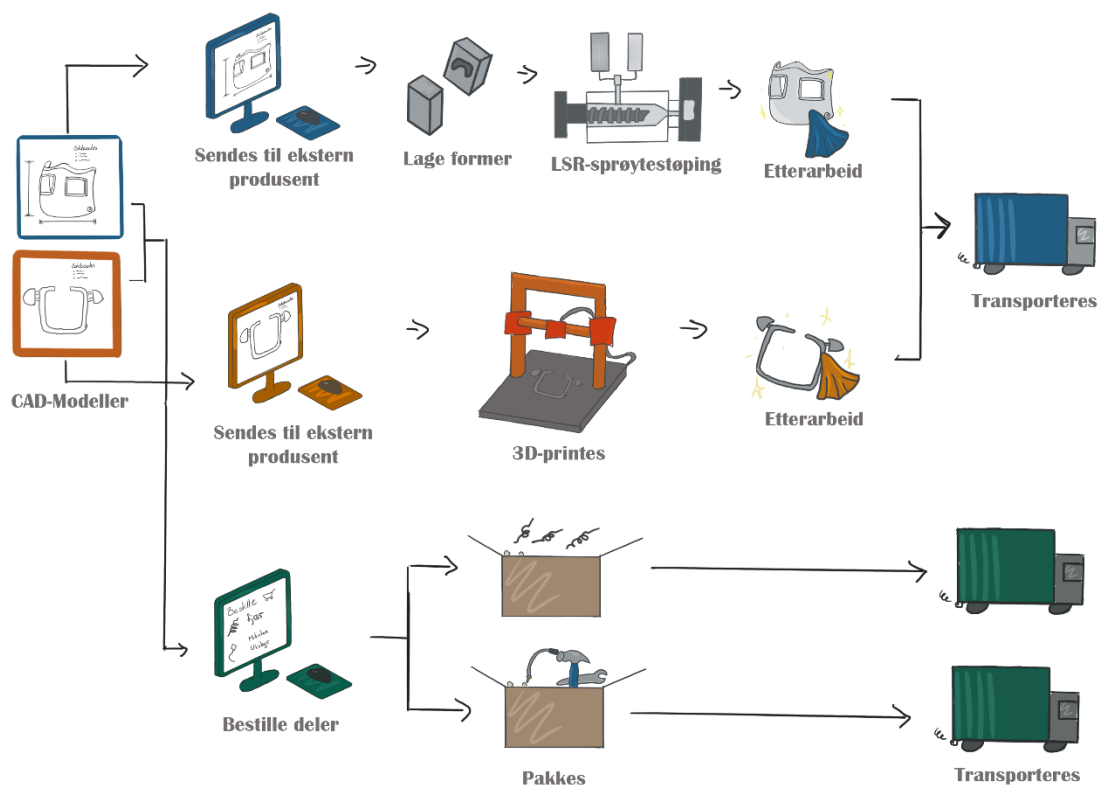
Det er beregnet til to stykkpriser, en inkludert og en ekskludert tilhørende mikrofon.

Mikrofonen som er beregnet til masken er av typen David Clark M7, som er en mikrofon som Norsk Luftambulansse allerede bruker. De vil antageligvis ikke trenge å kjøpe inn flere mikrofoner, da deres mikrofoner allerede vil være kompatible. Eller er det blitt mye syensing når det kommer til teoretiske produkter som dette. Dermed er det gjort enkle antagelser om

ingeniørlønn på arbeidstimene, samt hvor lang tid det tar å montere maskene. Her er det antatt at det vil ta litt over to arbeidsdager å montere 350 masker, altså 17 arbeidstimer. Videre er det ikke tatt hensyn til hvor lang tid det tar å sprøytstøpe og 3D-printe delene, da pris ofte blir satt i forhold til bestillingsvolumet og ikke arbeidstimene. Det kan likevel tenkes at det vil ta lengre tid å 3D-printe 350 rammer, enn å sprøytstøpe 350 masker. Det er likevel litt usikkert da det avhenger av hvor mange rammer som en produsent kan printe samtidig. Sprøytstøpingen vil trolig skje en etter en, men flere rammer kan printes samtidig. Andre prisantagelser er basert på informasjon som er vedlagt i vedlegg 3. Her er det ikke tatt hensyn til eventuelle filterkostnader, da det er noe som må kjøpes inn av kunden etter eget behov.

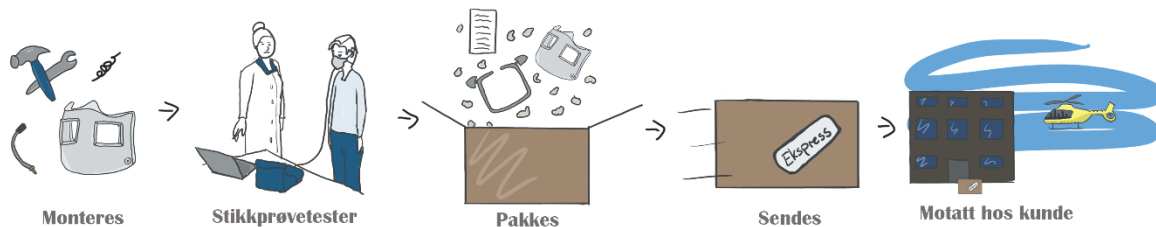
4.5.2 Produksjonslogistikk

Nedenfor er det illustrert hvordan produksjonsstegene i grove trekk vil foregå. Den første figuren viser tre parallelle prosesser, der deler produseres og bestilles samtidig. Det er mange produsenter som har forskjellige maskiner og utstyr, som godt kan tenkes at kan produsere både maske og ramme på samme sted.



Figur 18: Produksjonslogistikk. LCJ 2021

All transport ender hos monteringsverksted som monterer masken. Monteringen innebærer å sette inn mikrofon med mikrofonskjøt og fjærer. Det er tegnet med stikkprøvetesting, bare for å vise hvor eventuelle tester vil skje i prosessen. Deretter må produktet pakkes, der skal det inneholde maske med tilhørende ramme og bruksanvisning.



Figur 19: Produksjonslogistikk LCJ 2021

4.6 Miljøhensyn

Det ble ikke gjennomført en ordentlig livsløpsanalyse, da det var mye mangel på en del data. I hovedsak er det snakk om detaljerte data om følgende faktorer:

- Hvor skal produktet produseres?
- Hvor langt skal det transporteres?
- Hvor kommer råvarer fra?
- Energiforbruk.
- Kunnskap om hvor miljøutslippene er på alle steg i prosessen.
- Hvordan og hvor produktet skal resirkuleres og avfallshåndteres, og hvor mye energi som kreves?

Som følge av mangel på disse dataene og anbefaling av veileder, ble det gjort en liten analyse av de generelle og kjente dataene som er kjent. For å anslå cirka hvor miljøvennlig denne løsningen faktisk er.

