

KYMENLAAKSON AMMATTIKORKEAKOULU

Tietotekniikka / Tietoverkkotekniikka

Joonas Rosenblad

KYBERTURVALLISUUSLABORATORION JÄÄHDYTYSJÄRJESTELMÄ

Opinnäytetyö 2015

TIIVISTELMÄ

KYMENLAAKSON AMMATTIKORKEAKOULU

Tietotekniikka

ROSENBLAD, JOONAS

Opinnäytetyö

Työn ohjaaja

Toimeksiantaja

Huhtikuu 2015

Avainsanat

Kyberturvallisuuslaboratorion jäähdytysjärjestelmä

30 sivua

Yliopettaja Martti Kettunen

Kymenlaakson ammattikorkeakoulu

datacenter, konesali, jäähdytysjärjestelmät, CyberLab

On tutkittu, että konesalien energiankulutuksesta tavallisesti noin 30 - 50 % kuluu konesalin jäähdytykseen. Tämä onkin nykypäivänä yksi suurimmista osa-alueista, jossa energiatehokkuutta voidaan parantaa.

Kymenlaakson ammattikorkeakoulun ICT-laboratorion tiloissa sijaitsee uusi kyberturvallisuuslaboratorio, CyberLab. CyberLabin tarkoitus on tulevaisuudessa toimia mahdollisimman realistisena oppimisympäristönä tunkeutumistestausta tai yritysten tietoturvaselvitysten harjoittelemista varten. Tavoitteena vuonna 2015 on myös toteuttaa laajalle yleisölle tarjottavia opetuspelejä.

CyberLabiin oli vuoden 2014 aikana rakennettu edistyksellinen jäähdytysjärjestelmä. Tämän työn tarkoituksena oli dokumentoida kyseinen järjestelmä, ja toteuttaa siihen liittyvät kriittiset valvonta- ja hälytysyhteydet.

Tarvittavat hälyttimet ja anturit hankittiin Rittal Oy:ltä, joka oli rakentanut CyberLabin jäähdytysratkaisun. Työn alussa on käyty läpi erilaisia konesalien jäähdytysratkaisuja teoriassa, ja sen jälkeen CyberLabin oma jäähdytysjärjestelmä ja sen valvontalaitteet ja niihin sisältyvät anturit ja hälyttimet piirustuksineen.

Lopputuloksena CyberLabin jäähdytyksen valvonta oli sillä tasolla, että aktiivilaitteet sekä jäähdytyslaitteet voitiin laittaa käyntiin.

ABSTRACT

KYMENLAAKSON AMMATTIKORKEAKOULU

University of Applied Sciences

Information Technology

ROSENBLAD, JOONAS

Cooling System of Cyber Security Laboratory

Bachelor's Thesis

30 pages

Supervisor

Martti Kettunen, Principal Lecturer

Commissioned by

KyAMK University of Applied Sciences

April 2015

Keywords

data center, cooling, CyberLab

Studies show that the cooling makes up approximately 30 to 50 percent of the energy consumption in a data center, thus being one of the major areas where energy efficiency can be improved.

Inside the ICT laboratory in KyAMK University of Applied Sciences is the new cybersecurity laboratory, CyberLab. The future purpose of CyberLab is to act as a realistic penetration testing environment and as a training environment for developing information security inspections for corporations. In 2015 the object is to develop educational games for larger audience.

An advanced cooling system was installed in CyberLab during 2014. The purpose of this thesis was to document the cooling system, and to build necessary surveillance and alarm systems. The alarms and sensors were acquired from Rittal Ltd, which had built and installed the cooling system inside CyberLab. This thesis begins with the introduction of different kinds of cooling solutions, and the cooling solution of CyberLab, and then the installations of the alarms and sensors inside CyberLab are presented with the electrical drawings.

As a result of this study, the surveillance of the cooling system of CyberLab had reached a level where the active devices as well as the cooling system can be put to use.

SISÄLLYS

TIIVISTELMÄ

ABSTRACT

LYHENNELUETTELO	6
1 JOHDANTO	7
2 TYÖN RAJAUS JA LÄHTÖTILANNE	7
3 JÄÄHDYTYSJÄRJESTELMÄT	8
3.1 Yleistä	8
3.2 Ilmajäähdytys	9
3.3 Nestejäähdytys	9
3.4 Vapaajäähdytys	9
3.4.1 Ulkoilman käyttö vapaajäähdytyksessä	10
3.5 Kylmä-kuumakäytävä	10
4 KYBERTURVALLISUUSLABORATORION JÄÄHDYTYSJÄRJESTELMÄ	11
4.1 Ulkojäähdytinsikkö	12
4.2 LCP-yksikkö	13
4.3 Hätävesilämmönvaihdin	14
4.3.1 Käyttö	14
4.4 Datakaapit	14
4.5 Vikatilanteet	15
4.6 Koekäyttö	15
5 KYBERTURVALLISUUSLABORATORION VALVONTAJÄRJESTELMÄT	16
5.1 CMC III-valvontajärjestelmä	16
5.1.1 CAN-väylä	17
5.2 CMC III CAN bus Access	18
5.3 CMC III Universal Sensor	18
5.3.1 Vesivuotoanturi	18
5.4 CMC III IO-Unit	19

5.4.1	Painemittari	20
5.4.2	Hätävesilämmönvaihdin	21
5.4.3	Paloilmoitin	22
5.5	Hallintaverkko	22
5.5.1	Valvontayhteydet	22
5.6	Konesali ja valvontakone	23
6	HÄLYTYSLAITTEIDEN LISÄÄMINEN JÄÄHDYTYSJÄRJESTELMÄÄN	24
6.1	Yleistä	24
6.2	Toteutus	24
6.2.1	Vesivuotoanturi	25
6.2.2	Painemittarin kosketinhälytys	26
6.2.3	Palohälytin kosketintiedolla	26
6.2.4	Hätävesilämmönvaihtimen hälytystieto	27
7	YHTEENVETO	28

LYHENNELUETTELO

CAN bus	Controller Area Network: <i>CAN-väylä</i>
CMC III	Computer Multi Control: <i>Rittalin hälytysjärjestelmä verkko- ja palvelinkaapeille</i>
CyberLab	Kymenlaakson ammattikorkeakoulun kyberturvallisuuslaboratorio
LCP	Liquid Cooling Package: <i>Kyberturvallisuuslaboratorion kaappien suljettu rivijäähdytysjärjestelmä</i>

1 JOHDANTO

Datakeskusten määrä maailmalla kasvaa kovaa vauhtia, ja yhä useampi yritys keskittää nykyään konesalinsa Pohjoismaihin niiden kylmän ilmaston ansiosta (Motiva 2011, 2). Esimerkiksi Google on sijoittanut pelkästään Haminassa sijaitsevaan palvelinkeskukseensa jo yli 800 miljoonaa euroa vuosien 2009 - 2015 aikana (Leikari, 5.11.2013). Sijaintina Haminan vanhan Summan tehtaan paikka oli optimaalinen siksi, että se on meren rannalla ja täten kylmää merivettä voidaan käyttää konesalin jäähdytykseen energiatehokkaasti.

Kymenlaakson ammattikorkeakoulussa sijaitseva kyberturvallisuuslaboratorio, CyberLab, on käytännössä pieni konesali, jolla on tarkoitus luoda mahdollisimman realistinen oppimisympäristö esimerkiksi tunkeutumistausta tai yritysten tietoturvaselvityksien harjoittelemista varten. Tässä opinnäytetyössä on tutkittu konesalien eri jäähdytysmenetelmiä, sekä perehdytty CyberLabin jäähdytysratkaisuun ja sen valvonta- ja hälytysjärjestelmään.

Varsinaiset rakennustyöt laboratoriota varten aloitettiin syksyllä 2014, kun entiseen tietoverkkotekniikan opiskelijoiden taukotilaan ICT-laboratorion vieressä tuotiin datakaapit, virransyöttö- ja jäähdytyslaitteet, sekä neljä kappaletta palvelimia ja Dellin valmistama kytkin hoitamaan palvelinten liikennettä. Datakaapit sekä jäähdytysjärjestelmän toimitti ja asensi Rittal Oy.

Käytännön toteutus hälytysjärjestelmille on tehty CyberLabin konesalin valvonta- ja hälytysjärjestelmään, Rittal Oy:n CMC III:een. CMC:lle on rakennettu siitä puuttuneet vesivuoto-, palo- ja vedenjakelun hälytysjärjestelmät. Lisäksi ulkojäähdytynyksiköltä tuotiin kaksi ethernet-kaapelia, joista toinen otettiin käyttöön ulkoyksikön valvontayhteydelle, ja toinen ulkojäähdytynyksikön hallintapaneelille.

2 TYÖN RAJAUS JA LÄHTÖTILANNE

Työn tarkoitus on käydä läpi konesalien eri jäähdytysmenetelmät, perehtyä ja dokumentoida Kyamkin kyberturvallisuuslaboratorion jäähdytysjärjestelmä, sekä rakentaa ja tutustua sen valvonta- ja hälytysjärjestelmiin.

