

Nico From

# Cryoterapialaite pieneläimille

Metropolia Ammattikorkeakoulu

Insinööri (AMK)

Automaatiotekniikka

Insinöörityö

11.5.2018

Tekijä Otsikko	Nico From Cryoterapialaite pieneläimille
Sivumäärä Aika	29 sivua + 0 liitettä 11.5.2018
Tutkinto	Insinööri (AMK)
Tutkinto-ohjelma	Automaatiotekniikka
Ammatillinen pääaine	Automaatiotekniikka
Ohjaajat	Tekninen johtaja Juha Yliollitervo Lehtori Kai Virta
<p>Tämä insinööriytyö toteutettiin Cryotech Finland Oy:n toimeksiannosta. Työssä suunniteltiin sekä toteutettiin kylmähoitokabiini pieneläimille, sen automaatio sekä nestemäiselle typensyötölle tarkoitettu putkisto.</p> <p>Tässä työssä perehdyttiin pieneläimille tarkoitetun Cryokabiinin toimintaan, sen komponentteihin ja typensyötön optimointiin. Insinööriytyön lukija saa yleiskäsityksen huippukylmähoitosta, huippukylmähoidon hyödyistä ja siihen kuuluvista riskeistä. Lukijalle esitellään ihmisille tarkoitetun Cryokabiinin yleisilme sekä sen toimintaan vaikuttava automaatio. Lukija saa syvällisemmän kuvan pieneläimille tarkoitetusta Cryokabiinista ja sen toimintaperiaateista.</p> <p>Työssä käytettiin materiaaleina jo olemassa olevan Cryokabiinin dokumentteja sekä internetistä saatua tietoa tieteellisesti todennetuista tutkimuksista.</p> <p>Huippukylmähoidon aiheuttama termoshokki parantaa pieneläimen yleistä terveyttä, vähentää leikkauksen jälkeisen kuntoutumisajan pituutta sekä helpottaa lihas-särkyjä sekä nivelkipuja.</p> <p>Insinööriytyön lopputuloksena syntyi pieneläimille tarkoitetun cryokabiinin prototyyppi. Prototyyppiä tullaan vielä testaamaan, koestamaan ja siihen tullaan vielä tekemään hienosäätöä automaation kanssa, mutta sen perusperiaate ei muutu.</p>	
Avainsanat	Cryocabin, kylmähoito, cryoterapia, terveys, teknologia

Author Title	Nico From Cryocabin appliance for pets
Number of Pages Date	29 pages + 0 appendices 11 May 2018
Degree	Bachelor of Engineering
Degree Programme	Automation engineer
Professional Major	Automation
Instructors	Technical Director Juha Yliollitervo Lecturer Kai Virta
<p>Subject of this study appeared from need to made a Cryocabin for small animals. Cryotech Nordic announced that they're interested in expanding cryotherapy treatments from humans to small animals like dogs. Major purpose in this thesis is conceive and execute Cryocabin for small animals including automation and feeding pipes for liquid nitrogen.</p> <p>Major purpose was conceive Cryocabins functions, components and optimization of nitrogen feeding. Reader receives an overview on whole body cryotherapy treatments, benefits and disadvantages. Normal Cryocabin is presented with its automation so that the reader gets a general understanding of how coldtherapy works in Cryocabins. Reader also receives deeper understanding from the cabin made for a small animals such as its principles.</p> <p>Materials used in this study were existing documents such as layout pictures concerning switchboard. Most of the information was received from internet and treatises.</p> <p>Whole body cryotherapy causes thermoshock which enhances animals common health, decreases rehabilitation times and it also heals and relieves muscle and join pains.</p> <p>World first Cryocabin for small animals was manufactured based on this study. Cryocabin will be under precise control and there will be much more device testing and troubleshooting before final product. There will be some upgrades and modifications on automation and structure but cabins principle doesn't change.</p>	
Keywords	Cryocabin, coldtherapy, cryotherapy, healthy, technology

## Sisällys

### Lyhenteet

1	Johdanto	1
1.1	Yleistä	1
1.2	Opinnäytetyön aihe	1
2	Cryotech Nordic As & Cryotech Finland Oy	2
3	Huippukylmähoito	4
3.1	Historia	4
3.2	Huippukylmähoito eli WBCT	4
3.2.1	Hyödyt	6
3.2.2	Haitat	6
4	Nestemäinen typpi	7
5	Cryokabiini	7
5.1	Cryokabiinin automaattinen ohjaus	8
5.1.1	Päävirtapiirin komponentit	9
5.1.2	Heikkovirtapiirin komponentit	9
5.2	Typensyötön optimointi	9
6	WBCT-laite pieneläimille	10
6.1	Pieneläinten yleisimmät sairaudet	11
6.2	WBCT-laitteen vaatimusten määrittely	11
6.3	WBCT-laitteen suunnittelu	12
6.3.1	Cryokabiinin rakennemateriaali ja verhoilu	13
6.3.2	Cryokabiinin automaatiokeskus ja pääjännitekomponentit	15
6.3.3	Logiikka ja käyttöliittymä	18
6.3.4	Typensyöttö ja siihen kuuluvat komponentit	21
6.4	Yhteenveto Cryokabiinin typensyötöstä	24
6.5	Tutkimuksia WBCT:n vaikutuksista koiriin	24
6.6	Valmis prototyyppi	26
7	Yhteenveto	28
	Lähteet	29

## Lyhenteet

A/D-muunnin	Muuntaa analogisen signaalin digitaaliseksi
CTF	Cryotech Finland.
CTN	Cryotech Nordic.
D/A-muunnin	Muuntaa digitaalisen signaalin analogiseksi
DEAKTIVOITUA	Sulkeutuu/Lopettaa toimintansa/muuttuu jännitteettömäksi
IMPELLER-HOUSING	Typensyötön puhallusjärjestelmä
LAYOUT	Rakennokuva
PLC	Ohjelmoitava logiikka
SESSIO	Sessiolla tarkoitetaan yhtä cryokabiinissa otettua hoitokertaa
SPI	Serial Peripheral Interface Bus = Tiedonsiirtostandardi
TULES	Tuki- ja liikuntaelinsairaus
VORTEX	Nestemäisen typen höyrystymiskammio
WBCT	Whole body cryotherapy = Huippukylmähoito

# 1 Johdanto

## 1.1 Yleistä

Tämä insinöörityö on tehty Cryotech Nordicin tarpeesta luoda huippukylmähoitolaite pieneläimille. Huippukylmähoitolaite tunnetaan myös nimillä cryokabiini, kylmähoitolaite, kylmähoitokaappi ja cryosauna. Kylmähoidot ja kylmähoitolaitteet on alun perin kehitetty reumaa sairastavien henkilöiden kipujen lievityksiin, mutta nykypäivänä sitä käyttävät mm. monet julkisuuden henkilöt sekä huippu-urheilijat erilaisten lihaskipujen lievityksiin sekä urheilusuorituksesta palautumiseen [1].

Kylmähoitojen peruseriaatteena on altistaa henkilö tai eläin äärimmäiseen kylmyyteen, joka lisää elimistön kykyä tuottaa kivunpoistoon tarkoitettuja vasta-aineita ja entsyymejä. Tämä parantaa yleisestä terveyttä ja suorituskykyä. Ihmiselle suunnatussa kylmähoitolaitteessa lämpötila voi pudota hoidon aikana, jopa -140 celsiusasteeseen saakka. [1.]

## 1.2 Opinnäytetyön aihe

Opinnäytetyön aiheena on lemmikkieläimille suunniteltu nestemäisellä ilmalla tai vaihtoehtoisesti nestemäisellä tyypellä toimiva kylmähoitokabiini. Lemmikkieläimille suunniteltu kylmähoitokabiini on kooltaan huomattavasti ihmiselle tarkoitettua kabiinia pienempi, mutta toimintaperiaate ja vaikutukset ovat samat. Hoidon aikana eläin, esim. koira altistetaan äärimmäiseen kylmyyteen 5 minuutin ajaksi, minkä seurauksena koiran keho vaihtuu termoshokkiin ja aloittaa kehon luontaiset paranemismekanismit. Opinnäytetyön tarkoituksena on suunnitella ja toteuttaa cryokabiinin ohjaustoiminnot, turva-automaatio, päävirtapiiri sekä työpensyötölle tarkoitettu putkisto ja siihen kuuluvat nestemäisen tyypen ohjaustoiminnot ja varotoimenpiteet. Cryokabiiniin tulee päästä käsiksi etäohjauksella. Kaikki oleellinen data esimerkiksi lämpötiloista sekä tyypen annostelussa käytettävästä solenoidiventtiilin aukioloajoista on kirjauduttava palvelimelle vikojen paikannusta ja jatkokehitystä varten.

## 2 Cryotech Nordic As & Cryotech Finland Oy

Cryotech Nordic As on perustettu vuonna 2013 ja se on lähtöisin Virossa, Harjumaalta. Cryotech Nordicin pääkonttori sijaitsee Eestissä ja sen tytäryhtiön Cryotech Finlandin pääkonttori Vantaalla, Martintalossa.