Levetiden for halvmasken vil avhenge av hvilken situasjon bedriften befinner seg i og hvor ofte den blir brukt. Under en pandemisituasjon vil halvmasken trolig ha noe kortere levetid, da masken vil bli brukt ofte og slites ut. Ved normal drift der lite til ingen smittefare er til stede, vil masken trolig ikke være mye i bruk, og dermed ha en lengre levetid.

Levetiden til maskekroppen i LSR vil trolig være lang, da den tåler høye temperaturer og vann som kommer med autoklaveringen. Det er argumentet for at masken burde produseres med LSR, selv om den ikke er direkte resirkulerbar. Hvis den kun ville ha vært til engangsbruk, hadde det ikke vært forsvarlig for miljøet, men siden den trolig vil holde i et til

flere år så kan den brukes. Selv om LSR kan gjenvinnes i andre land enn Norge, anbefales den og kastes etter bruk. Det er for å minimere transport og naturutslippene som kommer med det.

Ramme, filterdeksel og utåndingsventil-skjerm vil være av materialet HDPE som kan resirkuleres. Disse produktene vil produseres i små mengder om gangen, og vil 3D-printes. Dette fordi sprøytstøping vil være en dyr og en energi- og materialkrevende prosess, i forhold til mengden produkter som skal produseres.

Alle deler som skal sprøytstøpes eller 3D-printes vil produseres i Norge, for å minimere transport og naturgassutslipp.

4.7 SWOT-analyse

For å summere alle egenskapene til konseptidéen, ble det utarbeidet en SWOT-analyse. Dette er en fin måte å vise hvordan et produkt står i forhold til sine omgivelser.

Tabell 3:

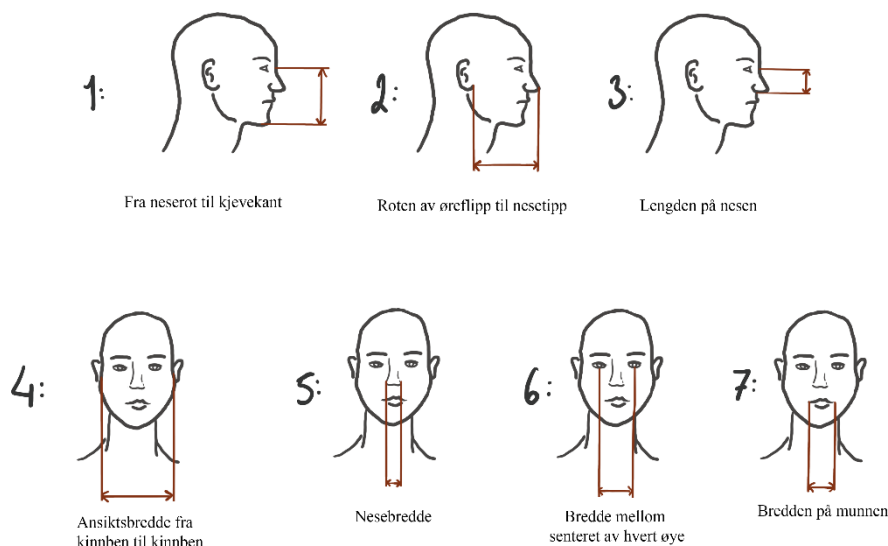
Swot-analyse

Styrker	Svakheter
<ul style="list-style-type: none"> • Beskytter brukeren mot viruspartikler og aerosoler. • Masken er gjenbrukbar. • Rammen kan resirkuleres. • Justerbar. • Lett, cirka 220 gram. • Kompatibel med hjelmen fra GenTex. • Gjennomsiktigheten lar pasienter se munnen til brukeren. Hjelper for eksempel døve til å forstå hva brukeren sier. • Designet for integrert mikrofonløsning. • Brukervennlig. • Enkel å rengjøre. • Skaper ikke gnister ved kollisjon. • Ingen skadelige eller allergifremkallende materialer. • Enkelt å bytte maske ved behov. • Gir plass til at brukeren også kan ha på seg briller, eller visir. • Enkel og billig å produsere. • Kundetilpasning. 	<ul style="list-style-type: none"> • Engangsfilter må skiftes ut, og kastes. • Når maskekroppen ikke kan brukes lenger, kan den ikke resirkuleres. Den kastes. • Ikke optimal komfort, på grunn av eventuell kondens og varme. • Filtrerer ikke utånding. • Har ingen kjølemekanismer. • Enhetsprisen er høy. • Er ikke testet.

Muligheter	Trusler
<ul style="list-style-type: none"> • Kan bli et kommersielt produkt. • Kan bli standardisert som andre åndedrettsvern. • Beskytte helikopterpiloter i en pandemi. • Et redesign kan forbedre masken. Eksempelvis med krafttilført filtrerende utstyr. • Kan masseproduseres. 	<ul style="list-style-type: none"> • Mange konkurrenter. • Mange konkurrenter som allerede er etablert i markedet. • Konseptet ikke møter testkriterier.

4.8 Antropometriske data

Etter inntrykk av både fagpersoner på NTNU og dr. Temmesfeld, er det vanskelig å lage produkter som skal brukes i ansiktet. Menneskets antropometriske dimensjoner varierer mye. Da det ikke lot seg gjøre å sende en undersøkelse til den gitte målgruppen til konseptet, helikopterpiloter i Norsk Luftambulans, ble undersøkelsen utført på egne medlemmer av prosjektgruppen og deres bekjente. Hensikten var å se hvor store forskjeller det kunne bli, og lage et størrelseskart basert på resultatene. Etter hvert som 3D-modellen ble utarbeidet, viste det seg at det var enklere å tilpasse masken mot hjelmstørrelsen, enn mot definerte ansikter. Så undersøkelsen ble veldig kort.



Figur 20: Antropometriske data. LCJ 2021

Gjennomføringen av undersøkelsen ble gjort ved å definere hvilke dimensjoner som var ønsket, som illustrert på figuren. Testpersonen utførte målingen selv, og oppga i tillegg sitt kjønn, alder og etnisitet. Målingene måtte gjøres individuelt for å opprettholde smittevern og

de restriksjonene som gjaldt i tidsrommet undersøkelsen skjedde. Det kan ha ført til en viss feilmargin i resultatene.

Tabell 4:

Resultater av antropometrisk undersøkelse, oppgitt i cm.