Työn alussa konesalin jäähdytysjärjestelmä oli rakennettu valmiiksi, mutta sen valvonnassa oli paljon puutteita. Konesalin ja sen jäähdytysratkaisun toimittanut Rittal Oy oli rakennusvaiheessa tehnyt valvonnan osalta valmiiksi ainoastaan datakaappien ovi- ja kahvahälytykset. Kaiken kaikkiaan konesalin jäähdytykseen ja sen valvontaan käytetään kolmea eri järjestelmää, jotka ovat ulkojäähdytinsikkö, Rittalin CMC III Processing Unit sekä Rittalin LCP-yksikkö (Liquid Cooling Package, suljettu rivijäähdytinsikkö). Näiden kolmen järjestelmän valvontayhteydet on toteutettu selainpohjaisilla hallintasivuilla.

Tämän työn teoriaosuus käsittelee konesalien eri jäähdytysmahdollisuuksia ja menetelmiä, jonka jälkeen esitellään Kyamkin kyberturvallisuuslaboratorion jäähdytysratkaisu ja siihen tässä opinnäytetyössä rakennettu hälytys- ja valvontajärjestelmä.

3 JÄÄHDYTYSJÄRJESTELMÄT

Konesalit voidaan jäähdyttää monilla eri menetelmillä, ja kyseisen jäähdytyksen energiatehokkuus tulee ottaa huomioon sitä suunnitellessa. Pohjoismaat ovat kasvattaneet suosiotaan konesalien sijoituspaikkana kylmän ilmaston ja vesivoiman ansiosta, sillä ne kasvattavat energiatehokkuutta huomattavasti vähentämällä koneellisen jäähdytyksen tarvetta (Motiva 2011, 4).

3.1 Yleistä

Yleensä konesalit on jäähdytetty liian viileiksi, ja tätä lämpötilaa nostamalla voidaan jäähdytyskuluissa säästää huomattavia summia. Palvelimille menevän ilman lämpötila kannattaa nostaa lähelle 27 celsiusastetta, joka on ASHRAE:n (American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers) suosituksen mukainen suurin sallittu lämpötila (Motiva 2011, 6).

Konesalin jäähdytyksessä tärkeä elementti on erottaa kylmä ilma kuumasta, sillä koko tilan yleinen jäähdytys ei ole tehokas keino. Tämä toteutetaan yleensä niin sanotuilla kylmä-kuumakäytävillä datakaappien sisällä.

3.2 Ilmajäähdytys

Yleinen tapa jäähdyttää konesali on ilmajäähdytys, jossa jäähdytyslaite imee lämpimän ilman salista, ja puhaltaa jäähdytettyä viileää ilmaa palvelimille. Ilmajäähdytys on edelleen hyvin yleinen jäähdytysmenetelmä konesaleissa, mutta se ei ole kovin energiatehokas. Osa datakeskuksista onkin siirtynyt jo tehokkaampiin jäähdytysratkaisuihin.

3.3 Nestejäähdytys

Nestejäähdytystekniikkaa käytetään nykyään paljon konesalien jäähdytyksessä sen lämmönsiirtokyvyn takia. Siinä periaatteena on siirtää konesalin laitteiden tuottama lämpö jäähdytysnesteeseen mahdollisimman lähellä lämmön lähdettä. Nestejäähdytyksen etu ilmajäähdytykseen tulee nesteen lämmönsiirtokyvystä, joka on jopa 3500-kertainen ilmaan verrattuna (Motiva 2010, 11). Nestejäähdytyksessä nesteenä voidaan käyttää joko vettä tai jäähdytysnestettä.

Yksi tapa käyttää nestejäähdytystä on closed-liquid rack, eli suljettu palvelinkaappi. Kyseistä jäähdytystapaa on käytetty myös tässä työssä myöhemmin esiteltävässä CyberLabin jäähdytysratkaisussa. Tämä jäähdytystapa sisältää erillisen lämmönvaihtimen, joka on kytketty nestejäähdytysjärjestelmään.

Nestejäähdytyksen suurin ongelmakohta on vikatilanteissa mahdollinen nesteen vuotaminen jäähdytettävien laitteiden päälle, sillä aktiivilaitteet ovat erittäin herkkiä kosteudelle (Dai, Ohadi, Das & Pecht 2014, 50).

3.4 Vapaajäähdytys

Vapaajäähdytys on myös yleinen tapa jäähdyttää konesali. Yleensä vapaajäähdytin on yhdistetty kompressorilla toimivan jäähdytyslaitteen kanssa. Tällöin tarpeeksi kylmän ulkoilman tai esimerkiksi meriveden jäähdytysvaikutus siirretään vapaajäähdyttimen kautta konesaliin joko suoraan ilmana, tai jäähdytysnesteen välityksellä. Kompressorin astuu kuvaan vasta siinä vaiheessa, kun ulkoilma tai vesi on liian lämmintä vapaajäähdyttimen käyttöön.

Vapaajäähdytys käyttää hyödykseen luonnon omia energiavaroja, kuten kylmää ilmaa tai merivettä. Tämä jäähdytystapa sopii erityisesti pohjoisiin maihin kylmän ilmaston ansiosta (Motiva 2010, 10).

3.4.1 Ulkoilman käyttö vapaajäähdytyksessä

Varsinkin Pohjoismaiden kylmän ilmaston ansiosta tämä jäähdytysmenetelmä on erittäin suosittu (Motiva 2010, 2). Vapaajäähdytys ulkoilmalla tarkoittaa sitä, että kylmän ulkoilman jäähdytysvaikutus siirretään laittiloihin, jolloin esimerkiksi kompressorijäähdytystä ei tarvitse käyttää. Vesikiertoisessa jäähdytysjärjestelmässä periaate on sama, eli lämmennyt jäähdytysvesi viilennetään ulkoilmalla ja viilennetty vesi siirretään takaisin konesaliin.

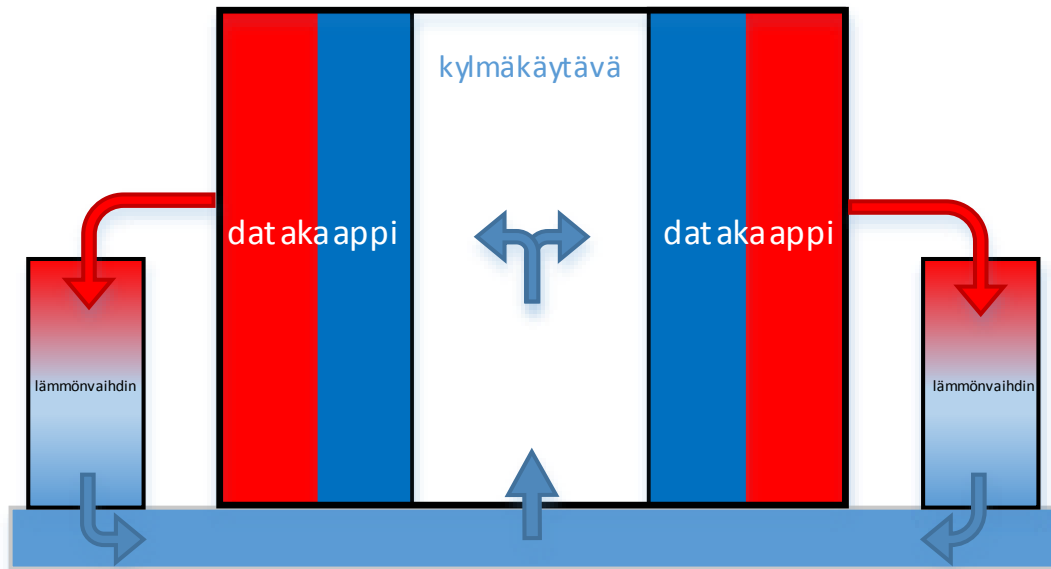
3.5 Kylmä-kuumakäytävä

Kylmä-kuumakäytäväratkaisussa palvelinten tuottama lämpö erotetaan niille syötettävästä jäähdytetystä ilmasta. Tämä on yksi tärkeä elementti energiatehokkaaseen jäähdytysratkaisuun, sillä jopa 50 % jäähdytystehosta voi mennä hukkaan, jos kylmä ja kuuma ilma sekoittuvat konesalissa (Motiva 2010, 9).

Kylmä-kuumakäytävä voidaan toteuttaa joko yhden kaappirivin sisällä, tai kahden kaappirivin välissä.

Ensimmäisessä tilanteessa suljetun datakaapin etuosaan syötetään kylmä ilma, josta aktiivilaitteet imevät sen sisäänsä ja puhaltavat lämmennytta ilmaa kaapin takaosaan, kuumakäytävään.