Cryotech Nordic As on nopeasti kasvava huipputeknologia-alan edelläkävijä ja maailmanlaajuinen cryoteknologialaitteiden valmistaja ja toimittaja. Pääasiallisesti Cryotech Nordic As toimittaa hyvinvointitekniikka-alan -laitteita maahantuojille ympäri maailmaa, jotka myyvät laitteet kuluttajille. Laitteita on myös mahdollista ostaa erilaisille seuroille, kuntosaleille tai, jopa yksityishenkilönä suoraan Cryotech Nordic As:lta. Cryotech Nordic As:n tytäryhtiö Cryotech Finland Oy suunnittelee, valmistaa sekä kehittää kirurgisiin toimenpiteisiin ei kirurgisia ratkaisuja, kuten huippukylmähoitoja tarjoavia Cryokabiineja sekä rasvanjäädytyslaitteita. Cryotech Finland Oy on Cryotech Nordic As:n 100 % omistama tytäryhtiö, jonka toimipiste sijaitsee Vantaalla. Cryotech Finland Oy:n toimitusjohtajana toimii Jan Eklund ja teknisenä johtajana Juha Yliollitervo, joiden monien kymmenien vuosien kokemus robotiikka ja ”hightech” teknologia-alan piireistä edesauttavat tuote- sekä jatkokehitystä sekä heidän huippuosaaminen teknologia-alalta kehittävät nuoremman sukupolven taitoja jatkuvasti. Työntekijöinä Cryotech Finland Oy:llä on monipuolinen nuorta sukupolvea edustava työryhmä, joka koostuu mm. sähkö- ja automaatioasentajista, sähkö- ja automaatioinsinööreistä sekä hyvinvointitekniikka-alan insinööristä.

CTN konsernin takana on myös lääkäreitä, tohtoreita, huippu-urheilijoita sekä hyvinvointialan monitoimijoita. Esimerkiksi tohtori Timo Kylmälä on seurannut cryoteknologian kehitystä aina sen syntymästä lähtien. Hän on työuransa aikana suorittanut monia kirurgisia toimenpiteitä ja nähnyt haastavia operaatioita todella läheltä. Tässä insinööriyössä käsiteltävän cryoterapian avulla kirurgisten toimenpiteiden rinnalle annetaan vaihtoehtoinen hoitomuoto.

Yrityksen tuoteperheeseen kuuluvat laitteet (kuva 1) suunnitellaan ja valmistetaan Suomessa:

- Cryo°Cabin™
- Monolith Quattro™
- Altium Duo™
- Octagon Duo™



Kuva 1. Tuotevalikoima. [2]

Tässä opinnäytetyössä syvennytään Cryokabiiniin ja sen toimintaan. WBCT-laite eli huippukylmähoitolaite pieneläimille ei toiminnaltaan juurikaan eroa normaalista Cryokabiinista, mutta sen automatisointi, turva-automaatio sekä typensyötön optimointi tulevat osoittautumaan suunnittelutyön haasteiksi.

Aivan uudenlaisen laitteen tuominen markkinoille, sen vaatimusten määrittely, suunnittelu ja toteutus tulee olemaan mielenkiintoinen projekti. Tässä työssä käydään läpi kabiinin automaatiopuolen suunnittelun eri vaiheita. Opinnäytetyö painottuu enemmän kabiinin toimintaan ja komponenttisuunnitteluun, kuin koodaamiseen.



### 3 Huippukylmähoito

#### 3.1 Historia

Huippukylmähoito on käsitteenä hyvin laaja ja sen juuret ulottuvat aina 1970-luvulle saakka, jolloin tutkija ja professori T. Yamauchi totesi kylmähoidon positiiviset vaikutukset reumaa sairastavien ihmisten kiputilojen lievityksiin. Hoitomuoto on kehitetty alun perin Japanissa, josta se laajeni Eurooppaan 1980-luvulla. 1980-luvun alkupuolella saksalainen professori Reinhard Fricke tutki huippukylmähoitoa lisää ja hän huomasi sen positiiviset vaikutukset TULE-sairauksista (Tuki ja liikuntaelinsairaus) kärsivien henkilöiden kipujen sekä tulehduksien lievityksiin. [1.]

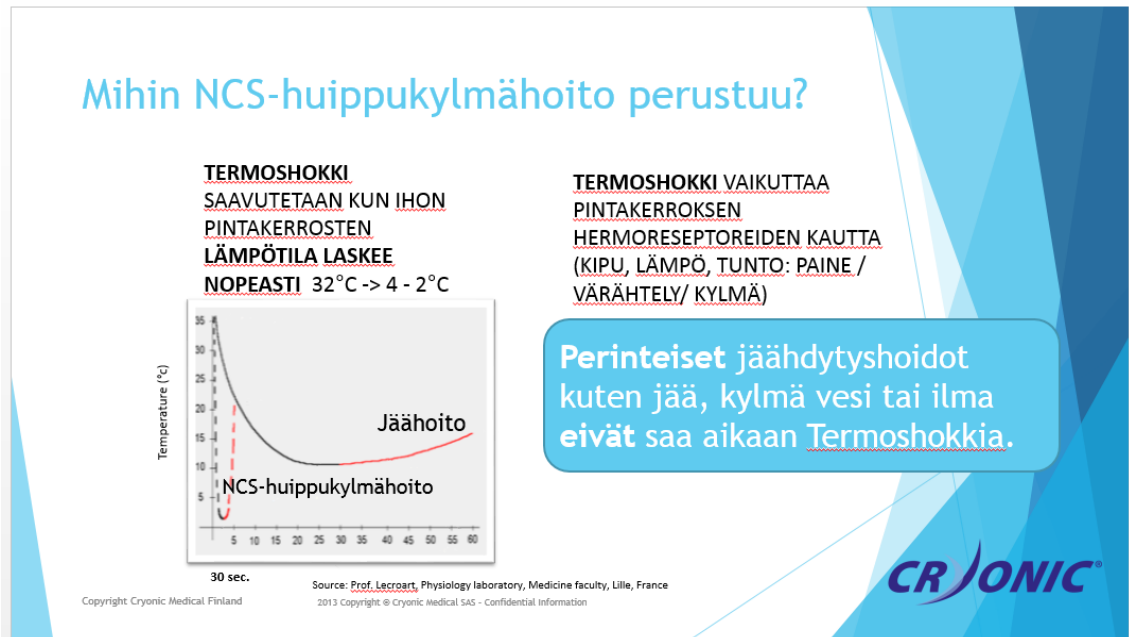
#### 3.2 Huippukylmähoito eli WBCT

Huippukylmähoito on yksi cryoterapian hoitomuodoista, jonka tarkoituksena on altistaa henkilö tai eläin äärimmäiseen kylmyyteen. Huippukylmähoidon tarkoitus on laskea lämpötila hyvin nopeasti normaalista huoneen lämmöstä alle 100 asteen pakkaseen. Ilman huono lämmönjohtavuus sekä tarkoin määritelty yhden hoitokerran pituus (3 minuuttia) estävät henkilön sisäisten elinten jäätyneen hoidon aikana. Toistuva altistuminen huippukylmälle lisää kehon kykyä tuottaa kivunpoistoon tarvittavia vasta-aineita, jotka edesauttavat tulehduksien hoidoissa sekä kiputilojen paranemisessa. Kipujen ja turvotusten lisäksi huippukylmähoito auttaa muun muassa moniin ihosairauksiin, kuten psoriaasiin ja atooppiseen ihottumaan.

Huippukylmähoidosta ja cryokabiineista puhuttaessa yleensä henkilöille tulee mielikuva ”kylmäaltaista”, joiden vaikutukset palautumiseen sekä lihasperäisten kiputilojen lievittämiseen ovat huomattavasti huonommat kuin huippukylmähoidoilla. Huippukylmähoidon radikaalilla lämpötilan pudotuksella henkilön kehossa aikaansaadaan termoshokki, joka käynnistää henkilön luontaiset paranismekanismit. Termoshokki saavutetaan, kun ihon pintakerrosten lämpötila laskee nopeasti normaalista ruumiinlämmöstä alle 5 celsiusasteeseen. Termoshokki vaikuttaa suoraan kehon pintakerroksen hermoreseptoreihin, jotka altistuessaan huippukylmälle lähettävät signaalin aivoille epänormaaleista olosuhteista, jonka jälkeen aivot välittävät tiedon eteenpäin ja ihmiskeho käynnistää sen luontaiset paranismekanismit, kuten neste- ja kuona-aineiden poiston sekä se vapauttaa kivun lievityksiin käytettäviä sisäisiä entsyymejä ja ravintoaineita. Termoshokin

aikana ihmiskeho lisää veren tuottoa, josta suurin osa kulkeutuu kehon ytimeen, ja se pyrkii parhaansa mukaan ylläpitämään kehon normaalia lämpötilaa ääriolosuhteissa. Tätä ilmiötä kutsutaan nimellä vasokonstriktio, joka ilmenee verisuonten supistumisella. [1; 3.]

Suomessa huippukylmähoitoja voi päästä kokeilemaan Pasilassa sekä hotelli Haikon kartanossa.