Kjønn	Alder	Etnisitet	1	2	3	4	5	6	7
M	21	Norsk	10,80	11,00	5,20	15,20	3,80	7,10	5,80
M	28	Norsk	11,53	11,83	4,89	14,05	3,72	7,10	5,42
M	29	Britisk	12,00	13,00	5,00	17,00	4,00	7,00	6,5
M	27	Filippinsk	13,00	12,5	2,00	16,00	3,70	7,00	8,00
M	30	Norsk	12,00	15,50	5,00	12,00	4,00	7,50	6,50
M	50	Serbisk	14,00	13,20	6,00	12,80	4,30	6,90	5,80
M	55	Norsk	12,50	13,50	5,50	15,00	5,00	7,00	7,00
K	23	Norsk	10,85	12,05	4,73	12,61	3,39	6,39	5,10
K	25	Norsk	10,50	11,60	4,90	12,85	3,20	6,20	5,20
K	28	Norsk	11,50	13,00	5,00	16,00	3,50	7,00	6,00
K	29	Armensk	12,00	13,00	6,00	20,00	2,00	6,50	5,00
K	49	Serbisk	12,60	13,00	5,90	12,50	3,00	6,30	5,50
K	50	Norsk	11,00	12,50	5,00	14,50	3,6	6,5	6,00

I ettertid kan sees at det er vesentlige forskjeller mellom kvinner og menn, og mellom det samme kjønn på cirka samme alder. En stor mangel, som kan telle en stor faktor for undersøkelsens validitet, er mangelen testpersoner i flere aldersgrupper og av andre etnisiteter.

4.9 Resultat av fysisk utprøving

For å vite hvordan et åndedrettsvern både ser ut, føles på ansiktet og helhetlig fungerer, ble det gjort utprøving av eksisterende åndedrettsvern. Helmasken i 6000-serien fra 3M, ble sett prøvd og studert. Denne masken dekker hele ansiktet, hvor det er en gjennomsiktig del som dekker øyne og kinn. Den har en integrert halvmaske som er avtagbar. Den dekker nese, munn og hake. Masken har separable filter som tilknyttes masken med en spesiell skrutilkopling. Masken er utstyrt med to innåndingsventiler der filtrene sitter, i tillegg til at det er montert to innåndingsventiler på selve halvmasken. Luften ut fra masken strømmer gjennom en demonterbar utåndingsventil. Ventilene i masken forebygger dugg på den gjennomsiktige delen. Masken er utstyrt med hodestropper som er enkle å justere inn og ut, og er laget av et materiale som tilsynelatende virker å være mild mot huden. Masken ble testet under støvete forhold under bygging av hus. Ved flere timers bruk, oppstod det lite til ingen

dugg på den gjennomsiktige delen av masken. Fuktigheten inne i den innebygde halvmasken var relativt liten, og masken gav lite til ingen irritasjon på huden. Til tross for hardt fysisk arbeid, viser det seg at masken gir god ventilering av luft både inn og ut, og er både komfortabel og enkel å bruke.



Figur 21: Fysisk utprøving. Foto: privat, 2021



Figur 22: Fysisk utprøving, 3M helmaske. Foto: privat 2021



Figur 23: Fysisk utprøving, 3M helmaske. Foto: privat 2021



Figur 24: Fysisk utprøving, 3M helmaske. Foto: privat 2021

Videre har erfaring med bruk av munnbind vist at luft strømmer både gjennom og rundt munnbindet, både ved inn- og utpust. Det oppstår også dugg på brukerens briller dersom brillene ikke er satt oppå masken over nesene. Ved bruk av munnbind samtidig som brukeren er aktiv, blir brukeren raskere tungpustet enn den normalt blir uten munnbind. Noe som foreslår at selv med lekkasje av luft mellom munnbind og ansikt, så blir pustemotstanden større.

4.10 Standardenes krav

Ut fra de ulike standardene som er gitt i kapittel 2.5, er «*NS-EN 1827 Åndedrettsvern – Halvmasker uten innåndingsventiler og med separable filtre for beskyttelse mot gasser eller gasser og partikler eller kun partikler – Krav, prøving, merking*» den standarden som best definerer den løsningen som er presentert i dette prosjektet. Da maskekonseptet kommer til å ha separable eller utbyttbare filter uten innåndingsventiler, men med en utåndingsventil. Maskekonseptet må dermed jobbe for å oppfylle de gitte kravene som kommer med denne standarden, for å bli godkjent.

For partikkelfiltre til maskekonseptet vil bruk av eksisterende partikkelfiltre være en mulig løsning. Disse filtrene bør da være standardisert etter NS-EN 143, med klassifiseringen P3, slik at riktig gjennomtrengingskrav brukes.

5 Drøfting og konklusjon

5.1 Drøfting av resultatene

Dette prosjektet er i stor grad et tverrfaglig prosjekt, der industriell design og helsefag møtes. Det ble både en utfordrende og givende oppgave. Prosjektdeltakerne måtte gjøre mye research og lære mye nytt, da hele prosjektgruppen består av kun ingeniørstudenter. Den største utfordringen var at informasjonssøkingen ble veldig tidkrevende, samt vurderingene om informasjonen tilknyttet det helsefaglige var relevant eller ikke. Prosjektet fikk likevel et konseptforslag som teoretisk sett kan fungere som et virusbeskyttende åndedrettsvern.

5.1.1 Konseptet i sin helhet

Konseptforslaget som er presentert, er en halvmaske som teoretisk sett skal kunne beskytte brukeren mot viruspartikler. Masken er en halvmaske, slik det var forespurt av oppdragsgiver. Den oppfyller også kravet om at mikrofonen er integrert på en måte som gir nok plass og ikke lager støy, samt at masken har et utseende som ikke minner stort om gassmasker eller annen krigsutstyr. Her er de aller viktigste ønskene fra oppdragsgiver møtt etter prosjektdeltakernes mening, men det er noen egenskaper konseptet ikke kommer unna.

Oppdragsgiver ønsket eksempelvis at masken skulle være komfortabel å bruke over tid. Prosjektgruppen var motivert til å skape et produkt som ikke skulle skape irritasjoner i brukerens ansikt. Etter en del skissering og research, viste det seg ganske fort at hvis komfort skulle prioriteres ville det gå på bekostning av virusbeskyttelsen. En maske som dette må etter flere standarder være helt tett til ansiktet og ikke tillate luftlekkasjer. Det vil føre til oppbygning av kondens inni masken, som videre kan føre til ubehag ved bruk i flere timer. Nå har masken en utåndingsventil som til en viss grad vil lette på kondensoppsamlingen, men høyst sannsynlig ikke nok til at temperatur og fukt blir på et minimum. For å oppnå den egenskapen, må masken bli redesignet til å ha motorisert ventilering og bruke eksempelvis HEPA-filter. Denne løsningen ville krevd både plass, vekt og strømtilførsel. Alle faktorene prosjektgruppen var enige om at ville være for krevende å plassere på brukerens hjelm, ettersom at rommet rundt hjelmen i helikopter-cockpiten er veldig lite.

5.1.2 Ventilering

En alternativ løsning på ventileringsproblematikken kunne vært en maske som utelukkende besto av et filtermateriale. Det finnes løsninger på slike masker som er klassifisert som FFP3. På den måten ville hele maskearealet filtrere luft, men også denne type maske krever utåndingsventil for å motvirke kondensoppsamling. Det er naturlig å tro at et større filtreringsareal alene, tillater mer luft og mindre pustemotstand. Og det kan fungere i kort tid, men dersom brukeren skal ha på masken i timer av gangen, må det være supplerende ventiler.