Jälkimmäisessä tilanteessa (Kuva 1) kaapit sijoitetaan niin sanotusti ”selät vastakkain”, jolloin molempien kaappien tuottama kuuma ilma tuodaan keskelle jäävään tilaan, kuumakäytävään, josta se siirretään jäähdytysjärjestelmän kautta viilennettynä takaisin kaappien etuosiin, eli kylmäkäytäviin. Konesalin ratkaisusta riippuen tämä voidaan myös toteuttaa käänteisesti, jolloin konesalin huoneenlämpö on eristetty datakaappien välissä olevasta kylmäkäytävästä, johon kylmä ilma syötetään esimerkiksi lattian kautta.

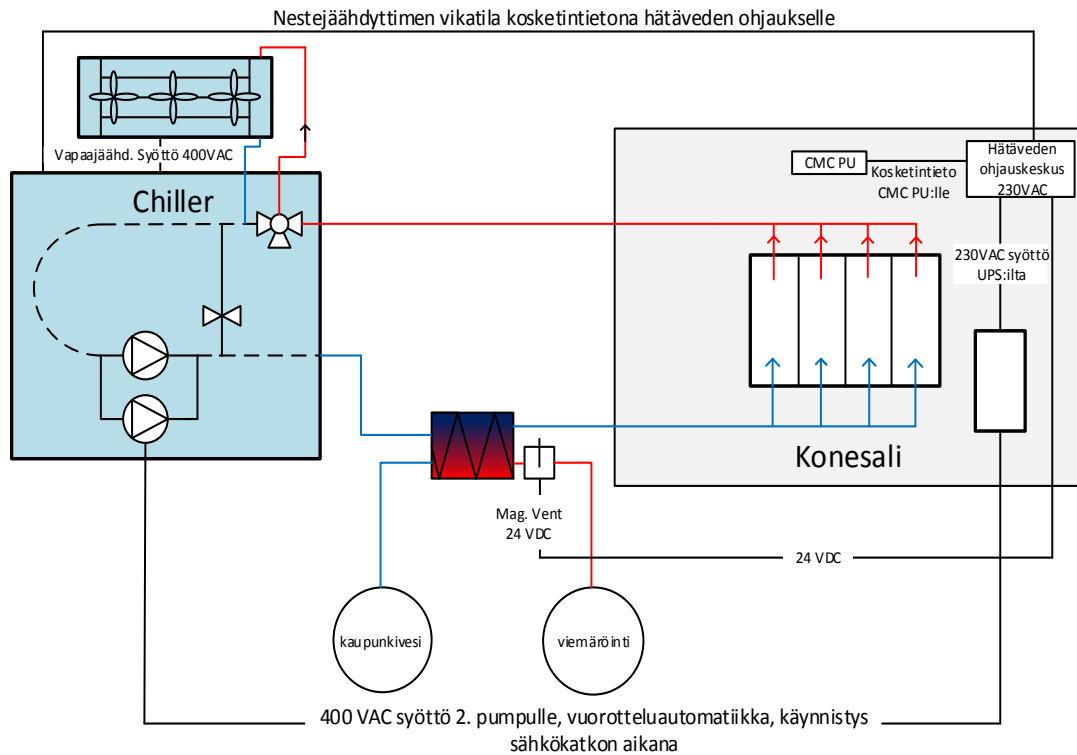


Kuva 1. Kylmä- ja kuumakäytävän kuvaaja

4 KYBERTURVALLISUUSLABORATORION JÄÄHDYTYSJÄRJESTELMÄ

Kyamkin kyberturvallisuuslaboratorion jäähdytys on toteutettu Rittal Oy:n toimittamalla suljetulla rivijäähdytysyksiköllä, LCP:llä, joka imee kuumaa ilmaa palvelinkaapin takaosasta eli kuumakäytävästä, ja puhaltaa jäähdytyskennon läpi jäähdytettyä ilmaa takaisin palvelinkaapin etuosaan eli kylmäkäytävään. Jäähdytetyn nesteen LCP-yksikkö saa Kyamkin pihalla sijaitsevasta ulkojäähdytysyksiköstä (Kuva 2).

Kaappien jäähdytys on toteutettu niin sanotulla closed-liquid rack -menetelmällä, jossa kylmäkäytävä sijaitsee kaapin etuosassa, ja se on eristetty kuumakäytävästä kaapin aktiivilaitteilla. Koska kaapit eivät ole tällä hetkellä täynnä laitteita, on tyhjät kohdat peitetty peitelevyillä. Alla oleva kuva ilmaisee jäähdytysjärjestelmän toimintaa jäähdytysnesteen näkökannalta.



Kuva 2. Kyberturvallisuuslaboratorion jäähdytysjärjestelmä

4.1 Ulkojäähdytynyksikkö

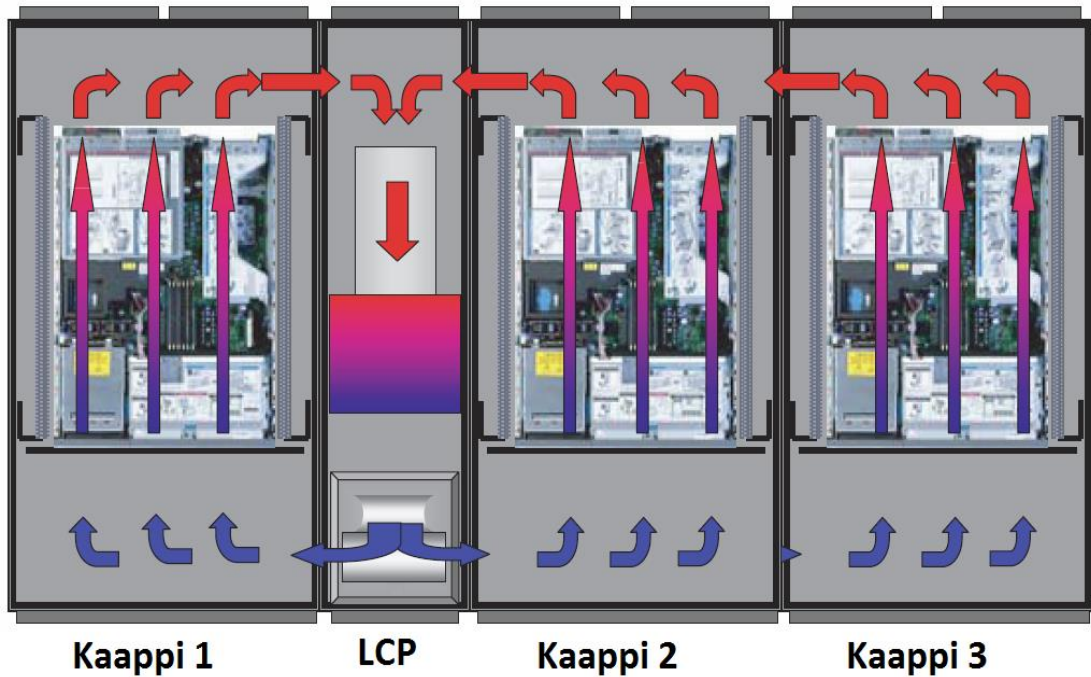
Ulkojäähdytynyksikkö on pihalla sijaitseva vapaajäähdyttimen ja kompressorin yhdistelmälaite, joka jäähdyttää konesalista tulevan lämmenneen nesteen taas viileäksi (Rittal Oyj 2015c). Ulkoilman ollessa tarpeeksi kylmää kompressorin kytkeytyy pois päältä, ja vapaajäähdytys hoitaa jäähdytysnesteen viilennyksen.

Ulkojäähdytynyksikkö pitää sisällään kaksi pumppua, jotka toimivat vuorotteluautomaatiikalla. Sähkökatkon aikana toinen pumppu käynnistyy UPS:lta saadun sähkön avulla (Kuva 2).

Ulkojäähdytynyksiköltä on konesalin datakaappiin tuotu kaksi ethernet-kaapelia. Toista pitkin laitteen graafinen hallinta ja valvonta ovat mahdollista web-pohjaisella käyttöliittymällä, ja toinen kaapeli vastaa ulkojäähdytynyksikön hallintapaneelin yhteydestä. Hallintapaneelistä on esimerkiksi mahdollista käynnistää ja sammuttaa ulkojäähdytynyksikkö, ja sen avulla voidaan myös seurata esimerkiksi jäähdytysnesteen lämpötilaa jäähdyttimellä.

4.2 LCP-yksikkö

Datakaapissa sijaitseva Rittalin LCP-yksikkö on suljettu rivijäähdytysjärjestelmä, jossa kiertää ulkojäähdytysyksiköltä tuleva viileä vesi. LCP:n yhteydessä olevat kolme tuuletinta imevät kuumakäytävän ilman kaapeilta jäähdytyskennon läpi, ja puhaltaa sen viileänä takaisin kylmäkäytävään kaappien etuosaan (Rittal Oyj 2015d).