Kuva 2. NCS-huippukylmähoito on paikallista kylmähoitoa, jonka toimivuus perustuu termoshokkiin. [4]

NCS-huippukylmähoito (NeuroCryoStimulation) on ehkä nykypäivänä hieman tunnetumpi kylmähoitomuoto kuin koko kehon kylmähoitoterapia. NCS-huippukylmähoidot perustuvat (kuva 2) samaan termoshokin aiheuttamaan efektiin, kuin huippukylmähoito. NCS-huippukylmähoidolla ihon lämpötila lasketaan nopeasti alle 5 celsiusasteeseen n. -80 asteisella typpinesteellä. [4.]

### 3.2.1 Hyödyt

Huippukylmähoidon jälkeen ihmiskehon lämpötila lähtee nousemaan normaalia ruumiinlämpöä kohti, jonka seurauksena ravintoaineilla rikastunut veri vapautuu (verisuonet laajenevat) ihmiskehon ytimestä koko kehon käytettäväksi. Tätä kutsutaan vasodilataatioksi. Verisuonien laajentuessa lihaksisto rentoutuu ja verenpaine laskee. [3; 5]

Toiminnallisesta urheilusuorituksesta palautumiseen käytettävä huippukylmähoito edesauttaa kuona-aineiden esim. maitohappojen nopeampaa poistumista kehosta, se rentouttaa lihaksia ja rikastuttaa verenkiertoa. Tutkimukset ovat osoittaneet cryoterapian positiiviset vaikutukset mm. eri ikäluokille sukupuolesta riippumatta. Heti intensiivisen urheilusuorituksen jälkeisen huippukylmähoidon vaikutukset näkyvät viimeistään 24 tai 48 tunnin kuluttua. Esimerkiksi lihasvoiman lisääntyminen, kipujen lievitys sekä subjektiivisen väsymisen vähentyminen ovat esimerkkejä huippukylmähoidon säännöllisen käytön hyödyistä. [5.]

### 3.2.2 Haitat

Huippukylmähoidosta aiheutuviin haittoihin voi laskea satunnaiset paleltumat hoidon aikana, jotka syntyvät höyrystyneen typen virtauksesta, mikäli hoidettava henkilö ei seuraa operaattorin/käyttäjän antamia ohjeita. Huippukylmähoito voi joissakin tapauksissa jättää solukon kehon pintasolukon aktiiviseksi ja seurauksena voi olla tilapäinen turtumus sekä kutina [3]. Huippukylmähoidon kertamaksut liikkuvat Suomessa 30–50 euron välillä, mutta maailmalla huippukylmähoidosta voi joutua maksamaan jopa 80 euroa. Huippukylmähoitolaitteita ei ole tarkoitus ostaa henkilökohtaiseen käyttöön, mikäli henkilön varallisuus ja tarve huippukylmähoidoille eivät kohtaa.

## 4 Nestemäinen typpi

Nestemäinen typpi on hajutonta, väritöntä ja erittäin kylmää. Yhdestä litrasta nestemäistä typpeä saadaan noin 700 litraa kaasumaista typpeä. Typpeä kuljetetaan ja varastoidaan joko puristettuna tai jäähdyttämällä nesteytettynä kaasuna. [6.]

Typpi on alkuaine, joka esiintyy luonnossa kaksiatomisena typpikaasuna,  $N_2$ . Typpi on luonnossa hyvin yleinen alkuaine. Vapaana alkuaineena maan ilmakehässä voi typen prosentuaalinen osuus olla jopa 78 %. Typpiyhdisteitä on myös kaikissa maapallon eliöissä. Tärkeimmät typpipitoiset organiset yhdisteet ovat ennen kaikkea aminohapot ja niistä muodostuneet proteiinit. Nestemäinen typpi soveltuu matalan kiehumispisteensä ansiosta mm. jäähdytykseen. Tämän lisäksi typen passiivisuus mahdollistaa sen käytön myös suojakaasuna. Teollisuudessa typpeä käytetään ammoniakkin, lannoitteiden sekä perinteisten räjähdysaineiden raaka-aineina. Nestemäistä typpeä käytetään myös elintarvikkeiden jäähdytykseen ja pakastukseen, liuotinhöyryjen talteenottoon ja prosessijäähdytykseen. Koska typpikaasu on kemiallisesti inerttiä, sitä käytetään joissakin tapauksissa esimerkiksi hapettumissuojana, elintarvikkeiden suojakaasupakkaamisessa, palojen ja räjähdysten ehkäisyä ja rasvojen suojaamisessa eltaantumiselta. [6; 7]

Typpinesteiden hinta maailmanmarkkinoilla juontaa juurensa maakaasun hinnoista, jotka puolestaan seurailevat öljynhintoja.

## 5 Cryokabiini

Pieneläimille tarkoitetun cryokabiinin toimintaperiaate pohjautuu täysin jo markkinoilla olevaan ihmisille suunniteltuun Cryokabiinin toimintaan. Cryokabiini (kuva 3) eli cryosauna on yksi cryoterapiaan liittyvistä hoitolaitteista. Cryokabiini on niin sanotusti seuraavan sukupolven jääkylpy, jonka hyödyt ovat huomattavasti normaalia jääkylpyä tehokkaammat. Cryokabiinissa virtaavan nestemäisen typen tai nestemäisen ilman avulla lämpötila lasketaan radikaalilla nopeudella huoneen lämmöstä aina -130 celsiusasteeseen saakka. WBCT:n hyödyistä löytyy lukemattomia tutkimuksia eri ikäluokilla, erilaisiin sairauksiin, tulehduksiin sekä sen positiivisista vaikutuksista urheilu suorituksen palautumiseen. CTN:n kehittämä cryokabiini on suomalaisten insinöörien suunnittelema ja sen kehitys, testaus sekä automaatiokokoonpanotyöt toteutetaan Martintalossa, Vantaankoskella.



Kuva 3. Huippukylmähoitoa tarjoava Cryokabiini. [8]

Cryokabiinin ulkomuoto ja sen rakenne on täysin uniikkeja. CTN:n valmistaman Cryokabiinin nestemäisen typen kierrätys tapahtuu Vortexissa, joka toimii myös typen höyrystämiskammiona. Vortex-kiukaan maailmanlaajuinen patenti estää kilpailijoita tekemästä samanlaista typen kierrätysjärjestelmää. Kabiinin käyttövarmuus, sen elinikä sekä vahvojen brändien alla olevat automaatiolaitteet herättävät asiakkaissa yhä useammin mielenkiintoa CTN:n valmistamaa Cryokabiinia kohtaan. Cryokabiinin käyttöturvallisuuteen on panostettu erityisen paljon esimerkiksi infrapuna-anturilla sekä lämpökameran turvallisuus toiminnoilla. Infrapuna-anturi varmistaa asiakkaan paikannuksen kabiinissa. Mikäli hoidettava asiakas jostain syystä pyörtyy tai on liian kauan infra-puna-anturin ulottumattomissa, cryokabiinin ovi aukeaa ja aloittaa typenpoiston ventilaatiopuhaltimen kautta. Johdonsuojakatkaisijalla ehkäistään sähkölaitteiden vikaantuminen häiriötilanteissa ja hätäpysäytyskytkin sammuttaa virransyötön Beckhoffin lähtökorteilta. Kabiiniin on myös mahdollista integroida happianturi, joka mittaa huoneen happipitoisuutta reaaliajassa.

### 5.1 Cryokabiinin automaattinen ohjaus

Cryokabiinin ohjausyksikkönä käytetään Beckhoffin logiikkaa, joka mahdollistaa vaapaamman IO-moduulien käytön muihin valmistajiin verrattuna. Lähes kaikki Cryokabiinin sähkökomponentit ovat kytköksissä jollakin tapaa Beckhoffin PLC:n kanssa.

### 5.1.1 Päävirtapiirin komponentit

Päävirralla eli 240 voltilla tai 120 voltilla toimivia sähkökomponentteja on muun muassa kompressori, joka ohjaa ovenavaussyylinteriä sekä tehostaa typpinesteen höyrystymistä Vortexissa. Toinen tärkeä päävirtakomponentti on ventilaatiopuhallin, jonka avulla nestemäinen typpi poistetaan kabiinista hoidon jälkeen. Päävirtakomponentteja ovat myös lämmitin, ABB-drive sekä näyttöpäätte. Lämmittimen tarkoituksena on sulattaa typensyötölle tarkoitettu putkisto typpinesteen aiheuttamasta jäädästä. ABB-drive toimii moottorin taajuusmuuttajana ja sen avulla säädetään esimerkiksi moottorin nopeuksia eri hoitovaiheissa. Näyttöpäätte toimii koko cryokabiinin käyttöliittymänä, josta eri toimintoja ohjataan ja säädetään.

### 5.1.2 Heikkovirtapiirin komponentit

Cryokabiinin heikkovirtapuolen tärkein kokonaisuus on Beckhoffin logiikka IO-kortteineen. Beckhoffin PLC lähettää, vastaanottaa sekä kerää tietoa kabiinissa tapahtuvista muutoksista. Cryokabiinin Beckhoff-moduuli sisältää analogisia ja digitaalisia tulo- sekä lähtökortteja ja siihen on myös integroitu hätäpysäytyskytkimelle tarkoitettu power-kortti, joka vaikuttaa suoraan heikkovirtapuolen lähtökorttien toimintaan. IO-korttien jälkeen moduuliin on integroitu releyksikkö, jonka toimintaa ohjataan käyttöliittymästä. Releillä ohjataan ledejä, Flir-kameraa sekä hissien lineaarista liikettä.