5.1.3 Rengjøring

For å fjerne alt av skitt, bakterier, virus og lignende på de ulike komponentene av halvmasken, ble det vurdert ulike metoder innenfor rengjøring, desinfisering og sterilisering. Løsningen ble en kombinasjon av mekanisk rengjøring, desinfisering og sterilisering. Maskekroppen steriliseres med autoklaving, slik som i helsevesenet. Hydrogenperoksid som sterilisering ble også vurdert. Til tross for at hydrogenperoksid omdannes til oksygen og vann, kan det ved høye konsentrasjoner forårsake hud- og slimirritasjoner. Dermed er det konkludert med at autoklaving blir noe mer miljø- og brukervennlig. Om det er høyst nødvendig å sterilisere masken for pre-hospital helsetjeneste er noe usikkert, men kanskje nødvendig hvis maskene ikke er individuelle. I tillegg er det en usikkerhetsfaktor at koronaviruset, som er det utpekte viruset som Norsk Luftambulansø ønsker å beskytte seg mot, er en pågående pandemi. Det vil si at underveis i bare den lille tiden prosjektarbeidet var i gang, ble det oppdaget flere mutasjoner og varianter av viruset. Det kan foreslå at maskene burde ha den beste rengjøringsmetoden, frem til det motsatte er bevist.

5.1.4 Mikrofonløsningen

Mikrofonløsningen var en av de ekstra egenskapene som trengte et eget design for å passe inn med de retningslinjene som fantes for åndedrettsvern. Det var i hovedsak tre idéer til mikrofonløsning, alle er tegnet og beskrevet i den vedlagte formveilederen. Den aller enkleste måten å gjøre det på, ville vært å bruke en strupemikrofon eller hodetelefoner med mikrofon som ligger mot kjevebenet. Disse finnes trådløst, så langt prosjektgruppen kunne finne frem til, men det var stor usikkerhet om trådløse løsninger faktisk er implementerbart i flyindustrien. Både produsenten av hjelmen som masken er tilpasset til, andre nettbutikker for pilotutstyr, tilbyr ikke trådløse mikrofoner og headset. Grunnen til dette er usikker, men det

antas at det på grunn av utfordringer med tilkobling på ulike høyder. Samtidig er enheter som dette avhengig av å lades fra tid til annen, og antageligvis oftere dess lengre det har vært i bruk. Dermed landet mikrofonløsningen til dette konseptet på å ha en innebygd mikrofon, som kan skiftes ut dersom det er behov for det. Eksempelvis dersom mikrofonen skulle bli utslitt eller ødelagt. Måten mikrofonen kobles til senderen på hjelmen er via en kabel som har to hann-tilkoblinger. En slik kabel er tilsynelatende ikke tilgjengelig i nettbutikker for pilotutstyr, men det er en ganske enkel kabel som prosjektgruppen er sikker på at enten kan bestilles eller til og med lages selv.

5.1.5 Antivirale materialer

Å implementere eksempelvis sølv i rammen, kunne ha forebygd virusoppsamling på overflaten, som senere kunne videreføres til brukerens ansikt. Spørsmålet er hvor lenge brukeren vil ha på seg rammen om gangen, til at viruset som eventuelt treffer overflaten rekker å bli fjernet av sølvet. Dermed er det heller en tilleggsfaktor å foreslå sølvioner i materialet, fremfor en nødvendig faktor.

5.1.6 Ethiske utfordringer

Den største etiske utfordringen med dette konseptet er det omstridte spørsmålet om størrelser. Som mange andre produktutviklere har opplevd tidligere, så er det ingen fasit på hvordan et menneskeansikt er og dermed ingen fasit på maskestørrelser. Ansiktsdimensjonene varierer veldig fra person til person, basert på etnisitet, alder og kjønn. Et tema som fort kan utvikle seg til diskriminering og rasisme, dersom løsningen utelukker brukere på grunn av en av disse faktorene. For at konseptforslaget i dette prosjektet skal treffe størrelsene til flest mulig i målgruppen, vil en undersøkelse av den spesifikke målgruppen være det beste alternativet. Dessverre fikk ikke prosjektgruppen anledning til å hverken måle ansiktsmålene til målgruppen selv, eller sende ut et skjema der målgruppen måler seg selv og sender inn dataene.

Undersøkelsen som derfor ble gjennomført, ble gjort på personer i arbeidsalder i Norge. Det var ingen andre krav til testgruppen. Resultatet av undersøkelsen som er beskrevet i 4.8, viser at ansiktsdimensjonene har størst variasjon mellom kvinner og menn, og mellom store aldersspenn. Det beviser konseptet med at ingen har et «standard ansikt», og én maskestørrelse vil ikke passe alle. Nå var det ingen data på testdeltakernes fedme og vekt,

men det kan tenkes at det også kan spille en faktor på ansiktsdimensjonene. Uavhengig av det, viser resultatene at flere mål kan grupperes og gi noen forskjellige maskestørrelser. Det kan bety at flertallet vil kunne finne en maske med riktig størrelse, mens noen få ikke vil det. Dette skjer i markedet hele tiden, selv om det byr på diskriminering av en minoritet av kundebasen. Det aller beste alternativet hadde vært å kunne tilby kundetilpassede masker, der det ble tatt nøyaktige mål. Denne løsningen er omfattende og vil koste mye.

5.1.7 Teoretisk fungerende maske

På grunn av manglene funksjonell prototype og muligheten til reelle tester, er det noen usikkerheter rundt konseptet som er til stede. Følgende faktorer om konseptet burde vært testet for å sikre at det faktisk fungerer:

- Tetthet mot ansiktet
- Pustemostand
- Komfort hos bruker over lengre tid
- Bruk og brukervennlighet i praksis
- Mikrofonløsningen
- Om masken faktisk passer på festeanordningen på hjelmen

Hadde tiden og ressursene vært til stedet, kunne det ha blitt produsert en prototype som kunne teste disse kvalitetene. Samt at det kunne testes mot standard NS-EN 1827 eller NS-EN 140. Ved en slik test vil det sees på hvordan masken stiller til krav om tetthet, pustemostand, luftsirkulasjon og videre krav fra standarder.

Antageligvis kan bedre komfort oppnås med en krafttilført maske, der problemstillingen vil være hvordan en krafttilførende halvmaske kan designes til å passe til helikopterpilotenes hjelmer. Videre kreves det også tester for å se at selve designet passer i det miljøet den er designet til. Det betyr at siden prosjektgruppen ikke hadde en av hjelmene til Norsk Luftambulans AS tilgjengelig gjennom prosjektet, er det kun simulert at masken passer til festeanordningene på hjelmen. I tillegg til å se på brukeratferd i forhold til masken, og hvordan brukerne faktisk bruker masken i praksis.

Mikrofonløsningen er heller ikke en løsning som er sikkert at fungerer uten testing og eventuelle justeringer. Her ville det vært aktuelt å lage mikrofonløsningen i en prototype, og teste lyd, signaler og brukervennlighet i forhold til både bruker og rengjøringsmetode.