Kuva 3. LCP-yksikkö CyberLabissa (Rittal Oyj 2015d)

LCP-yksiköllä on oma LCD-näyttö datakaapin ovelta, josta näkee suoraan veden virtausvoimakkuuden (l/min), lämpötilat ylä-, keski- ja ala-tasoilta sekä kuuma- että kylmäkäytävistä, kuin myös sisään tulevan ja ulos ulkojäähdytysyksikölle lähtevän jäähdytysnesteen lämpötilan. LCP-yksikkö on asetettu reagoimaan hälytyksellä, mikäli määritetyt raja-arvot mitatuista tiedoista ylittyvät tai alittuvat. Hälytykset on mahdollista lukea web-hallinnasta. LCP-yksikkö voidaan myös asettaa lähettämään hälytykset joko sähköpostilla, tekstiviestillä tai SNMP-viesteillä verkonvalvontalaitteistolle.

LCP-yksikön Ethernet- ja CAN-väyläliittimet on tuotu LCP-kaapin takaosaan, eli kuumakäytävän puolelle, joista X4-liitin on Ethernetiä varten, ja X5 CAN-väylää varten.

4.3 Hätävesilämmönvaihdin

Konesalin takaseinällä sijaitsee automaattinen lämmönvaihtaja, joka kytkeytyy päälle, mikäli siihen määritetty ulkojäähdytynyksiköltä tulevan jäähdytetyn nesteen lämpötila-arvo ylittyy.

Lämmönvaihdin on digitaalinen säädin, joka mittaa lämpöanturin avulla nestelinjan lämpötilaa. Jäähdytysnesteen lämpötilan ylittäessä tai alittaessa asetusarvon, säädin ohjaa siihen kytkettyä moottoriventtiiliä, jonka avulla kylmä kaupunkiverkon vesi siirto nestelinjan lämpökuormaa itseensä kulkiessaan lämmönvaihtimen läpi, näin aiheuttaen nestelinjan jäähdyttämisen (Kuva 2). Jäähdytysjärjestelmässä kulkeva neste ei siis missään vaiheessa sekoitu kaupunkiveden kanssa.

4.3.1 Käyttö

Lämmönvaihtimen säädin on täysin automaattinen ja huoltovapaa. Säätimen kannessa on näyttö sekä testikytkin. Näytöltä näkee reaaliaikaisen nestelinjan lämpötilan, joka on mitattu näytön oikealla puolella sijaitsevasta jäähdyttimeltä tulevasta vedestä.

Säätimessä on kolme eri asetusarvoa: C1, AL.1 ja AL.2. Näitä muuttamalla voidaan säätää sekä hätäveden kytketymislämpötila, että sen hälytyslämpötila. SET-näppäintä painamalla voidaan valita mitä näistä arvoista muutetaan, ja nuolinäppäimillä tehdään muutokset arvoihin. Nuolinäppäintä painamalla tulee näytölle vihreän luvun alapuolelle punainen luku, joka on senhetkinen kytketymislämpötila. Tämän lämpötilan arvo tulee aina olla vähintään +0.5 °C hälytysarvoon nähden, jotta hälytys kytkeytyy päälle varmasti.

Mahdollisia vikatilanteita on näytöllä oleva koodi E-05, joka ilmaisee lämpötila-anturin vikaa. Mikäli näyttö on kokonaan pimeä, laite ei saa tällöin virtaa.

4.4 Datakaapit

Konesali sisältää yhteensä kolme toisissaan kiinni olevaa datakaappia. Näistä kaappi 1:ssä sijaitsee UPS-laitteisto ja kaappi 2:ssa serverit sekä kytkimet. Kaappi 3 oli tämän

työn kirjoitushetkellä vielä tyhjillään, joskin kuuma- ja kylmäkäytävät oli eroteltu peitelevyillä jäähdytyksen optimoinnin vuoksi. Ykkös- ja kakkoskaappien välissä sijaitsee aiemmin esitelty suljettu rivijäähdytysyksikkö (Kuva 3).

4.5 Vikatilanteet

Konesalin jäähdytysjärjestelmän pitää jäähdyttämisen lisäksi olla myös luotettava järjestelmä esimerkiksi sähkökatkon tai muun vian aikana. Sähkökatkon tai ulkojäähdytysyksikön vikatilanteen sattuessa päälle hätäveden ohjauskeskus avaa lämmönvaihtimen venttiilin, jolloin LCP-yksikön läpi kiertävä neste jäähtyy ilman ulkoyksikön vapaajäähdytystä tai sen kompressorin jäähdytystä. UPS:lta tulee 400 VAC syöttö ulkoyksikön 2-pumpulle, joka toimii vuorotteluautomaatiikalla, käynnistyen sähkökatkon aikana.

4.6 Koekäyttö

CyberLabin jäähdytysjärjestelmän koekäyttö suoritettiin 11.9.2014 Rittal Oy:n, Uudenmaan projektitekniikka Oy:n sekä Tampereen Ilmastointiasentajat Ky:n edustajien toimesta.

Koekäyttö suoritettiin 18 kW:n keinokuormalla, joka asetettiin täydelle teholle. Vedenjäähdyttimen lähtevän veden asetusarvoksi asetettiin 12 astetta, ja LCP-yksikön asetusarvoksi asetettiin 23 astetta.

Jäähdytysyksikkö vikaannutettiin seuraavaksi niin, että kiertovesipumppu jäi käymään, jolloin järjestelmä siirtyi hätäjäähdytykselle. Hätäjäähdytyksen säätöventtiili oli auki 50 – 100 % välillä pitäen lähtevän veden asetusarvossaan, 17 asteessa. LCP-yksikön lämpötilat nousivat testissä hieman, mutta eivät ylittäneet 40 astetta kuumalla puolella. Kylmällä puolella ilman lämpötila nousi 24 asteeseen.

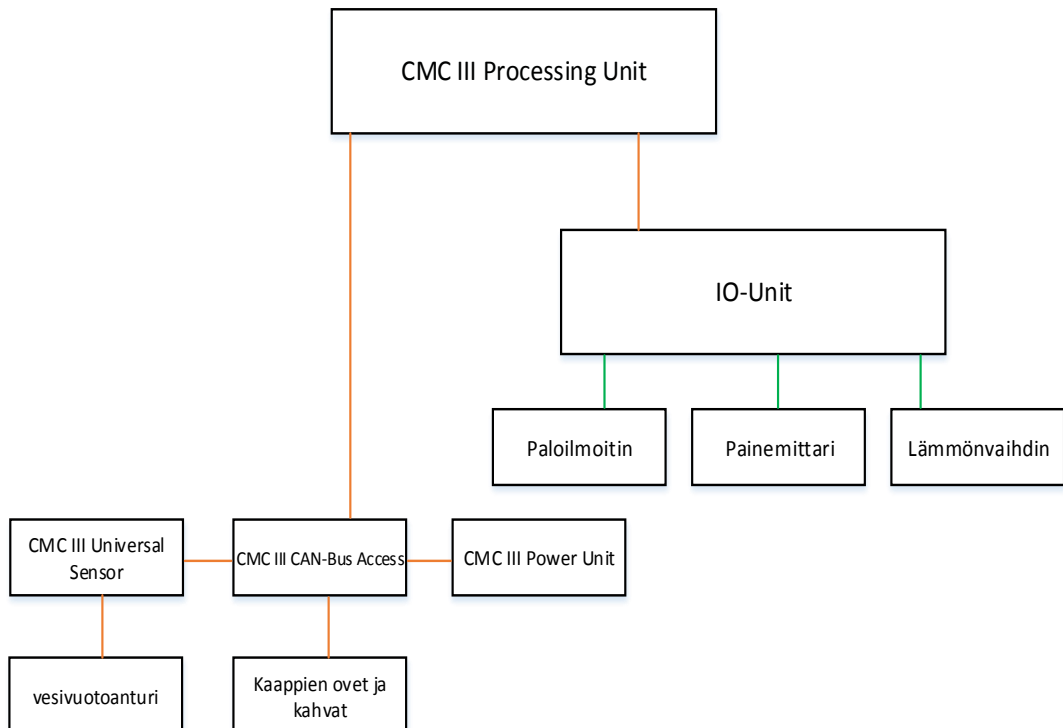
5 KYBERTURVALLISUUSLABORATORION VALVONTAJÄRJESTELMÄT

5.1 CMC III-valvontajärjestelmä

Rittalin CMC III (Computer Multi Control) on hälytysjärjestelmä verkko- ja palvelinkaapeille, kytkentäkaapeille, konteille ja huoneille (Rittal Oyj 2015b). Siihen on kytketty lähes kaikki kyberturvallisuuslaboratorion hälytykset joko suoraan CANBUS-sarjaan tai erillisen IO-kontrollerin kautta.

CMC-järjestelmä voidaan rakentaa valvomaan lämpötiloja, ilmankosteutta, ovia, savua, energiaa ja monia muita ympäristöparametreja (Rittal Oyj 2015b). Kuvassa 4 esitellään kytkentäkaavio CyberLabin CMC III-järjestelmästä ja siihen kytketyistä lisälaitteista. CMC-järjestelmä on modulaarinen ja sitä voidaan tarvittaessa laajentaa jälkikäteen.