## 5.2 Typensyötön optimointi

Typensyötön optimoinnilla tarkoitetaan typen kulutuksen minimointia esijähdytyksessä sekä sessiossa. Kulutuksen minimointiin on keskitytty etenkin esijähdytyksen aikana, jolloin cryokabiini kylmennetään huoneen lämmöstä aina -110 celsiusasteeseen saakka. Nestemäinen typpi syötetään 3 baarin paineella typpisäiliöstä kabiinin putkiston kautta Vortexiin. Putkistosta nestemäinen typpi annostellaan tietyllä syklillä höyrystymiskammioon, jonka avulla typen kulutus sekä ylivuodot minimoidaan. Nestemäinen typpi annostellaan höyrystymiskammioon solenoidiventtiin avulla. Solenoidiventtiin auki- ja kiinnioloajan jaksotus on asetettu esijähdytyksessä siihen kuuluvan ajan minimoimiseksi, kun taas sessiossa nestemäinen typpi annostellaan kabiiniin mahdollisimman tasaisissa erissä aina asetettuun lämpötilaan saakka, jonka jälkeen sitä syötetään ainoastaan lämpötilan ylittäessä asetetun lämpötila-arvon. Vortexissa nestemäinen typpi kierrätetään sen sisällä olevien kanavien kautta kabiiniin. Kabiinin kartiomaisen muotoilun ansiosta

nestemäisen typen kierrätys kabiinista takaisin Vortexiin vähentää typen kulutusta huomattavasti.

## 6 WBCT-laite pieneläimille

WBCT-laite pieneläimille (kuva 4) ei toiminnaltaan juurikaan eroa normaalista Cryokabiinista, mutta kooltaan ja ulkomuodoltaan se on huomattavasti normaalista Cryokabiinista poikkeava, sekä sen sähköistys ja automaatio ovat hieman yksinkertaisempia toteuttaa, kuin normaalissa Cryokabiinissa.



Kuva 4. Huippukylmähoitolaite pieneläimille.

Paikalliset kylmähoidot ovat jo vakiinnuttaneet paikkansa erilaisilla eläinklinikoilla ja yksityisillä eläinlääkäreillä, mutta huippukylmähoitolaitteet pieneläimille ovat vasta tulossa markkinoille. Pieneläimille, kuten koirille, on jo olemassa joitakin Cryokabiineja, mutta niiden kehittyneisyys on vielä hyvin alkuvaiheessa.

Suurin huolenaihe pieneläimille tehdyssä hoidossa lienee ihmisen ja eläimen välinen kommunikointi. Pieneläimeen, kuten koiraan, ei suoranaisesti saa samantapaista yhteyttä hoidon aikana, kuin esimerkiksi ihmiseen. Koiralle ei voi selittää hoidon aikana tapahtuvista muutoksista ja tuntemuksista sen kehossa. Tämän takia on hyvin tärkeää aloittaa hoidot oletettua pienemmällä hoitolämpötilalla ja samalla pitää hoidon pituus oletettua lyhyempänä. Hoitokertojen lisääntyessä lämpötiloja nostetaan ja aikoja pidennetään, mikäli eläinlääkäri tai muu alansa ammattilainen toteaa sen olevan tarpeen. Koirien

turkin paksuus sekä niiden fyysinen koko ovat molemmat suoraan verrannollisia hoitolämpötiloihin sekä hoidon pituuteen.

## 6.1 Pieneläinten yleisimmät sairaudet

Erilaisilla pieneläimillä ilmenee aika-ajoin erilaisia sairauksia ja vaivoja, kuten nivelrikkoa, nyrjähdyksiä, lihastulehduksia sekä turvotusta. Cryokabiinissa tapahtuvan hoidon tarkoitus on auttaa, lievittää sekä nopeuttaa sairastavan pieneläimen kipuja sekä niistä aiheutuvia sivuoireita. Suomessa esimerkiksi nivelvaivoista kärsiviä koiria on joka viides, eli yli 120 000 yksilöä [9].

Lonkkanivelen kasvuhäiriö on koirien yleisin luuston ja nivelten kasvuhäiriö. Lonkkanivelen kasvuhäiriötä tavataan lähes kaikilla roduilla, mutta yleisintä se on suurilla ja jättiroduilla. Oireet voidaan huomata jo pentuna 3–12 kuukauden iässä, jolloin kipu johtuu löysyyden aiheuttamasta nivelkapselin tulehduksesta tai luukalvon hermojen jännityksestä ja repeämisestä. Nuorilla koirilla oireita voivat olla takajalkojen ontuminen, ”pupuhypely”, ylösnousuvaikkeudet, liikkumishaluttomuus ja nakshteleva ääni kävellessä. [10.] Säännöllinen huippukylmähoito vähentää lonkkavikaisten koirien kipuja ja ontumista.

## 6.2 WBCT-laitteen vaatimusten määrittely

WBCT- eli huippukylmähoitolaitteen vaatimusten määrittelyllä kartoitetaan ne asiat, jotka ovat välttämättömiä kabiinin toiminnan kannalta. Kabiinin rakenteen sekä eristeiden kestävyys radikaaleissa lämpötilojen vaihteluissa otetaan huomioon käyttömateriaaleja valittaessa. Sähkö-, automaatio- sekä putkiosat valitaan tarkoin EU/US -standardien mukaisiksi. Onnistunut vaatimusmäärittely edellyttää todellisten tarpeiden kartoittamista, rajausten tekemistä ja vaatimusten dokumentointia asiakkaan ja valmistajan välillä. Järjestelmällinen toteutus määrittelyn sekä suunnitelmien perusteella takaavat täydellisen lopputuloksen tuotteen valmistuksessa.



### 6.3 WBCT-laitteen suunnittelu

Projektin tärkein tehtävä on tuottaa jotain. Siksi heti projektin suunnittelussa on otettava lopputuloskeskeinen lähestymistapa. On selvitettävä hyvin tarkasti, mitä projekti tuottaa ja milloin. Projektisuunnittelun vaiheet ovat projektin tavoitteiden asettaminen, projektin organisointi, projektin osittaminen, aikasuunnittelu, resurssisuunnittelu ja kustannussuunnittelu. Projektisuunnitelmassa täytyy olla selkeästi asetettuja tarkistuspisteitä ja päätöksentekopisteitä. Tarkistuspisteet liittyvät lopputuotosten välivaiheiden valmistumiseen, jotka ovat projektin aikana tapahtuvia päätöksiä tai hyväksymistapahtumia. Jokainen projektin elinkaaren vaihe puolestaan alkaa ja loppuu päätöksentekopisteessä. Jokaisessa päätöksentekopisteessä projektin tilanne arvioidaan ja tehdään päätös, saako projekti luvan edetä seuraavaan vaiheeseen. Projektissa ei pitäisi tuottaa mitään sellaisia dokumentteja tai välituloksia, joita ei työskentelyn myöhemmissä vaiheissa hyödynnetä. Projektisuunnitelmaa pitää myös päivittää, sillä yksityiskohtaisten suunnitelmien laatiminen koko projektin elinkaaren ajaksi on hukkaan heitettyä aikaa. Projektisuunnitelman ensimmäiseen versioon on syytä jo etukäteen kirjata ne ajankohdat, jolloin projektisuunnitelman ajantasaisuus ainakin on tarkistettava. [11.]



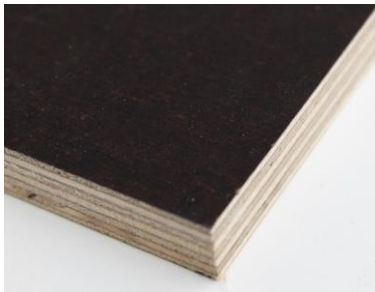
Kuva 5. Automaatiokeskus integroidaan kabiinin kylkeen.

Kabiinin muotoilun sekä sen rakenteen valmistusvaiheessa automaatiokeskuksen (kuva 5) sijaintia puntaroititiin muutaman vaihtoehdon väliltä. Kabiinin koon sekä ulkonäön kannalta parhaaksi mahdolliseksi vaihtoehdoksi valikoitui keskuksen sijoittaminen kabiinin

kylkeen. Tilanviennin minimoimiseksi keskus upotetaan seinän sisälle ja keskuksen päälle asennetaan läpinäkyvä akryylilevy, jotta kabiinin läheisyydessä työskentelevät henkilöt eivät pääse kosketuksiin keskuksen sähkökomponenttien kanssa.

### 6.3.1 Cryokabiinin rakennemateriaali ja verhoilu

Cryokabiinin ulko- sekä sisäseinät ovat materiaailtaan filmivaneria. Filmivaneri (kuva 6) eli vesivaneri on toiselta puolelta filmipinnoitteella viimeistelty ja toiselta puolelta viirukuvioitu vanerilevy. Yleensä ruskean värinen kalvo muuttuu lämmön vaikutuksesta lopulta kestäväksi muoviksi, joka tekee filmivanerista kovaa kulutusta ja vaihtelevia sääolosuhteita sietävän. [12.]