5.2 Konklusjon

Problemstillingen til prosjektet ble etter at smittevern ble prioritert over komfort slik:

«Hva er det optimale designet for virusbeskyttende halvmaske til Norsk Luftambulans sine helikopterhjelmer?»

For å komme frem til en løsning ble det i stor grad brukt allerede eksisterende løsninger, kombinert på nye måter. Sammensetningen skal teoretisk oppfylle de krav og ønsker som var satt hos oppdragsgiver og de krav som settes til åndedrettsvern.

Konklusjonen er at løsningen presentert i denne rapporten, teoretisk sett kan fungere etter de kravene som settes til åndedrettsvern, men det vil ikke kunne oppfylle alle ønsker fra oppdragsgiver. Eksempelvis så god komfort at brukeren ikke vil oppleve ubehag over tid. Videre har prosjektgruppen nådd resultatmålet, om komme frem til et tilfredsstillende konseptforslag med tilhørende modeller, simuleringer og produksjonsplaner. Prosjektet er vellykket, da Norsk Luftambulans AS har uttrykt at de er fornøyde med konseptforslaget.

Det var aldri et mål i dette prosjektet, å lage en funksjonell prototype. Hverken tid eller økonomiske ressurser ville tillate det. Hadde det vært aktuelt å gjøre det, hadde konseptforslaget i rapporten kunne bli testet og eventuelt gitt en konklusjon om konseptet fungerer i praksis eller ikke.

Litteraturliste

- 3M (2021) *Cleaning and Disinfecting 3M Reusable Elastomeric Half and Full Facepiece Respirators following Potential Exposure to Coronaviruses*. Tilgjengelig fra: https://www.3mnorge.no/3M/no_NO/helse-og-sikkerhet-pa-arbeidsplassen/nyheter-events/full-story/?storyid=d69d4dd1-1416-4f60-b605-0f0fe4f2a81d (Hentet: 13.04.2021).
- 3M (u.å.) Tilpasningstest. Tilgjengelig fra: https://www.3mnorge.no/3M/no_NO/helse-og-sikkerhet-pa-arbeidsplassen/sikkerhets-losninger/senter-for-andedrettsvern/tilpasning/.
- Akslaksen, F. *et al.* (1997) *Universell utforming Planlegging og design for alle*. Tilgjengelig fra: <https://www.bufdir.no/contentassets/9244e0c638c34b18bf1e0c21c633768f/universell-utforming---planlegging-og-design-for-alle.pdf> (Hentet: 24.02.2021).
- Alexander, J. (2020) *N95 vs FFP3 & FFP2 masks - what's the difference?* (b. 2021). *fastlifefacks.com*. Tilgjengelig fra: <https://fastlifefacks.com/n95-vs-ffp/> (Hentet: 12.04.21).
- Arbeids- og sosialdepartementet, J.-o. b. (2018) *Forskrift om konstruksjon, utforming og produksjon av personlig verneutstyr (PVU)*. lovdata.no. Tilgjengelig fra: <https://lovdata.no/dokument/SF/forskrift/2018-06-22-1019> (Hentet: 19.02.2021).
- Bakken, E. N. (2019) *Universell utforming, Brukergrupper og brukerforståelse. TEK3022 Universell utforming og brukersentrert design (2019)*.
- Borchgrevink-Lund, C. F. (2021) *Åndedrettsvern*. Tilgjengelig fra: <https://www.infeksjonskontroll.no/forebygging/5779>.
- Centers for Disease Control and Prevention (2017) *Facial Hairstyles and Filtering Facepiece Respirators NIOSH Science Blog* (b. 2021). *blog.cdc.gov*: Centers for Disease Control and Prevention. Tilgjengelig fra: <https://blogs.cdc.gov/niosh-science-blog/2017/11/02/noshave/> (Hentet: 19.02.2021).
- Corneliussen, R. C. (2015) *Tilvirkningsteknologi for plastprodukter Tilvirkningsteknikk*. Oslo: Fagbokforlaget Vigmostad og Bjørke.
- Dalen, M. (u.å.) *Validitet og reliabilitet i kvalitativ forskning*. Tilgjengelig fra: https://learn-eu-central-1-prod-fleet01-xythos.learn.cloudflare.blackboardcdn.com/5def77a38a2f7/5003441?X-Blackboard-Expiration=1620410400000&X-Blackboard-Signature=LUs4%2BTiNHqg4GHZwgLTku6sBKferRb8H1ZJ4LiRXwm0%3D&X-Blackboard-Client-Id=303508&response-cache-control=private%2C%20max-age%3D21600&response-content-disposition=inline%3B%20filename%2A%3DUTF-8%27%27Validitet%2520Reliabilitet%2520KvalitativForskning.pdf&response-content-type=application%2Fpdf&X-Amz-Algorithm=AWS4-HMAC-SHA256&X-Amz-Date=20210507T120000Z&X-Amz-SignedHeaders=host&X-Amz-Expires=21600&X-Amz-Credential=AKIAZH6WM4PL5M5HI5WH%2F20210507%2Feu-central-1%2Fs3%2Faws4_request&X-Amz-Signature=76c5f5dfcc37acd3fa1b7e10ff22acc7ba278ada061c923c6f33b634f63da68 (Hentet: 03.04.2021).
- Dassault Systemèmes Soliworks Corporation (u.å.) *3D CAD*. Tilgjengelig fra: <https://www.solidworks.com/category/3d-cad> (Hentet: 29.03.2021).
- dr. Temmesfeld (2021) Vedlegg 4: Referater fra møter og samtaler med Temmesfeld.