Hälytykset voidaan lukea joko CMC III Processing Unitin web-hallinnasta, tai se voidaan konfiguroida lähettämään joko sähköposti tai tekstiviesti halutulle vastaanottajalle. Hälytysjärjestelmän voi myös asettaa lähettämään SNMP-tietoina hälytykset verkonvalvontajärjestelmälle.

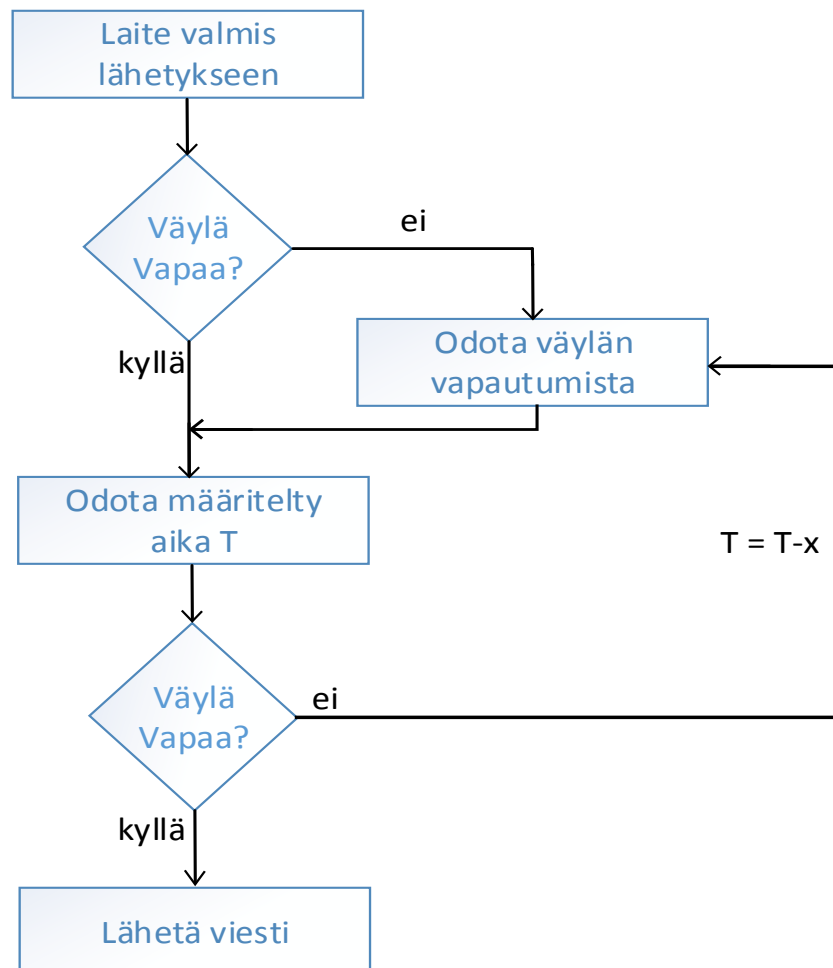


Kuva 4. CMC III-valvontajärjestelmän kytkentäkuva

5.1.1 CAN-väylä

CMC III-järjestelmä käyttää CAN-väylää (Controller Area Network) antureiden kytkentään järjestelmässä. CAN-väylän toimintaperiaatteessa kaikki väylälle kytketyt laitteet ovat samanarvoisia ja ovat sallittuja lähettämään ja vastaanottamaan tietoa aina kun väylä on auki (Sewell Direct 2015). Laitteet itsessään päättävät mitä tiedolla tekevät, ja CyberLabin järjestelmässä juuri CMC III Processing Unit kerää tiedot itselensä.

Törmäyksiä välttämiseksi järjestelmä käyttää CSMA/CD+CR (Carrier Sense Multiple Access / Collision Detection + Collision Resolution) metodia, joka on havainnollistettu kuvassa 5.



Kuva 5. CAN-väylän toimintaperiaate

Tilanteessa, jossa laite haluaa lähettää viestin, tarkistaa se ensin onko väylä auki. Jos väylä on auki, se odottaa vielä määritellyn ajan T , jonka jälkeen väylän edelleen ollessa auki lähettää se tiedon väylälle. Mikäli samaan aikaan jokin muu laite on varannut väylän käyttöönsä, odottaa laite määritellyn ajan $T - x$, näin parantaen laitteen mahdollisuutta saada vapaa väylä taas käyttöönsä.

5.2 CMC III CAN bus Access

CAN bus Access-moduuli on ovikohtainen kulunvalvontamoduuli. Se sisältää integroidun ovianturin ja siihen voidaan liittää myös kahva sekä lukulaite. Näitä laitteita on datakaapin sisällä yhteensä kuusi kappaletta. Etu- ja takaovilla on jokaisella omansa, ja näihin on myös liitetty ovien kahvat.

5.3 CMC III Universal Sensor

Rittalin Universal Sensor sijaitsee Kaappi 1 kuumakäytävän alalaidassa. Se lähettää tiedon CAN-väylää pitkin siihen kytketystä vesivuotoanturista (Kuva 6.). Yleisanturiin on mahdollista liittää digitaalitulot potentiaalivapaille signaaleille, ja yksi analoginen liitäntä 4 – 20 mA:n viestillä (Rittal Oyj. 2015a). Juuri tällä 4 – 20 mA:n viestillä vesivuotoanturi on kytketty yleisanturiin.

5.3.1 Vesivuotoanturi

Datakaapin kuumakäytävän puolelle lattialle on rakennettu koko kaapin mittainen anturi, joka on kytketty kaapissa sijaitsevaan CMC III Universal Sensoriin, joka taas on liitetty CMC III Processing Unitin CAN-väylään (Kuva 6.). Universal Sensor mittaa anturilta tulevaa virtaa ja reagoi hälytyksellä CMC III-yksikölle mikäli virtamäärä kasvaa määritetyn arvon yläpuolelle (= vettä anturilla, tai anturi muulla tavoin oikosulussa).

Normaalitilanteessa virta kulkee kahden vastuksen läpi virtaa mittaavalle CMC III Universal Sensorille. Veden tai muun asettaessa teippianturin oikosulkuun, muuttuu myös Universal Sensorille tulevan virran määrä. Tämän arvon hälytysrajat voidaan määrittää CMC III PU:n hallintasivulla. Kuvan 6 mukaan oloarvo ilman anturilla olevaa vettä on 30 %. Arvon noustessa 40 %:iin CMC III PU reagoi varoituksella, ja 60 % kohdalla hälytys aktivoituu.

▣ Kaappi 2 Etu	
▣ Kaappi 1 Etu	
▣ Kaappi 1 Taka	
▣ CMCIII-IO3	
▣ CMCIII-UNI-vesivuotohaly	
▣ Device	OK
▣ Interface	
▣ Vesivuoto (Analog)	OK
-- DescName	Vesivuoto
-- Value	30 %
-- SetPtHighAlarm	60 %
-- SetPtHighWarning	40 %
-- SetPtLowWarning	20 %
-- SetPtLowAlarm	0 %
-- Hysteresis	0 %
-- Status	OK
▣ Scaled Value (Custom)	
Priority	Message

Kuva 6. Vesivuotoanturin hälytysarvot

5.4 CMC III IO-Unit

IO-yksikköön saa liitettyä yhteensä kahdeksan sisääntuloa, ja neljä lähtöä. IO-yksikköön on kytketty painemittarilta yksi tieto alapaineesta ja yksi yläpaineesta, vedenvaihtajan kosketintieto sekä palohälyttimen kosketintieto.

CMC III IO-Unit on kytketty CAN-väylällä CMC III-valvontajärjestelmään. CMC III:n hallintasivulla IO-Unitin eri input-arvot voidaan nimetä hälytyksiä kuvaaviksi (Kuva 7.).