Kuva 6. Filmivaneri eli vesivaneri toimii Cryokabiinin rakennemateriaalina. [13]

Kabiinin hoitotilan verhoilun on oltava helppohoitoista kangasta. Eläinten virtsa, karvan lähtö sekä muu lika on pystyttävä poistamaan mahdollisimman helposti kabiinista ennen seuraavaa hoitokertaa.

Verhoiluvaihtoehtojen testaamiseksi materiaali altistetaan suoraan nestemäiselle typelle muutamien kymmenien sekuntien ajaksi.



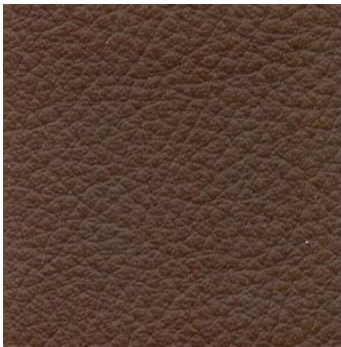
Kuva 7. Keinotekoisetmateriaalit.

Keinotekoinen kangas (kuva 7) on altistettu nestemäiselle typelle noin 20 sekunnin ajaksi, jonka seurauksena kangas alkoi haurastua sekä halkeilla, mikä tarkoittaa, että kangas ei ole sopivaa materiaaliltaan kabiinin sisäverhoiluun.



Kuva 8. Keinonahka.

Myös keinonahka (kuva 8) poissuljetaan verhoiluvaihtoehdoista. Altistuessa radikaaleille lämpötilavaihteluille sen pinta halkeilee ja haurastuu. Verhoilukankaan on pystyttävä sietämään nopeaa lämpötilanvaihtelua sekä sen on siedettävä äärimmäistä kylmyyttä.

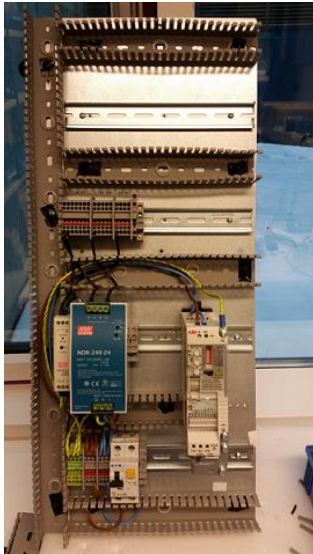


Kuva 9. Aito nahka. [14]

Keinotekkoisten materiaalien soveltumattomuuden toteamisen jälkeen aito nahka (kuva 10) altistetaan nestemäiselle typelle muutamien kymmenien sekuntien ajaksi. Aito nahkaverho osoittautui kestäväksi ääriolosuhteet sekä lämpötilavaihtelun, eikä typpineste aiheuttanut kankaaseen minkäänlaista vahinkoa.

Keinotekkoisen nahkan ominaisuudet verrattuna aitoon nahkaan ovat hyvin erilaiset. Keinotekoinen nahka ei hengitä ja lämmitä samalla tavalla, kuin aito nahka, eikä se kestä kulumaa tai lämpötilavaihteluita samalla tavalla. Ero käy ilmeiseksi käytön myötä: siinä missä aito nahka kuluu kauniisti ja pehmenee, keinonahan pinta halkeilee ja reunat rispaantuvat. [15.]

### 6.3.2 Cryokabiinin automaatiokeskus ja pääjännitekomponentit



Kuva 10. Cryokabiinin automaatiokeskuksen pääjännitekomponentit.

Suurin osa Cryokabiinin suurjännitekomponenteista (kuva 10) ovat samoja, kuin ihmisille suunnatussa Cryokabiinissa niiden eliniän, luotettavan brändin sekä kestävyuden takia. Automaatiokeskuksen alalaitaan sijoitetaan pääjännitekomponentit, jotka erottuvat heikkovirtapuolen komponenteista 12 voltia ja 24 voltia jakavien riviliittimien avulla. Komponenttien asettelu automaatiokeskukselle (Kuva 10) pohjautuu täysin jo olemassa olevan ihmisille suunnatun Cryokabiinin automaatiokeskuksen layoutiin.

Virransyöttö kabiinille tapahtuu normaalilla verkkovirtajohdolla, joka liitetään verkkopistokkeen ja kabiinissa sijaitsevan pistokkeen välille. Virta kulkeutuu pistokkeelta Siemensin kuormanerotuskytkimelle (kuva 11), joka toimii kabiinin pääkytkimenä. Pääkytkimeltä virta jatkaa kulkuaan Eatonin vikavirtasuojalle (kuva 12), joka toimii automaatiokeskuksen varoimenpiteenä, mikäli kabiinin sähköpuolella ilmenee oikosulkuja tai virtapiikkejä.

Mikään vikavirtasuoja ei kokonaan suojaa sähköiskuilta, vaan ainoastaan lyhentää sähköiskun kestoaikaa niin, että kudosten vauriot ja sydämen toimintahäiriöt jäävät mahdollisimman vähäisiksi. Henkilösuojauksessa käytetään yleensä 30 mA:n vikavirtasuojakytkimiä, jotka kykenevät kytkemään virran pois 300 millisekunnin kuluessa nimellisvirran ylittymisestä. [16.] Vikavirtasuojan tarkoitus on katkaista virransyöttö kabiinille, suojata komponentteja vioittumasta ja ennen kaikkea turvata operaattori ja operoitava henkilö/eläin sähköiskuilta.



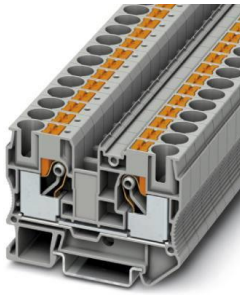
Kuva 11. Cryokabiinin pääkytkin. [17]

Kuormanerotuskytkin toimii 1-vaiheisella virransyötöllä, jossa vaihejohtimesta syötetty virta kulkeutuu nollajohdintapitkin takaisin. Maadoitusjohdot tulee kytkeä kytkimen tule-  
vasta ja lähtevästä kaapelista yhteen, jotta kaikki kabiinin komponentit ovat maadoitet-  
tuina aina, vaikka kabiinin sammuttaisi päävirtakytkimestä. Maadoituksen jatkuvuutta ei  
missään nimessä saa katkaista kabiinin pistokkeen ja sähkökomponentin väliltä, vaikka  
kabiinissa ei kulje virta.



Kuva 12. Vikavirtasuoja. [18]

Vikavirtasuojalta sähkövirta ohjataan pääjännitettä jakaville riviliittimille (kuva 13), josta  
se jakautuu kahdelle virtalähteelle (kuva 14) sekä taajuusmuuttajalle (kuva 15), joka oh-  
jaa moottoria.



Kuva 13. Riviliitin on yleisin komponentti sähkökeskuksissa. [19]

Riviliitin on yleisin sähkökeskuksissa käytettävä komponentti. Se yksinkertaistaa syöttöjen, lähtöjen ja tulojen haaroittamisen sekä se helpottaa esimerkiksi hajautettujen järjestelmien toteuttamisen. Riviliitin on yllättävän kallis komponentti, vaikka sitä käytetään lähes kaikissa sähkö- ja automaatiokeskuksissa kymmenittäin. Yhden riviliittimen hinta voi kivuta jopa 80 senttiin.



Kuva 14. 24 voltin jännitelähde. [20]

Suurin osa kabiinin toiminnan kannalta tärkeistä komponenteista ottavat virtansa 24 voltin jännitelähteeltä. Taajuusmuuttajan (kuva 15) päälle-signaali, joka käynnistää moottorin vapaan ohjauksen, solenoidiventtiili (kuva 21), sekä mikropiiri CRKKV-18 (Kuva 18) ottavat kaikki käynnistymiseen tarvittavan jännitteensä 24 voltin virtalähteeltä.

Kabiinissa on myös 5 voltin jännitelähde, josta Raspberry Pi sekä IO-kortti ottavat vir-  
tansa.



Kuva 15. Moottorin taajuusmuuttaja. [21]

Taajuusmuuttaja toimii ns. moottorin vahvistimena. Moottorikäytössä taajuusmuuttajaa käyttämällä vaihtosähkömoottori saadaan pyörimään prosessin tarpeen mukaisella nopeudella, jolloin moottorilla suoritettava prosessi tehostuu huomattavasti. Taajuusmuuttajan rakenne voidaan jakaa neljään osaan: tasasuuntaaja, välipiiri, vaihtosuuntaaja sekä näitä kolmea yksikköä ohjaava ohjauspiiri. [22.]

### 6.3.3 Logiikka ja käyttöliittymä



Kuva 16. Yhden piirilevyn mini-PC, Raspberry Pi. [23]

Raspberry Pi (kuva 16) on yhden piirilevyn tietokone, jonka kehittäjä on englantilainen Raspberry Pi Foundation [24]. Kabiinin rakennus- ja automaatiokustannuksiin on kiinnitetty erityisen paljon huomiota, jotta valmistuskustannuksia voitaisiin alentaa ilman, että se vaikuttaisi kabiinin toimintaikään tai käytettävyyteen. Yksi suurin kustannuserä ihmisille suunnatussa Cryokabiinissa on Beckhoffin logiikka sekä siihen kuuluvat IO-kortit,

jotka tässä tapauksessa on korvattu Raspberry Pillä ja siihen integroitavalla rele-moduulilla.