- ECO USA (u.å.) *SILICONE RUBBER RECYCLING PROCESS*. Tilgjengelig fra: <https://www.ecousarecycling.com/silicone-rubber-recycling-process/> (Hentet: 03.05. 2021).
- Farstad, P. (2008) Produkt, Marked og Kulturforståelse, i Universitetsforlaget (red.) *Industridesign*. Universitetsforlaget.
- Folkehelseinstituttet (2020) *Koronavirus – fakta og håndtering i Norge*. Tilgjengelig fra: <https://www.helsenorge.no/koronavirus/fakta-og-handtering-i-norge/> (Hentet: 03.05. 2021).
- Folkehelseinstituttet (2021a) Fakta om koronaviruset SARS-CoV-2 og sykdommen covid-19. Tilgjengelig fra: <https://www.fhi.no/nettpub/coronavirus/fakta-og-kunnskap-om-covid-19/fakta-om-koronavirus-coronavirus-2019-ncov/>.
- Folkehelseinstituttet (2021b) *Råd om bruk av teknisk desinfeksjon i helsetjenesten*. Tilgjengelig fra: <https://www.fhi.no/nettpub/coronavirus/helsepersonell/desinfeksjon-ved-sars-cov-2/> (Hentet: 12.04. 2021).
- Folkehelseinstituttet (u.å.) *Koronavirus – fakta og håndtering i Norge*. Tilgjengelig fra: <https://www.helsenorge.no/koronavirus/fakta-og-handtering-i-norge/>.
- Fry, A. C. (2021) Can HDPE be used for 3D Printing? *3D Printing Spot* (b. 2021). Tilgjengelig fra: <https://www.3dprintingspot.com/post/can-hdpe-be-used-for-3d-printing> (Hentet: 27.04.21).
- Fykse, E. M., Moen, L. V. og Dybwad, M. (2020) *SARS-CoV-2-viruset: overlevelse og sensitivitet mot desinfeksjonsmidler*. FFI: Forsvarets forskningsinstitutt (FFI). Tilgjengelig fra: <https://publications.ffi.no/nb/item/asset/dspace:6734/20-01277.pdf> (Hentet: 06.04.2021).
- Gentex Corporation (u.å.-a) *ALPHA EAGLE ROTARY WING HELMET SYSTEM*. Tilgjengelig fra: <https://shop.gentexcorp.com/alpha-eagle-rotary-wing-helmet-system/> (Hentet: 01.03. 2021).
- Gentex Corporation (u.å.-b) *COMPANY*. Tilgjengelig fra: <https://www.gentexcorp.com/company/> (Hentet: 01.03. 2021).
- Gentex Corporation (u.å.-c) *EAGLE ROTARY WING HELMET SYSTEM*. Tilgjengelig fra: <https://www.gentexcorp.com/alpha/rescue/> (Hentet: 01.03. 2021).
- Google (u.å.) *Google Scholar - About*. Tilgjengelig fra: <https://scholar.google.com/intl/en/scholar/about.html> (Hentet: 18.03. 2021).
- Grønmo, S. (2020) livsløpsanalyse *Store norske leksikon*. Tilgjengelig fra: <https://snl.no/livsløpsanalyse> (Hentet: 29.03.21).
- Helseth, L. E. (2019) *Plast Store norske leksikon*. snl.no. Tilgjengelig fra: www.snl.no/plast (Hentet: 23.03.21).
- Helseth, L. E. (2020a) *Elastomer Store norske leksikon*. Tilgjengelig fra: snl.no/elastomer (Hentet: 13.04.21).
- Helseth, L. E. (2020b) *Gummi Store norske leksikon*. Tilgjengelig fra: snl.no/gummi (Hentet: 13.04.21).
- Helseth, L. E. (2021) *ABS-plast Store norske leksikon*. Tilgjengelig fra: <https://snl.no/ABS-plast> (Hentet: 27.04.21).
- Hem, E. (2020) *Patogen Store norske leksikon*. Tilgjengelig fra: <https://sml.snl.no/patogen> (Hentet: 23.03.21).
- Hsiao, H. (2013) Anthropometric procedures for protective equipment sizing and design. doi: 10.1177/0018720812465640.
- Högskolan i Skövde (u.å.) *Hur används antropometri?* Tilgjengelig fra: <http://antropometri.se/methods.php> (Hentet: 10.02. 2021).
- Institute of Medicine (2007) *Assessment of the NIOSH Head-and-Face Anthropometric Survey of U.S. Respirator Users*. Washington, DC: The National Academies Press.

- Johannessen, A., Christoffersen, L. og Tufte, P. A. (2011) Kvalitative intervju og gruppesamtaler, i forlag, a. (red.) *Forskningsmetode for økonomiske-administrative fag*. Oslo: abstrakt forlag.
- Johansen, H. (u.å.-a) *Materiallære - plast*. Tilgjengelig fra: <https://folk.ntnu.no/hennj/materialteknologi/materialteknologi/Materiallare/arbeidsplan/plastmaterialer/Materiallaere-plast.pdf> (Hentet: 23.03. 2021).
- Johansen, H. (u.å.-b) *Materiallære, plast*. Tilgjengelig fra: <https://folk.ntnu.no/hennj/materialteknologi/materialteknologi/Materiallare/arbeidsplan/plastmaterialer/Materiallaere-plast-forelesningnotater.pdf> (Hentet: 23.03. 2021).
- Keid, J. (2021) Thermoplastic Elastomer (TPE) vs. Liquid Silicone Rubber (LSR) *Kaysun Blog* (b. 2021). Tilgjengelig fra: <https://www.kaysun.com/blog/thermoplastic-elastomer-vs-liquid-silicone-rubber> (Hentet: 13.04.2021).
- Klinikk for Alle (u.å.) *Ergonomi*. Tilgjengelig fra: <https://klinikkforalle.no/forbedrifter/ergonomi> (Hentet: 03.03. 2021).
- Krajewski, L. J., Ritzman, L. P. og Malhotra, M. K. (2010a.) Developing a process strategy *Operations Management Process and supply chains*. Global edition: Pearson.
- Krajewski, L. J., Ritzman, L. P. og Malhotra, M. K. (2010b.) Managing quality *Operations Management Process and supply chains*. Global edition: Pearson.
- Krajewski, L. J., Ritzman, L. P. og Malhotra, M. K. (2010c) Designing effective supply chains *Operations Management Process and supply chains*. Global edition: Pearson.
- Kulturdepartementet (2018) *Lov om likestilling og forbud mot diskriminering (likestillings- og diskrimineringsloven)*. <https://lovdata.no>. Tilgjengelig fra: https://lovdata.no/dokument/NL/lov/2017-06-16-51#KAPITTEL_1 (Hentet: 03.03.2021).
- Køster, C. (2017) Hva er forskjellen på resultatmål og effektmål? (b. 2021). [prosjektbloggen.no](https://www.prosjektbloggen.no). Tilgjengelig fra: <https://www.prosjektbloggen.no/hva-er-forskjellen-p%C3%A5-resultatm%C3%A5l-og-effektm%C3%A5l>.
- Li, H. og Zhang, L. (2017) Photocatalytic performance of different exposed crystal facets of BiOCl. Tilgjengelig fra: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S2452223617300494>.
- Lid, I. M. (2020) Universell utforming *Store norske leksikon*. Tilgjengelig fra: https://snl.no/universell_utforming (Hentet: 24.02.2021).
- Lingaas, E. (u.å.) *Smittemåter og smittespredning*. Tilgjengelig fra: <https://www.infeksjonskontroll.no/infeksjon/5713> (Hentet: 07.05. 2021).
- Lovdata (2018) *Forskrift om konstruksjon, utforming og produksjon av personlig verneutstyr (PVU)*. lovdata.no. Tilgjengelig fra: <https://lovdata.no/dokument/SF/forskrift/2018-06-22-1019> (Hentet: 12.03.21).
- Lovdata (2019) *Forskrift om medisinsk utstyr*. lovdata.no. Tilgjengelig fra: https://lovdata.no/dokument/SF/forskrift/2005-12-15-1690/* (Hentet: 19.02.2021).
- Made-in-China TM (u.å.) *Medical Reusable Silicone Oxygen Mask for Manual Resuscitator by LSR Injection Mold*. Tilgjengelig fra: <https://bettersilicone.en.made-in-china.com/product/ZwiJQosKnEcU/China-Medical-Reusable-Silicone-Oxygen-Mask-for-Manual-Resuscitator-by-LSR-Injection-Mold.html> (Hentet: 13.04. 2021).
- Martinsen, L. (2020a) DNA *Store norske leksikon*. Tilgjengelig fra: <https://snl.no/DNA> (Hentet: 23.03.21).
- Martinsen, L. (2020b) RNA *Store norske leksikon*. Tilgjengelig fra: <https://snl.no/RNA> (Hentet: 23.03.21).
- Moen, L. V., Fykse, E. M. og Dybwad, M. (2020) *Dekontaminering av åndedrettsvern med*