☐ Kaappi 1 Etu	
☐ Kaappi 1 Taka	
☐ CMCIII-IO3	
☐ Device	OK
☐ PAINE LIIAN KORKEA (Input 1)	OK
☐ PAINE LIIAN ALHAINEN (Input 2)	OK
☐ HATAVESI KAYTOSSA (Input 3)	OK
☐ PALOHALYTIN (Input 4)	OK
☐ Input_5 (Input 5)	Off
☐ Input_6 (Input 6)	Off
☐ Input_7 (Input 7)	Off
☐ Input_8 (Input 8)	Off
☐ Output_1 (Output 1)	Off

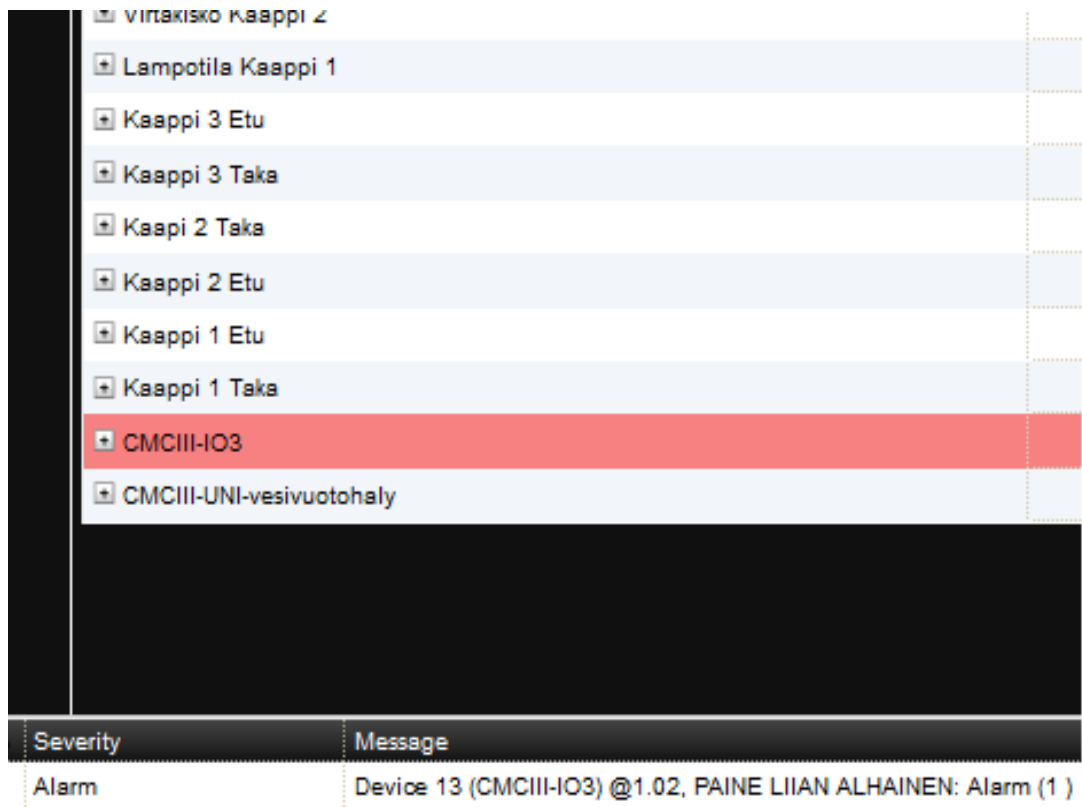
Kuva 7. IO-Unit CMC III:n hallintasivulla

Kuvassa 7 nähdään CMC III-IO3:n alla olevat inputit, joista neljä kytkettyä inputia on nimetty niihin kytketyn anturin mukaan.

5.4.1 Painemittari

Konetilan perällä on painemittari, josta tulee kaksi eri kosketintietoa, ylä- ja alapaine, CMC:n IO-yksikköön (Kuva 8.).

Painemittarin ylä- ja alarajojen säätö tapahtuu mittarin keskellä olevasta ruuvisäätimestä. Kun mittarin viisari osuu joko ylä- tai alarajan ilmaisevaan viivaan, lähettää IO-yksikkö ilmoituksen siitä CMC III-yksikölle CAN-väylää pitkin (Kuva 8.).



Kuva 8. CMC III:n hälytys liian alhaisesta paineesta

Yllä olevassa kuvassa 8 CMC III IO-Unit on lähettänyt tiedon CMC III:lle Input 2 hälytyksestä (Kuva 7.), jonka CMC III on määritetty lukemaan *PAINELIIAN ALHAINEN*-hälytyksenä (Kuva 8).

5.4.2 Hätävesilämmönvaihdin

Lämmönvaihtajalta on kytketty lämmönvaihtajan ohjausyksikön releen NO-pisteestä tieto IO-yksikölle, joka vaihtaa tilaa kun veden lämpötila ylittää sille asetetun hälytysarvon. Lämmönvaihtajan ohjausyksikössä on erikseen säätöarvot kaupunkiveden kytkemiselle, ja siitä hälyttämiseksi. Hälytysarvo on asetettu puoli celsius-astetta pienemmäksi kuin hätäveden kytkentäarvo.

Hälytysarvon säätö tapahtuu painamalla SET-nappia niin monta kertaa, että näytöllä lukee AL. 2-arvo, jonka jälkeen nuolinäppäimillä kyseisen raja-arvon saa muutettua haluamukseen.

5.4.3 Paloilmoitin

Datakaapin yläpuolelle on kytketty kosketintiedolla varustettu optinen palohälytin. Palohälytin saa virtansa CMC:n Power Supplyn V^{OUT}-liittimestä, joka syöttää 24VDC jännitettä hälyttimelle. Hälyttimen NO-liittimestä on yhteys IO-yksikölle, joka välittää hälytyksen CMC:lle.

5.5 Hallintaverkko

Kyberturvallisuuslaboratorion hallintaverkko on suljettu sisäverkko, jolloin ulkopuoliset eivät pääse järjestelmiin käsiksi internetin välityksellä.

CMC III -yksikön, LCP -yksikön sekä ulkojäähdytynyksikön hallinta tapahtuu verkon yli web-selaimella yhdistämällä laitteisiin kiinteästi määritettyihin IP-osoitteisiin. Kaikki laitteet ovat 172.16.0.0/24 -hallintaverkossa, kaapissa 2 sijaitsevassa Cisco Catalyst 2960-kytkimessä.

LCP- ja CMC III-yksiköiden web-hallintasivut eivät tallenna poistuneita hälytyksiä, joten tiedot aktivoituneista hälytyksistä, kuin myös hälytyksien kuittaus, lähetetään syslog-palvelimelle, hallintakoneen tftpd32-ohjelmaan.

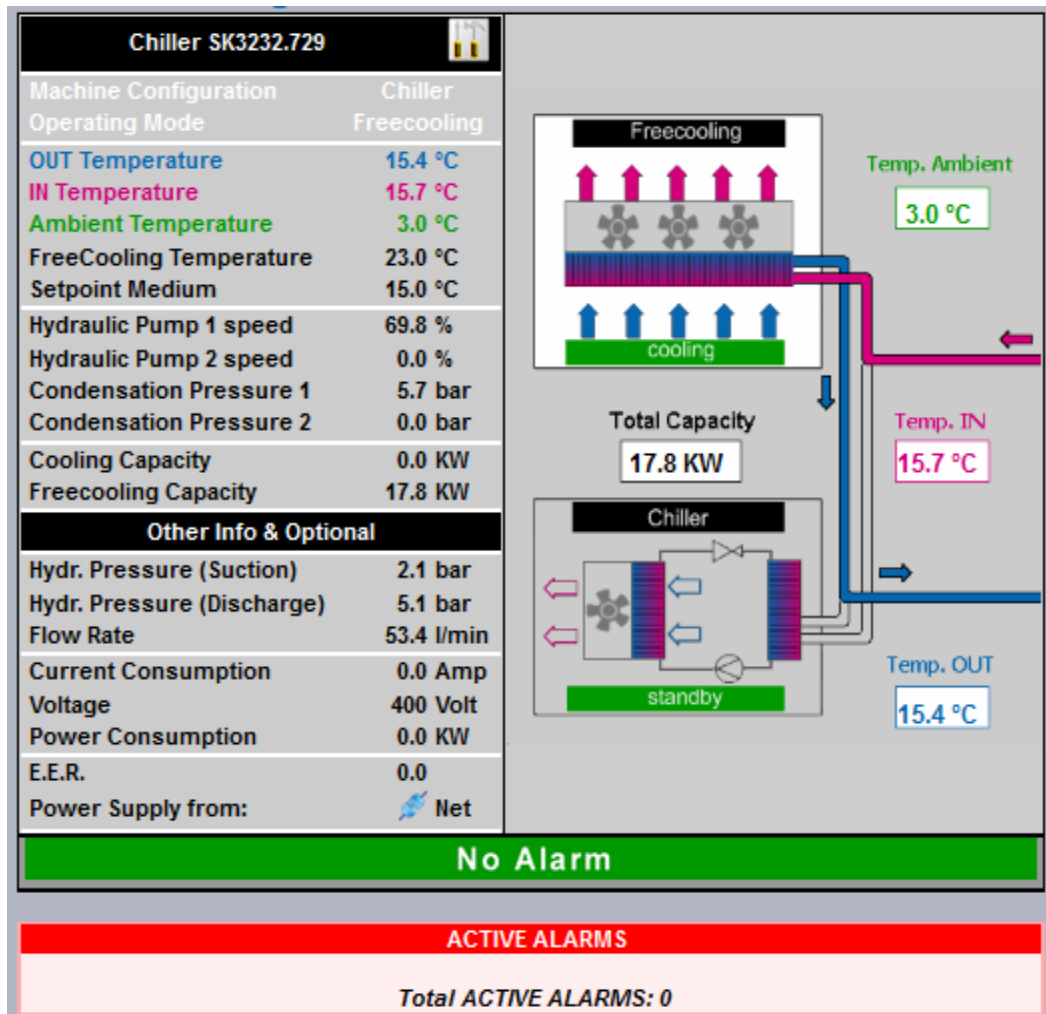
5.5.1 Valvontayhteydet

LCP-yksikköön pääsee yhdistämään selaimella, osoitteella <http://172.16.0.2>. Tehdasasetuksilla hallintaosoite on *192.168.0.190*, joka voidaan muuttaa hallintasivulta.