Raspberry Pi lähettää, vastaanottaa sekä kerää tietoa kabiinissa tapahtuvista muutoksista, joiden avulla jatkokehitys sekä tutkimustyöt helpottuvat ja häiriötilanteissa vian paikantamisen voi rajata halutulle alueelle. Kabiinin välttämättömiin toimintoihin lukeutuvat mm. Bluetooth- sekä WLAN-toiminto. Raspberry Pin uusien versio tukee molempia sekä Bluetooth- sekä WLAN-toimintoja, joiden avulla kabiinin tietyt toiminnot voidaan toteuttaa. Bluetooth-toimintoa käytetään tabletin ja Raspberryn väliseen kommunikointiin, jotta kabiinia pystytään operoimaan tabletin käyttöliittymästä (Kuva 19). Raspberry Pi kerää ja varastoi esimerkiksi kabiinin lämpötilatietoja, jotka auttavat jatkokehitystä ja vikojen paikantamista asiakkaille lähetettyjen laitteiden vikaantuessa. Kaikki mahdollinen tieto kabiinista sen ollessa jatkuvassa käytössä edesauttaa suunnittelijoita kabiinin jatkokehityksessä. Raspberry Pin digitaaliset tulot ja lähdöt yhdistettynä CRKKV-18-piirikortin (kuva 18) kanssa korvaavat aiemmin käytössä olleen Beckhoffin IO-moduulin virtakortteineen.



Kuva 17. Lämpötila-anturi sijaitsee Cryokabiinin puhallusaukkojen kohdalla.

Kabiinin molempien lämpötila-antureiden (kuva 17) toiminta perustuu vastuksen resistanssin muutokseen eri lämpötiloissa. Lämpötilatietojen tarkastelu ainoastaan Raspberry Pin avulla on mahdotonta, joten antureiden ja Raspberryn välille on asennettava piirikortti (kuva 18), jossa MCP4725 muuntaa digitaalisen lähtösignaalin analogiseksi ja MCP3008 muuntaa analogisen tulosignaalin digitaalseksi.



MCP4725 on heikkovirralla toimiva jännitelähtöjen digitaali-analogi konvertteri. Yleisimmin sitä käytetään automaattioratkaisuissa, joissa yksinkertaisuus sekä asennustilan koko sitä vaativat. MCP4725 pystyy pitämään sisällään pienen määrän dataa, vaikka laite ei ole päällä. MCP3008 on taas AD-muunnin, jonka kommunikointi kytketyn laitteen kanssa tapahtuu yksinkertaisella sarja liitännällä, joka on yhteensopiva SPI-protokolan kanssa. [25; 26]

Moottoria ohjaava taajuusmuuttaja saa ohjausjännitteensä CRKKV-18-piirikortin välityksellä. Raspberry PI syöttää kortille 3 voltin jännitettä, jota vahvistetaan ja säädetään piirikortissa olevan TLE2021CP:n avulla 0 ja 10 voltin välillä halutun nopeuden saamiseksi. CRKKV-18-Piirikorttiin on myös suunniteltu Raspberry Pi:lle tulevalle lattakaapelille oma kiinnitys, jotta keskuksen kokoonpanotyöstä saataisiin mahdollisimman yksinkertainen ja sen ulkonäkö olisi siisti.



Kuva 18. Piirikortti CRKKV-18 on suunniteltu lämpötilatietojen lukemista ja moottorinohjausta varten.

Cryokabiinin käyttöliittymänä (kuva 19) käytetään Android-käyttöjärjestelmäpohjaista tablettia. Yhteys tabletin ja kabiinin logiikan välille syntyy Bluetoothin avulla, joka toimii langattomaan kommunikointiin lähietäisyydeltä. Käyttöliittymä pohjautuu Sun Microsystemsin kehittämään ohjelmistoalustaan, johon kuuluu muun muassa laitteistoriippumaton oliopohjainen ohjelmointikieli Java [27].

Android Studio toimii käyttöliittymän koodausalustana. Se on suunniteltu viralliseksi Android-käyttöjärjestelmän ohjelmointiympäristöksi. Android Studio sisältää laajat kehitystyökalut, joilla voi emuloida Android-sovelluksia eri laitteilla ja käyttöjärjestelmäversioilla. [28.]

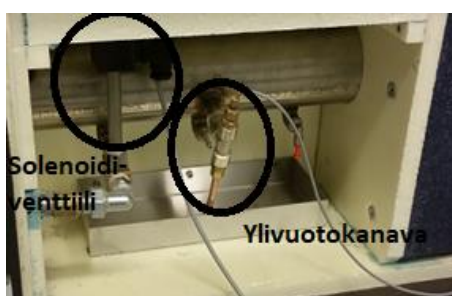


Kuva 19. Pieneläimille tarkoitettua Cryokabiinia ohjataan tabletilla olevasta käyttöliittymästä.

#### 6.3.4 Typensyöttö ja siihen kuuluvat komponentit

Minimaalisen kulutuksen kannalta oleellisin asia on nestemäisen typen kierrätys. Typen höyrystyessä nestemäinen typi tarvitsee tilaa laajentuakseen, täten suljetut tilat on ehdottoman tärkeä poissulkea typen kierrätyksestä.

Kabiinin typensyötölle tarkoitettu putkisto sisältää solenoidiventtiin sekä ylivuotokanavan (kuva 20). Ylivuotokanava toimii höyrystinastian varotoimenpiteenä, mikäli kiuas täyttyy ajon aikana typpinesteellä. Ylivuotokanava sisältää lämpötila-anturin, joka hälyttää mahdollisesta ylivuodosta, mikäli lämpötila laskee asetettuun astelukemaan tai sen alle. Lämpötila-anturin alittaessa asetetun lämpötilalukeman solenoidiventtiin käämi deaktivoituu ja venttiin ankkuri estää nestemäisen typen etenemisen höyrystymiskammioon.



Kuva 20. Cryokabiinin putkisto

Solenoidiventtiin toiminta perustuu sähkömagneettiseen solenoidiin, joka yksinkertaisimmassa muodossaan koostuu käämistä ja ankkurista. Käämiin johdettu sähkövirta synnyttää magneettikentän, joka vetää ankkuria puoleensa. Solenoidin magneettikentän

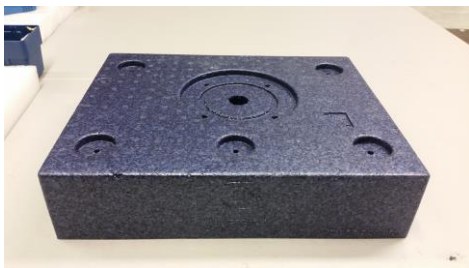
voimakkuuteen vaikuttaa kelaan johdettu virta, kelan kierrosten määrä ja sen ytimen permeabiliteetti, joka on magneettisen aineen käyttäytymistä kuvaava suure. Solenoidiventtiin avautumista ohjataan aikareleellä. [29; 30.] Solenoidin aukioloaika lasketaan typensyötön tasaisuuden sekä mahdollisimman taloudellisen ajon kannalta sopivaksi. Esijäähdytyksessä solenoidiventtiin aukioloaika on laskelmoitu aukeamaan tasaisinväliajoin siten, ettei kiuas täyty nesteestä, mutta kuitenkin siten, että kabiinin esijäähdytys olisi mahdollisimman nopea ja taloudellinen. Hoidon eli session aikana solenoidiventtiin aukioloaika määräytyy halutun lämpötilan mukaan. Solenoidi avautuu ja sulkeutuu tietyllä syklillä siihen pisteeseen saakka, kunnes haluttu lämpötila on saavutettu, jonka jälkeen se avautuu ainoastaan lämpötilan noustessa yli asetusarvon.



Kuva 21. Solenoidiventtiili toimii typensyötön annostelijana. [31]

Solenoidiventtiin annostellessa nestemäisen typen höyrystyskammioon sen päässä oleva siipiratas (kuva 23.) puhaltaa höyrystyneen typen kabiinin seinien välissä olevista kanavista kabiinin sisälle. Impeller-housingin toiminta perustuu Vortex-ilmiöön, jossa virtaus pyörii jonkin akselin ympärillä. Taajuusmuuttaja syöttää moottorille jännitearvon, jonka seurauksena siipiratasta pystytään ohjaamaan halutuilla nopeuksilla hoidon eri vaiheissa. Impeller-housingin kotelo (Kuva 22.) on materiaaliltaan solumuovia, joka präsätään tietyllä lujuudella haluttuun muotoon.

Putkiston päässä oleva impeller-housing sisältää siipirattaan kotelon, moottorin sekä siipirattaan, jota moottori pyörittää.



Kuva 22. Impeller-housing kotelo.

Impellerin kotelo (kuva 22) valmistetaan nykyään sarjatuotantona suoraan sille tehdyllä muotilla. Kotelo on täysin samanlainen, kuin ihmisille suunnatussa Cryokabiinissa. Kotelo, urat moottorille, siipirattaalle sekä kiinnitysruuveille on kaikki piirretty alun perin SolidWorks ohjelmalla.