- hydrogenperoksiddamp*. FFI: Forsvarets forskningsinstitutt. Tilgjengelig fra: <https://ffi-publikasjoner.archive.knowledgegearc.net/bitstream/handle/20.500.12242/2727/20-01742.pdf?sequence=1&isAllowed=y> (Hentet: 13.04.21).
- Myrvang, B. (2019) Desinfeksjon *Store norske leksikon*. Tilgjengelig fra: <https://sml.snl.no/desinfeksjon> (Hentet: 13.04.21).
- Mæhlum, L. (2020) 3D-printing *Store norske leksikon*. Tilgjengelig fra: <https://snl.no/3D-printing> (Hentet: 26.03.21).
- Nateland, L. (2020) *Desinfeksjon og kjemikaliesikkerhet*. Tilgjengelig fra: <https://oslo-universitetssykehus.no/seksjon/nasjonal-kompetansetjeneste-for-dekontaminering/Documents/6%20Desinfeksjon%20og%20kjemikaliesikkerhet.pdf> Side 3-7. (Hentet: 12.04. 2021).
- Norsk legemiddelhåndbok (2016a) Hydrogenperoksid *Norsk legemiddelhåndbok*. Foreningen for utgivelse av Norsk legemiddelhåndbok. Tilgjengelig fra: <https://www.fhi.no/nettpub/coronavirus/helsepersonell/desinfeksjon-ved-sars-cov-2/> (Hentet: 14.04.21).
- Norsk legemiddelhåndbok (2016b) Desinfeksjon *Norsk legemiddelhåndbok*. Foreningen for utgivelse av Norsk legemiddelhåndbok. Tilgjengelig fra: <https://www.legemiddelhandboka.no/T1.21/Desinfeksjon> (Hentet: 13.04.21).
- Norsk legemiddelhåndbok (2016,) Kjemisk desinfeksjon *Norsk legemiddelhåndbok*. Foreningen for utgivelse av Norsk legemiddelhåndbok. Tilgjengelig fra: https://www.legemiddelhandboka.no/T1.21.1.2/Kjemisk_desinfeksjon (Hentet: 12.04.21).
- Norsk Luftambulans AS (u.å.) *Om oss*. Tilgjengelig fra: <https://www.nlaas.no/om-oss/> (Hentet: 02.02 2021).
- NTNU (u.å.) *Hva er Oria?* Tilgjengelig fra: https://bibsys-almaprimo.hosted.exlibrisgroup.com/primo-explore/search?vid=NTNU_UB (Hentet: 18.03. 2021).
- Olsen, A. H. *et al.* (2020) Åndedrettsvern – hvordan beskytte helsearbeidere best mulig? Tilgjengelig fra: <https://tidsskriftet.no/2020/07/debatt/andedrettsvern-hvordan-beskytte-helsearbeidere-best-mulig>.
- Oslo Universitetssykehus (2020) *Tørrsterilisering og vanddampsterilisering*. Tilgjengelig fra: <https://oslo-universitetssykehus.no/torrsterilisering-og-vanddampsterilisering> (Hentet: 16.04 2021).
- Oslo Universitetssykehus (2021) *Kjemisk desinfeksjon*. Tilgjengelig fra: <https://oslo-universitetssykehus.no/kjemisk-desinfeksjon> (Hentet: 12.04. 2021).
- Oslo Universitetssykehus (u.å.) *Bruk av åndedrettsvern ved luftsmitte*. Tilgjengelig fra: <https://ehandboken.ous-hf.no/document/21564>.
- PDI (u.å.-a) *Sani-Cloth® Prime Germicidal Disposable Wipe*. Tilgjengelig fra: <https://pdihc.com/products/environment-of-care/sani-cloth-prime-germicidal-disposable-wipes/> (Hentet: 21.04. 2021).
- PDI (u.å.-b) *Super Sani-Cloth® Germicidal Disposable Wipe*. Tilgjengelig fra: <https://pdihc.com/products/environment-of-care/super-sani-cloth-germicidal-disposable-wipe/> (Hentet: 21.04. 2021).
- Pedersen, B. (2020) Frie radikaler *Store norske leksikon*. Tilgjengelig fra: https://snl.no/frie_radikaler (Hentet: 23.03.21).
- Pihl, R. (2020) SWOT-analyse *Store norske leksikon*. Tilgjengelig fra: <https://snl.no/SWOT-analyse> (Hentet: 19.04.2021).
- Plastic Collectors (2020) What Is ABS Plastic And Is It Recyclable? *Plastic Collectors* (b. 2021). Tilgjengelig fra: <https://www.plasticcollectors.com/blog/what-is-abs-plastic/> (Hentet: 27.04.21).