CMC:n hallintaan pääsee yhdistämään osoitteella <http://172.16.0.3>. CMC:n hallintaosoite on LCP-yksikön tavoin tehdasasetuksilla *192.168.0.190*.

Ulkojäähdytynyksikön valvontasivulle pääsee IP:llä <http://172.16.0.4>. Tällä sivulla ei kuitenkaan pysty tekemään muutoksia laitteen konfiguraatioihin, kuten hallinta-IP:n muutokseen, vaan tämä on ainoastaan yksikön toimintaa kuvaava graafinen valvontasivu.

Ulkojäähdytynyksikön valvontasivulta näkee reaaliaikaisesti laitteen toiminnan, kuten onko kompressori vai vapaajäähdytin käytössä (Kuva 9).



Kuva 9. Ulkojäähdytinsyksikön valvontasivu

Ulkojäähdytinsyksikön hallintasivulle päästäkseen täytyy lisätä valvonta-osoitteen perään /cocfig. <http://172.16.0.4/config> -sivulla voidaan muuttaa ulkojäähdytinsyksikön hallinnan asetuksia, kuten valvontayhteyden IP-osoitetta ja kirjautumistunnuksia.

5.6 Konesali ja valvontakone

Konesaliin sisälle pääsemiseen vaaditaan sekä henkilökohtainen elektroninen avain, että avaimelle luotu PIN-koodi. Konesali pitää sisällään kolme datakaappia, LCP-yksikön, hätävesilämmönvaihtimen ohjauskeskuksella, sekä valvontakoneen.

Valvontakoneelle on määritetty kiinteä IP-osoite 172.16.0.66. Sekä LCP että CMC III-järjestelmät on asetettu lähettämään syslog-tiedot valvontakoneen IP-osoitteeseen, joka poimii ne.

6 HÄLYTYSLAITTEIDEN LISÄÄMINEN JÄÄHDYTYSJÄRJESTELMÄÄN

Tämän opinnäytetyön käytännön osuudessa konesalin jäähdytyksen toiminnan kannalta tärkeitä hälyttimiä lisättiin olemassa olevaan CMC III PU-hälytinjaerjestelmään pääosin CMC:n IO-yksikön kautta.

6.1 Yleistä

Työtä aloittaessa CyberLabin valvonta- ja hälytysjärjestelmässä oli kytkettynä ainoastaan kaappien ovi- ja kahvahälytykset sekä tuulettimien pyörimisnopeuden anturit.

Uusista hälyttimistä ja antureista vesivuotoanturi hankittiin Rittalilta ja palohälytin Clas Ohlsonilta. Painemittarilla on sisäänrakennetut kosketintiedot, kuten myös hätävesilämmönvaihtimella on ohjauskeskus, jonka rele vaihtaa tilaa ohjauskeskukselle määritetyn hälytysarvo AL.2 mukaan.

Ulkojäähdytynyksikön yhteyksiä varten ulkoyksiköltä tuotiin ethernet-kaapeleilla yhteys sekä ulkojäähdytynyksikön graafiseen hallintaan, että sen hallintapaneelille. Hallintapaneelin alkuperäinen sijoituspaikka oli suoraan kiinni ulkoyksikön ovelle. Ulkojäähdytynyksikölle on vapaa pääsy kenellä tahansa, joten turvallisuussyistä hallintapaneeli siirrettiin sisätiloihin CyberLabiin.

6.2 Toteutus

Hälytyslaitteiden ja anturien välisiin johdotuksiin kaapissa ja CyberLabin sisällä on käytetty vihreää ethernet-kaapelia. Ulkojäähdytynyksikön hallintapaneeli on upotettu CyberLabin kaappi 2:n ylimpään peitelevyyn.

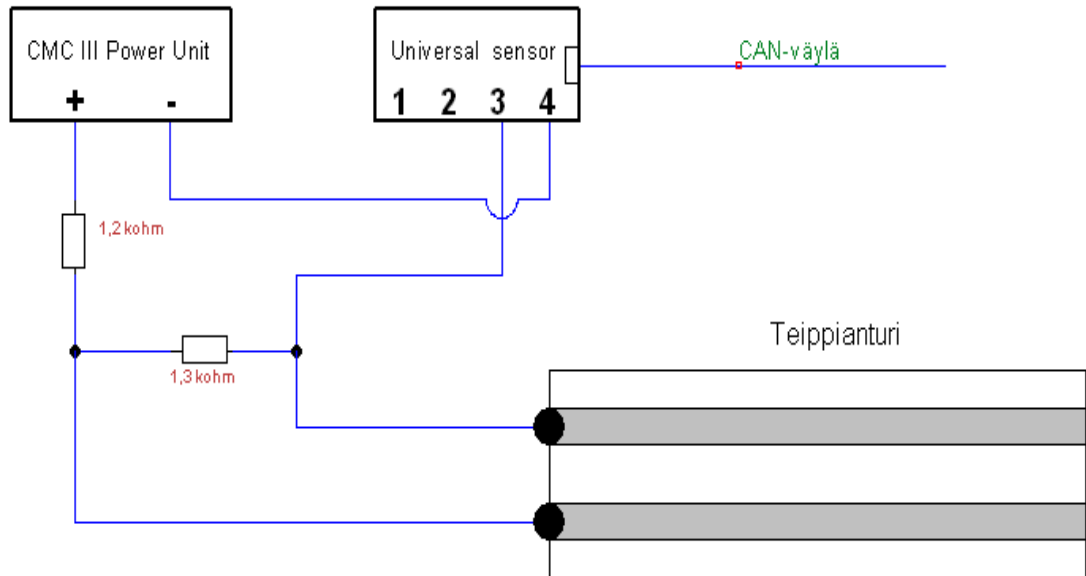
Vesivuotoanturi on teipattu kaappien kuumakäytävän puoleiselle lattialle. Tällä puolella sijaitsee myös LCP-jäähdytynyksikön tulo- ja poistovesiliitännät.

Painemittari sijaitsee CyberLabin takaseinällä, jossa on sisäänrakennettu kosketintieto CMC III:n IO-yksikölle.

Palohälytin sijaitsee kaappien yläpuolella, ja se saa virtansa CMC III Power Unitista.

6.2.1 Vesivuotoanturi

Vesivuotoanturia varten Rittalilta hankittiin lattiaan teipattava anturi, joka kytkettiin CMC Power Unitin ja anturia varten asennetun Universal Sensorin väliin. Alla olevassa kuvassa 10 näkyy vesivuotoanturin kytkentäkaavio.



Kuva 10. Vesivuotoanturin kytkentäkuva

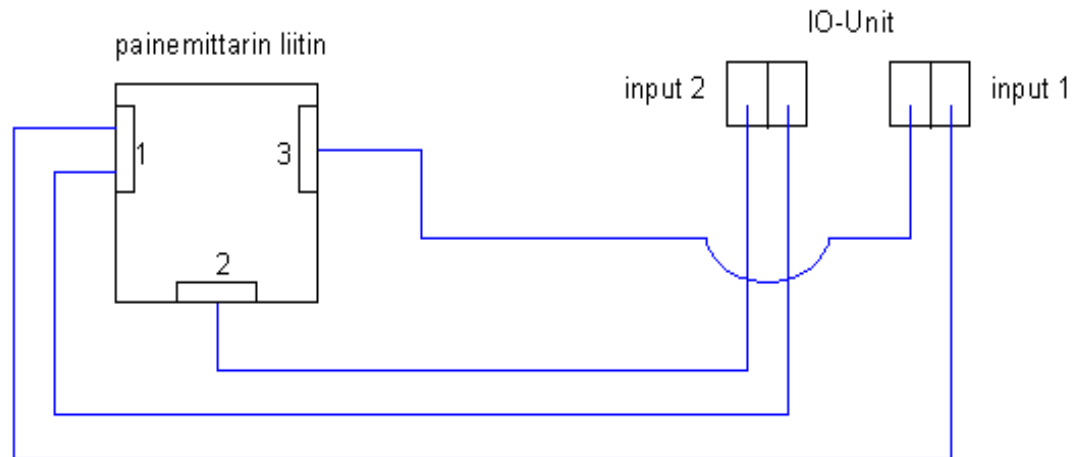
Universal Sensorin lähettämä oloarvo 30 % muuttuu, mikäli teippianturille tulee vettä tai se menee muulla tavalla oikosulkuun. CMC III:ssa tälle arvolle on asetettu varoitussarvoksi 35 % ja hälytysarvoksi 40 %.