Kuva 23. Siipiratas.

Siipirattaan (kuva 23) siipiväli on mitoitettu siten, että typpinesteen kylmyyden johdosta syntyvä jäähile ei tuki siipirattaan siipien väliä toistuvien ajojen johdosta. Siipirattaan pyörimisnopeus on kabiinin esijäähdytyksen aikana hieman nopeampi kuin sessiossa, jotta kabiini saataisiin mahdollisimman nopeasti haluttuun lämpötilaan hoidon aloittamiseksi. Jokaisen hoidon välissä siipiratas ns. puhdistaa itse itsensä pyörimällä täydellä nopeudella muutamien sekuntien ajan.



Kuva 24. ABB-moottori.

Oikosulkumoottoria (kuva 24) ohjataan keskuksessa sijaitsevalla taajuusmuuttajalla (Kuva 15.). Moottorin akselin pyörimisnopeus määräytyy taajuusmuuttajan lähettämästä jännitteen suuruudesta, joka tässä tapauksessa vaihtelee nollan ja kymmenen voltin välillä.

Sähköisesti oikosulkumoottorin toiminta perustuu magneettikentän ja siinä olevan virralisen johtimen välisiin vuorovaikutuksiin. Staattoriin sijoitettujen kuparikäämitysten ja verkkotaajuudella vaihtelevan vaihtovirran avulla voidaan induktiolain mukaisesti indusoida virta roottoriin. Roottori on valmistettu ohuista sähkölevyistä siten, että levyihin on meistäessä jätetty reiät roottorisauvoja varten. Roottorisauvat on valettu sulasta alumiinista ja suljettu molemmista päistä oikosulkurenkailla. Näin roottorivirtapiiriin muodostuu induktiolain mukainen virta, joka puolestaan aiheuttaa magneettikentässä ollessaan voimavaikutuksen ja tempaa roottorin akseleineen pyörimään staattorin magneettikentän mukana. [32.]

#### 6.4 Yhteenveto Cryokabiinin typensyötöstä

Nestemäinen typpi syötetään 3 Baarin paineella solenoidiventtiilille, joka annostelee typen höyrystymiskammioon tietyllä syklillä. Höyrystynyt typpi puhalletaan siipirattaan avulla kabiinin seinien välissä olevista onkaloista kabiinin hoitotilaan, jossa eläintä hoidetaan. Osa tpeestä karkaa kanteen tehdystä aukosta ulos ja osa kierrätetään takaisin höyrystymiskammioon, ja täten kulutus saadaan mahdollisimman pieneksi.

#### 6.5 Tutkimuksia WBCT:n vaikutuksista koiriin

Joseph Lymanin tekemään tutkimukseen osallistui 12 koira eri vaivojen takia (kuva 25). Alla oleva kuva osoittaa eri vaivojen syyt ja koirien lukumäärän tiettyä hoitoa kohden.

### PRESENTING COMPLAINTS IN STUDY DOGS

Presenting complaint	Anxiety	Itching/Skin Irritation	Hair Loss	Pain	Obesity	Reduced Activity	None
Number of Dogs	2	6	1	6	4	1	1

Kuva 25. Hoidettavat vaivat. [33]

Tutkimuksen tarkoituksena oli selvittää WBCT-hoidon vaikutukset koiriin ja samanaikaisesti kerätä alustavaa tietoa WBCT:n tehokkuudesta pieneläimiä kohtaan. Koirien roduista ja ko'oista huolimatta kaikki koirat altistettiin huippukylmälle 3 minuutin ajaksi. Lämpötila session aikana vaihteli -90 celsiusasteen ja -110 celsiusasteen välillä. Tutkimuksessa koirat altistettiin huippukylmälle muutamia kertoja viikossa, kahden viikon ajan. Hoitojen aikana operaattorit havaitsivat koirissa vain pienimuotoista värinää, josta huolimatta koirat eivät yrittäneet poistua kabiinista. Hoitojen jälkeen koirissa ei havaittu mitään sivuvaikutuksia, eivätkä koirien omistajat havainneet jälkeinpäin koirissa mitään negatiivisia oireita, jotka olisivat syntyneet huippukylmähoidon johdosta. [34.]

Taulukko 1. Tutkimustulosten perusteella todetut hyödyt. [35]

<b>Hyödyt</b>
Kutinan vähentyminen
Ihon ärtynäisyyden vähentyminen
Turkin hyvinvointi parani (pehmeys, ulkonäkö, terveys)
Aktiivisuuden parantuminen
Pieni painon aleneminen

Tämän tutkimuksen mukaan huippukylmähoito ei aiheuttanut koirille lainkaan negatiivisia sivuoireita ja sen todettiin olevan täysin turvallinen hoitomuoto pieneläimiä ajatellen. [34.]

## 6.6 Valmis prototyyppi



Kuva 26. Valmis prototyyppi.

On hyvin todennäköistä, että kabiinin ulkomuotoa ja komponenttien asettelua tullaan vielä muuttamaan jatkossa ennen valmista tuotetta.

Prototyypin (kuva 26) kannen materiaali on tällä hetkellä umpisoluista painevalettua polyuretaania. Lopullisen kabiinin kannen materiaalina tullaan käyttämään samaa kokoon puristettua solumuovia, kuin siipirattaan kotelossa. Kansi aukeaa saranoiden mukaisesti pituussuunnassa, mutta tilanviennin minimoimiseksi kannen pituussuuntainen aukeaminen tullaan jatkossa muuttamaan sivulle aukeavaksi.

Kabiinin sähkökeskus, siihen kuuluvat komponentit sekä kabiinissa hajautettuna olevat laitteet pysyvät samoina lopullisessa tuotteessa. Komponenttien sekä hajautettuna olevien laitteiden toimivuus varmennetaan toistuvilla ajoilla sekä rasiustesteillä.

Toistuvien ajojen tarkoitus on kartoittaa mahdolliset ylivuodot (milloin, kuinka paljon) sekä tarkastella kabiinin lämpötiloja eri mittauspisteistä. Todellinen laitteen toimivuuden testaus tullaan suorittamaan oikeilla koe-eläimillä.



Kuva 27. Laitteen kokeellisia tutkimuksia tehtiin oikeille eläimillä.

Koirien altistaminen huippukylmähoidolle on suhteellisen tuore hoitomuoto (kuva 27). Se edellyttää hoidettavan koiran tarkistuttamista ennen hoitoon pääsyä. Ennen Cryokabiiniin menoa cryoterapiaan erikoistunut eläinlääkäri tunnusteli koirien selkärangan lihaksista sekä jaloissa olevia lihaksia vertailukelpoisen tuntuman saamiseksi. Ensimmäisellä viikolla tutkimme 3 saksanpaimenkoiran käyttäytymistä cryokabiinissa.

Huippukylmähoidon pituudet sekä kylmyys pyrittiin ensimmäisten ajojen aikana pitämään suhteellisen matalana, jotta paleltumat ja muut mahdolliset sivuoireet pystytään ehkäisemään.

Kolmen viikon aikana koirat altistettiin huippukylmälle yhden kerran viikossa. Jokaisella kerralla lämpötilaa tiputettiin hieman alemmaksi ja hoitoaikaa pidennettiin. Cryoterapiaan erikoistunut eläinlääkäri seurasi jokaista hoitokertaa ja piti kirjaa koirista ja niiden vaivoista. Hoitoaikojen pituudet vaihtelivat koirien kokojen ja karvoituksen mukaan.



## 7 Yhteenveto

Cryoterapialaite pieneläimille on tarkoitettu edesauttamaan koirien vaivojen paranemista ja sillä edesautetaan leikkauksien jälkeisten kiputilojen lievitystä. Laite on suunniteltu Cryotech Nordicin toimeksiannosta ja sen automatisointi sekä laitetestaus toteutetaan Suomessa.

Tämän opinnäytetyön tarkoituksena oli suunnitella ja toteuttaa laitteen täydellinen automatisointi, sekä olla mukana kabiinin rakenteellisten muutosten toimeksiannoissa. Suunnittelutyön haasteiksi osoittautuivat etenkin typen kulutuksen optimointi, joka pohjautuu solenoidin aukioloaikaan, syötetyn typen paineeseen sekä nestemäisen typen höyrystymisaikaan.

Sähkökomponenttien suunnittelu kabiiniin ei juurikaan tuottanut ongelmia niiden pohjauttua jo valmiina olevan ihmisille suunnitellun Cryokabiinin komponentteihin. Automaatiokeskuksen layout on myös hyvin samankaltainen edellä mainitun Cryokabiinin automaatiokeskuksen kanssa. Komponenttien valinnan kannalta oleellisin asia oli hinta suhteutettuna niiden kestävyysasteeseen. Vahvat brändit sekä pitkä elinikä komponenttivalinnoissa tulevat takaamaan kabiinin kestävyysasteen jatkuvassa käytössä. Komponenttien sekä hajautettujen automaatiolaitteiden kommunikointi kabiinin PLC:n kanssa sekä yhteydet Bluetoothin välityksellä toimivien laitteiden kanssa koitui haasteellisiksi. Esimerkiksi lämpötilatietoja luettaessa Raspberry Pi ei kyennyt muuntamaan yksistään dataa haluttuun muotoon vaan niiden välille oli suunniteltava tietynlainen muuntaja, joka kykenee muuntamaan digitaalisia signaaleja analogisiksi sekä analogisia signaaleja digitaalisiksi. Valmis prototyyppi laitteesta ja toimiva kokonaisuus summaavat opinnäytetyön onnistuneisuuden sekä varmistaa vankan jatkokehityspohjan tuotteelle.