- Releka (u.å.) *Produktinformasjon: Tec7 Miljøvennlig MS-polymer lim, fuge- og tettemasse*. Tilgjengelig fra: <https://www.elektroimportoren.no/docs/lib/1804223-Produktblad-3.pdf> (Hentet: 19.04. 2021).
- Rydninge, U., Norenberg, D. L. og Lid, I. M. (2016) Universell utforming som tema i høyere utdanning, *Formakademisk*, 9(2). Tilgjengelig fra: <https://journals.oslomet.no/index.php/formakademisk/article/view/1330> (Hentet: 24.02.2021).
- Sagdahl, M. S. (2020) Etikk, i leksikon, S. n. (red.) *Store Norske leksikon*. snl.no. Tilgjengelig fra: snl.no/etikk (Hentet: 24.02.2021).
- SINTEF (u.å.) *Livsløpsanalyser av bygninger (LCA)*. Tilgjengelig fra: <https://www.sintef.no/ekspertise/community/livsløpsanalyser-av-bygninger/> (Hentet: 29.03. 2021).
- Sirevåg, R. (2019) Sterilisering - mikrobiologi *Store norske leksikon*. Tilgjengelig fra: https://snl.no/sterilisering_-_mikrobiologi (Hentet: 14.04.21).
- Standard Norge (1999a) NS-EN 140 2.utgave januar 1999 Åndedrettsvern – Halvmasker og kvartmasker – Krav, prøving, merking. Tilgjengelig fra: <https://www.standard.no/no/Nettbutikk/produktkatalogen/Produktpresentasjon/?ProductID=139027> (Hentet: 09.03.21).
- Standard Norge (1999b) NS-EN 12941 1.utgave januar 1999 Åndedrettsvern – Krafttilført filtrerende utstyr med hjelm eller hette – Krav, prøving, merking. . Tilgjengelig fra: <https://www.standard.no/no/Nettbutikk/produktkatalogen/Produktpresentasjon/?ProductID=137529> (Hentet: 17.02.21).
- Standard Norge (2000) [Tilbaketrukket] NS-EN 143 2.utgave juni 2000 innbefattet rettelsesblad AC:2002 og AC:2005 Åndedrettsvern – Partikkelfiltre – Krav, prøving, merking. . Tilgjengelig fra: <https://www.standard.no/no/Nettbutikk/produktkatalogen/Produktpresentasjon/?ProductID=1345877> (Hentet: 17.02.21).
- Standard Norge (2009) NS-EN 1827:1999+A1:2009 Åndedrettsvern – Halvmasker uten innåndingsventiler og med separable filtre for beskyttelse mot gasser eller gasser og partikler eller kun partikler – Krav, prøving, merking. . Tilgjengelig fra: <https://www.standard.no/no/Nettbutikk/produktkatalogen/Produktpresentasjon/?ProductID=392049> (Hentet: 19.04.21).
- Standard Norge (2020) NS-EN 149:2001+A1:2009 Åndedrettsvern - filtrerende halvmasker til beskyttelse mot partikler – krav, prøving, merking. . Tilgjengelig fra: <https://www.standard.no/no/Nettbutikk/produktkatalogen/Produktpresentasjon/?ProductID=1143839> (Hentet: 17.02.21).
- Stiftelsen Norsk Luftambulans (u.å.) *Om oss*. Tilgjengelig fra: <https://norskluftambulans.no/om-oss/> (Hentet: 02.02. 2021).
- Sun, Z. og Ostrikov, K. (2020) Future antiviral surfaces: Lessons from COVID-19 pandemic, *Sustainable Materials and Technologies*, 25. doi: 10.1016/j.susmat.2020.e00203.
- Tønsager, J. (2020) *Desinfeksjon og gjenbruk av åndedrettsvern (filtrerende halvmasker)*. FFI: Forsvarets forskningsinstitutt (FFI). Tilgjengelig fra: <http://18.195.19.6/bitstream/handle/20.500.12242/2709/20-01237.pdf?sequence=1&isAllowed=y> (Hentet: 06.04.2021).
- United States Environmental Protection Agency (u.å.-a) *List N Tool: COVID-19 Disinfectants*. Tilgjengelig fra: <https://cfpub.epa.gov/giwiz/disinfectants/index.cfm> (Hentet: 21.04. 2021).
- United States Environmental Protection Agency (u.å.-b) *About List N: Disinfectants for Coronavirus (COVID-19)*. Tilgjengelig fra: <https://www.epa.gov/coronavirus/about-list-n-disinfectants-coronavirus-covid-19-0> (Hentet: 21.04. 2021).

- Univerisetssykehuset Nord-Norge (2021) *Åndredrettsvern og korona*. Tilgjengelig fra: <https://unn.no/seksjon-avdeling/Arbeids--og-milj%C3%B8medisin/Sider/Ny20-5-Korona.aspx#skjegg-og-andedrettsvern> (Hentet: 19.02. 2021).
- Vasbotten, M. (2020) Budsjettemal: Hvordan sette opp et budsjett? *Conta Kunnskap* (b. 2021). Tilgjengelig fra: <https://hjelp conta.no/kunnskapssidene/drive-firma/hvordan-sette-opp-et-budsjett/> (Hentet: 19.04.2021).
- Vaaje-Kolstad, G. (2020) Enzymer *Store norske leksikon*. Tilgjengelig fra: snl.no/enzymer (Hentet: 23.03.21).
- Wei, K. N. (2019) What Is PM0.3 and Why Is It Important? (b. 2021). Smartairfilters.com. Tilgjengelig fra: <https://smartairfilters.com/en/blog/what-is-pm0-3-why-important/> (Hentet: 12.04.21).

Opphavsrettsnotis Standard Online

Opphavsrettsnotis for gjengivelse av opphavsretts beskyttet dokument:

Kapittel 4, 7.6, 5, 7.10, 7.5 og 7.11 fra NS-EN 149:2001+A1:2009 - Åndedrettsvern – filtrerende halvmasker til beskyttelse mot partikler – krav, prøving og merking er gjengitt av Sigrid Klingøy til bruk i oppgaven «Konseptutvikling av virusfiltrerende halvmaske» til helikopterpiloter med tillatelse fra Standard Online AS april 2021. Standard Online er ikke ansvarlig for eventuelle feil i gjengitt materiale. Se www.standard.no.

Kapittel 4, 5, 6 og 7.4 fra NS-EN 143:2. utgave juni 2000 – Åndedrettsvern – partikkelfiltre – krav, prøving, merking (innbefattet rettelsesblad AC:2002 og AC:2005) er gjengitt av Sigrid Klingøy til bruk i oppgaven «Konseptutvikling av virusfiltrerende halvmaske» med tillatelse fra Standard Online AS april 2021. Standard Online er ikke ansvarlig for eventuelle feil i gjengitt materiale. Se www.standard.no.

Kapittel 5 og Table 1 fra NS-EN 12491:1. utgave januar 1999 - Åndedrettsvern – Krafttilført filtrerende utstyr med hjelm eller hette – krav, prøving, merking er gjengitt av Sigrid Klingøy til bruk i oppgaven «Konseptutvikling av virusfiltrerende halvmaske» med tillatelse fra Standard Online AS april 2021. Standard Online er ikke ansvarlig for eventuelle feil i gjengitt materiale. Se www.standard.no.

Kapittel 3, 6.4, 6.6, 6.7, 6.9, 6.12, 6.13 fra NS-EN 140: 2.utgave januar 1999 – Åndedrettsvern – halvmasker og kvartmasker – krav, prøving, merking (innbefattet rettelsesblad AC:1999) er gjengitt av Sigrid Klingøy til bruk i oppgaven «Konseptutvikling av virusfiltrerende halvmaske» med tillatelse fra Standard Online AS april 2021. Standard Online er ikke ansvarlig for eventuelle feil i gjengitt materiale. Se www.standard.no.

Kapittel 3, 4 og 5.1 fra NS-EN 1827 Åndedrettsvern – Halvmasker uten innåndingsventiler og med separable filtre for beskyttelse mot gasser eller gasser og partikler eller kun partikler – Krav, prøving, merking er gjengitt av Sigrid Klingøy til bruk i oppgaven «Konseptutvikling av virusfiltrerende halvmaske» med tillatelse fra Standard Online AS april 2021. Standard Online er ikke ansvarlig for eventuelle feil i gjengitt materiale. Se www.standard.no.

Vedleggliste

1. Forprosjekt
2. Formveileder
3. Prisanslag
4. Referat fra møter og samtale med Temmesfeld
5. Bruksanvisning
6. Standarder
7. Økonomi for prosjektet
8. Medforfatterdeklarasjon
9. Gruppekontrakt
10. Standardavtale