Mikäli teippianturi myöhemmässä vaiheessa, esimerkiksi lian tai kulumisen takia, alkaa hälyttää syyttä, tulee varoitus- ja hälytysarvoja muuttaa CMC III-valvontajärjestelmän asetuksista.

Kuvassa 10 nähtävät vastukset ja niihin kuuluvat johdotukset on tehty kaappi 1 kuumakäytävän puolella olevaan jakorasiaan, josta menevät johdotukset sekä Universal Sensorille, että teippianturille.

6.2.2 Painemittarin kosketinhälytys

Painemittarissa on sisäänrakennetut koskettimet sekä ylä- että alapaineelle. Näille koskettimille on oma liitin mittarin sivussa, josta sai kätevästi vedettyä tiedon IO-yksikölle. Alla olevassa kuvassa 11 näkyy painemittarin ja IO-yksikön välinen kytkentä.

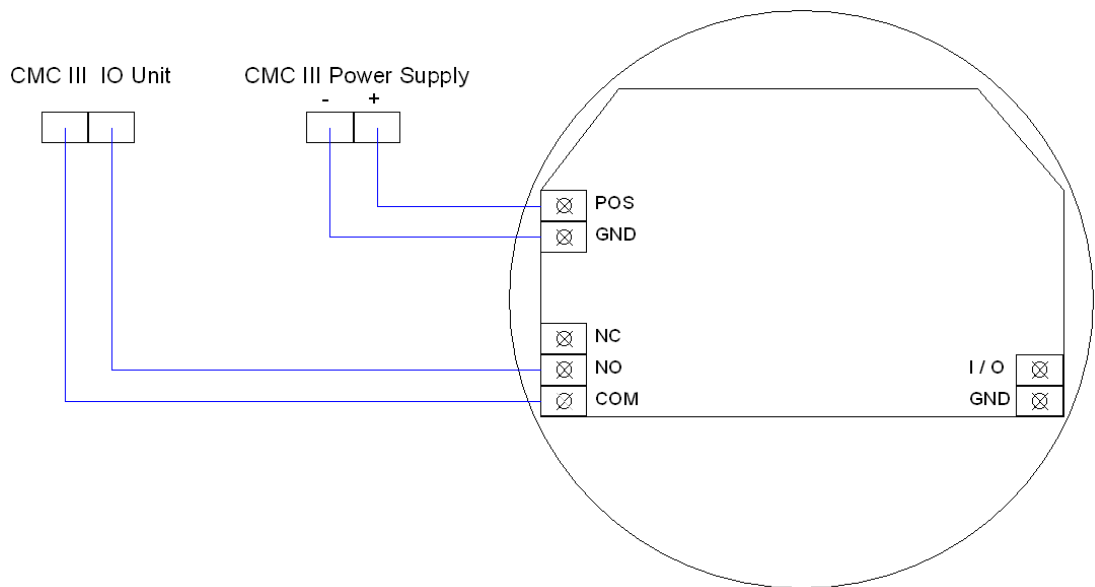


Kuva 11. Painemittarin ja IO-yksikön välinen kytkentä

Liittimessä on kolme pinniä, joista 1-pinni on yhteinen. 2-pinnistä saadaan alapaineen kosketintieto, kun taas 3-pinnistä saadaan yläpaineen kosketintieto.

6.2.3 Palohälytyn kosketintiedolla

Paloilmoitin on kosketintiedolla varustettu optinen hälytys, jolle syötetään ulkoinen virta, eli pariston käyttö ei ole mahdollista. Virran laite ottaa alla olevan kuvan 12 mukaisesti CMC III Power Unitin 24VDC-liittimestä. Paloilmoittimen hälytystieto menee Normal Open-liittimestä CMC III:n IO Unitille.



Kuva 12. Paloilmoittimen kytkentäkuva

Paloilmoitin on mahdollista kytkeä sarjaan muiden tulevien ilmoittimien kanssa I / O- ja GND-ruuviliittimillä, jolloin yhden hälyttäessä kaikki sarjaan kytketyt hälyttimet hälyttävät. Paloilmoittimen toimintaa tulisi testata ainakin kerran kuukaudessa painamalla ilmoittimessa olevaa *Test*-painiketta muutaman sekunnin ajan.

6.2.4 Hätävesilämmönvaihtimen hälytystieto

Hätävesikytkimestä on CMC III-järjestelmän IO-yksikölle vedetty potentiaalivapaa kosketintieto hälytystietoa varten. Kosketin ei vaihda tilaa veden kytkeytyessä päälle, vaan se vaihtaa tilaa silloin, kun sille määrätty raja-arvo ylittyy. Tämä hälytysarvo, hätävesivaihtimen AL.2-arvo, on määritetty puoli celsiusastetta pienemmäksi, kun itse veden kytkeytyminen, joten tieto vaihdosta kaupunkiveteen tulee varmasti ennen kuin hätävesi kytkeytyy päälle.

7 YHTEENVETO

Kyberturvallisuuslaboratorion hälytys- ja valvontajärjestelmät saatiin siltä osin kuntoon, että palvelinten ja jäähdytysjärjestelmän ajo voitiin projektin aikana käynnistää kokoaikaisesti. Opinnäytetyön tekohetkellä konesalin kaappien lämpötila kylmäkäytävällä seilasi 21 ja 27 celsiusasteen välillä aktiivilaitteiden ja niiden aiheuttaman lämpökuorman vähyydestä johtuen. Ulkoilman kylmyydestä johtuen LCP-yksikön jäähdytysteho oli niin suuri, että se joutui sulkemaan venttiilit, jottei kylmäkäytävä jäähdyisi liikaa. Kun kaappeihin saadaan lisää kuormaa, ja ulkolämpötila nousee, tasaantuu myös palvelimille tulevan ilman lämpötila säädettyyn astemäärään.

Työn päätavoite oli saada hälytys- ja valvontajärjestelmä rakennettua siihen pisteeseen, että laitteistoa voidaan pitää päällä ja aktiivilaitteiden asennuksen voi aloittaa. Tässä tavoitteessa onnistuttiin mielestäni hyvin, ja nopealla aikataululla. Lopputuotoksena saatiin myös kattava dokumentaatio kyberturvallisuuslaboratorion jäähdytys- ja valvontajärjestelmistä.

LÄHTEET

J. Dai, M. Ohadi, D. Das & M. Pecht. 2014. Optimum Cooling of Data Centers. Application of Risk Assessment and Mitigation Techniques. Springer.

Leikari, T. 5.11.2013. Googlelta jätti-investointi Haminaan. Yle Uutiset. Saatavissa: http://yle.fi/uutiset/googlelta_jatti-investointi_haminaan/6915349 [viitattu 5.3.2015]

Motiva. 2010. Konesalin energiatehokkuuden periaatteet. Selvitystyö. Saatavissa: http://www.motiva.fi/files/4427/Konesalipalvelujen_energiatehokkuuden_periaatteet.pdf [viitattu 26.3.2015]

Motiva. 2011. Energiatehokas konesali. Opas. Saatavissa: http://motiva.fi/files/4828/Energiatehokas_konesali.pdf [viitattu 8.3.2015]

Onninen. 2009. Vapaajäähdytys. Suunnittelijan käsikirja. Saatavissa: http://www.vapaajäähdytys.fi/ladattavat/onninen_suunnittelijan_net.pdf [viitattu 27.4.2015]

Reuters. 28.4.2015. Germany's Hetzner invests in Baltic cable, considers Finnish data centre. Saatavissa: <http://www.reuters.com/article/2015/04/28/finland-datacenters-idUSL8N0XP3C220150428>. [viitattu 29.4.2015]

Rittal Oyj. 2015a. CMC III anturit – DK 7030.190. Tuotedokumentaatio. Saatavissa: http://www.rittal.com/imf/none/3_5185/ [viitattu 11.4.2015]

Rittal Oyj. 2015b. CMC III Processing Unit – DK 7030.000. Tuotedokumentaatio. Saatavissa: <http://www.rittal.com/fi-fi/product/show/variantdetail.action?categoryPath=/PG0001/PG0900ZUBEHOER1/PG1538ZUBEHOER1/PGR9560ZUBEHOER1/PRO23677ZUBEHOER1&productID=7030000#IGCMS46> [viitattu 4.4.2015]

Rittal Oyj. 2015c. Nestejäähdyttimet IT- ja teollisuusjäähdytykseen – SK 3232.721. Tuotedokumentaatio. Saatavissa: <http://www.rittal.com/fi-fi/product/show/variantdetail.action?categoryPath=/PG0001/PG0168KLIMA1/PGR1951KLIMA1/PRO0312KLIMA1&productID=3232721#IGCMS46> [viitattu 23.3.2015]

Rittal Oyj. 2015d. TopTherm LCP Rack CW. Tuotedokumentaatio. Saatavissa: http://www.rittal.com/imf/none/3_4723/ [viitattu 21.4.2015]

Sewell Direct. CAN-bus technology. Saatavissa: <https://sewelldirect.com/articles/canbus-technology.aspx> [viitattu 25.3.2015]