## Lähteet

- 1 Huippukylmähoito. Verkkoaineisto. Wikipedia. <<https://fi.wikipedia.org/wiki/Huippukylm%C3%A4hoito>>. Luettu 14.5.2018
- 2 Tuotevalikoima. Verkkoaineisto. Cryotech Nordic. <<https://www.cryotechnordic.com/non-surgical-equipment>>. Luettu 14.5.2018
- 3 William C. Sheil Jr, Standiford, Helm II. Cryotherapy in Pain Management. Verkkoaineisto. <[https://www.medicinenet.com/cryotherapy/article.htm#what\\_is\\_cryotherapy\\_and\\_how\\_does\\_it\\_work](https://www.medicinenet.com/cryotherapy/article.htm#what_is_cryotherapy_and_how_does_it_work)>. Luettu 14.5.2018.
- 4 NCS-huippukylmähoito on paikallista kylmähoitoa, jonka toimivuus perustuu termoshokkiin. NCS-huippukylmähoito. Verkkoaineisto. <<https://cryonicmedical.fi/NeuroCryoStimulation/>>. Luettu 14.5.2018.
- 5 'Cryotherapy' freezing treatment may heal injuries, slow signs of aging. Verkkoaineisto. Foxnews. <<http://www.foxnews.com/health/2015/03/09/cryotherapy-freezing-treatment-may-heal-injuries-slow-signs-aging.html>>. Luettu 14.5.2018.
- 6 Aineen ominaisuudet, merkinnät ja käyttö. Verkkoaineisto. Työterveyslaitos. <<http://www.ttl.fi/ova/typpi.html>>. Päivitetty 06.11.2017. Luettu 14.5.2018.
- 7 Typpi. Verkkoaineisto. Wikipedia. <<https://fi.wikipedia.org/wiki/Typpi>>. Päivitetty 24.11.2017. Luettu 14.5.2018.
- 8 Huippukylmähoitoa tarjoava Cryokabiini. Verkkoaineisto. Medicalexpo. <<http://www.medicalexpo.com/prod/cryotech-nordic/product-115401-771671.html>>. Luettu 14.5.2018.
- 9 Koiran nivelrikko. Verkkoaineisto. Musti ja mirri. <<https://www.mustijamirri.fi/koiran-nivelrikko>>. Luettu 14.5.2018.
- 10 Lappalainen, Anu. 2013. Lonkkanivelen kasvuhäiriö. Verkkoaineisto. Kennelliitto. <<https://www.kennelliitto.fi/kasvatus-ja-terveys/koiran-terveys/perinnolliset-sairaudet-ja-koiran-hyvinvointi/lonkkanivelen>>. Päivitetty 30.9.2013. Luettu 14.5.2018.
- 11 Projektin suunnittelu. Verkkoaineisto. <[http://proha.purot.net/projektin\\_suunnittelu\\_ja\\_ohjaus](http://proha.purot.net/projektin_suunnittelu_ja_ohjaus)>. Luettu 14.5.2018.
- 12 Filmivaneri. Verkkoaineisto. Levy-jaati. <<http://www.levy-jaati.fi/filmivaneri>>. Luettu 14.5.2018.
- 13 Filmivaneri eli vesivaneri toimii Cryokabiinin rakennemateriaalina. Verkkoaineisto. Taloon. <<https://www.taloon.com/filmivanerit/910/dg>>. Luettu 14.5.2018.

- 14 Verkkoaineisto. Kankaita. <[https://www.kankaita.com/20-r9135\\_nahka-vancouver-mokka.html](https://www.kankaita.com/20-r9135_nahka-vancouver-mokka.html)>. Luettu 14.5.2018
- 15 Haaksluoto, Milja. 2015. Erotta keinonahka aidosta – kiinnitä huomiota näihin seikkoihin. Verkkoaineisto. Mtv. <<https://www.mtv.fi/lifestyle/tyyli/artikkeli/erotta-keinonahka-aidosta-kiinnita-huomiota-naihin-seikkoihin/4708772#gs.8XvCTE8>>. Luettu 14.5.2018.
- 16 Vikavirtasuojakytkin. Verkkoaineisto. Wikipedia. <<https://fi.wikipedia.org/wiki/Vikavirtasuojakytkin>>. Päivitetty 24.6.2016. Luettu 14.5.2018.
- 17 Cryokabiinin pääkytkin. Verkkoaineisto. Siemens. <<https://www.electricalautomationnetwork.com/PDF/ENGLISH/SIEMENS/389269.pdf>>. Luettu 14.5.2018.
- 18 Vikavirtasuojaja. Verkkoaineisto. Eaton-sikep. <<http://www.eaton-sklep.pl/1924-WYL-NADPRADOWY-MOD-ROZNICOWOPRAD-CKN6-10-1N-B-003-4015082410940.html>>. Luettu 14.5.2018.
- 19 Riviliitin on yleisin komponentti sähkökeskuksissa. Verkkoaineisto. Seltec. <<http://www.seltec.co.uk/products/details/13852.html>>. Luettu 14.5.2018.
- 20 24 voltin jännitelähde. Verkkoaineisto. Meanwell. <<http://www.meanwell.com/webapp/product/search.aspx?prod=NDR-120>>. Luettu 14.5.2018.
- 21 Moottorin taajuusmuuttaja. Verkkoaineisto. Ciiva. <<https://ciiva.com/part/acs55-01e-02a2-2-1063826>>. Luettu 14.5.2018.
- 22 Taajuusmuuttaja. Verkkoaineisto. Wikipedia. <<https://fi.wikipedia.org/wiki/Taajuusmuuttaja>>. Päivitetty 29.1.2018. Luettu 14.5.2018.
- 23 Yhden piirilevyn mini-PC, Raspberry Pi. Verkkoaineisto. Amazon. <<https://www.amazon.com/Raspberry-Pi-RASPBERRYPI3-MODB-1GB-Model-Motherboard/dp/B01CD5VC92>>. Luettu 14.5.2018.
- 24 Raspberry Pi. Verkkoaineisto. Wikipedia. <[https://fi.wikipedia.org/wiki/Raspberry\\_Pi](https://fi.wikipedia.org/wiki/Raspberry_Pi)>. Päivitetty 14.4.2018. Luettu 14.5.2018.
- 25 MCP4725. Verkkoaineisto. Microchip. <<https://www.sparkfun.com/datasheets/BreakoutBoards/MCP4725.pdf>>. Luettu 14.5.2018.
- 26 MCP3004/3008. Verkkoaineisto. Microchip. <<https://cdn-shop.adafruit.com/datasheets/MCP3008.pdf>>. Luettu 14.5.2018.
- 27 Java. Verkkoaineisto. Wikipedia. <<https://fi.wikipedia.org/wiki/Java>>. Päivitetty 16.1.2018. Luettu 14.5.2018.

- 28 Android Studio. Verkkoaineisto. Wikipedia. <[https://fi.wikipedia.org/wiki/Android\\_Studio](https://fi.wikipedia.org/wiki/Android_Studio)>. Päivitetty 19.3.2017. Luettu 14.5.2018.
- 29 Solenoidi. Verkkoaineisto. Wikipedia. <<https://fi.wikipedia.org/wiki/Solenoidi>>. Päivitetty 4.2.2015. Luettu 14.5.2018.
- 30 Permeabiliteetti. Verkkoaineisto. Wikipedia. <<https://fi.wikipedia.org/wiki/Permeabiliteetti>>. Päivitetty 14.7.2017. Luettu 14.5.2018.
- 31 Solenoidiventtiili toimii typensyötön annostelijana. Verkkoaineisto. Jaksa. <[http://www.jaksa.si/english/index2\\_en.html](http://www.jaksa.si/english/index2_en.html)>. Luettu 14.5.2018.
- 32 Sähkömoottorin hyötysuhteella on väliä. Verkkoaineisto. Abb. <<http://www.abb.fi/cawp/seitp202/9324577570fc2313c125765e002bfcd2.aspx>>. Luettu 14.5.2018.
- 33 Hoidettavat vaivat. Verkkoaineisto. Ivcjournal. <<https://ivcjournal.com/whole-body-cryotherapy-in-dogs-safety-and-feasibility/>>. Luettu 14.5.2018
- 34 Lyman, Joseph. 2014. Whole Body Cryotherapy in Dogs – Safety and Feasibility. Verkkoaineisto. Ivcjournal. <<https://ivcjournal.com/whole-body-cryotherapy-in-dogs-safety-and-feasibility/>>. Luettu 14.5.2018
- 35 Taulukko 1. Tutkimustulosten perusteella todetut hyödyt. Verkkoaineisto. <Ivcjournal. <<https://ivcjournal.com/whole-body-cryotherapy-in-dogs-safety-and-feasibility/>>. Luettu 14.5.2018.

