

Mika Lemmetty

# Vesijäähdytetty tietokonepöytä ja ylikellotus

Metropolia Ammattikorkeakoulu

Insinööri (AMK)

Tietotekniikan koulutusohjelma

Insinööriytyö

24.1.2017

Tekijä(t) Otsikko	Mika Lemmetty Vesijäähdytetty tietokonepöytä ja ylikellotus
Sivumäärä Aika	43 sivua + 2 liitettä 24.1.2017
Tutkinto	Insinööri (AMK)
Koulutusohjelma	Tietotekniikka
Suuntautumisvaihtoehto	Tietoverkot
Ohjaaja(t)	Lehtori Tapio Wikström
<p>Tässä insinööriyössä oli tarkoituksena suunnitella ja rakentaa tietokonepöytä, jonka sisään asennetaan tietokoneen komponentit ja vesijäähdytysjärjestelmä. Lisäksi oli tarkoitus suorittaa äänitaso- ja lämpötilatestejä sekä ylikellottaa prosessoria. Tavoitteena oli tehdä käytännöllinen, helposti huollettava ja näyttävän näköinen tietokonepöytä.</p> <p>Työn ensimmäisenä vaiheena oli suunnitella tarkasti tietokonepöydän mitat samalla huomioiden käytettävät rakennusmateriaalit ja komponentit. Seuraava vaihe oli rakentaa tietokonepöytä ja asentaa kaikki komponentit. Kun pöytä oli valmis, suoritettiin äänitaso- ja lämpötilatestejä, jotta pöydän hyödyt saatiin selville verrattuna perinteiseen tietokonekoteloon. Viimeinen vaihe oli ylikellottaa tietokoneen prosessori käyttäen BIOSia ja verrata tuloksia, jotta ylikellottamisen hyödyt saatiin selville.</p> <p>Työssä asetetut tavoitteet saavutettiin ja valmistuneesta tietokonepöydästä tuli suunnitelmien mukainen. Lopputuloksena valmistui hiljainen, käytännöllinen, helposti huollettava ja näyttävä kokonaisuus. Tietokoneen prosessori saatiin ylikellotettua odotusten mukaisesti, vaikka parempi ylikellotus on mahdollista saavuttaa tehokkaammilla jäähdytyskomponenteilla.</p>	
Avainsanat	vesijäähdytys, tietokone, ylikellotus, prosessori

Author(s) Title	Mika Lemmetty Water Cooled Computer Desk and Overclocking
Number of Pages Date	43 pages + 2 appendices 24 January 2017
Degree	Bachelor of Engineering
Degree Programme	Information Technology
Specialisation option	Data Networks
Instructor(s)	Tapio Wikström, Lecturer
<p>The purpose in this Bachelor's thesis was to design and build a computer desk in which computer components and water cooling system would be installed. In addition, the purpose was to make noise level and temperature tests and also overclock the CPU. The goal was to build a practical, easily serviceable and impressive-looking computer desk.</p> <p>The first step was to carefully plan the measurements of the computer desk while considering the building materials and components to be used. The next step was to build the desk and install all the components. When the desk was ready, noise level and temperature tests were carried out to figure out the benefits of the desk compared to a conventional desktop case. The last step was to overclock the CPU of the computer using BIOS and compare the results to determine the benefits overclocking may bring.</p> <p>The goals were reached successfully and the completed desk came out as planned. The result was a quiet, practical, easily serviceable and impressive-looking whole. The CPU was overclocked as planned, even though better overclocking could be achieved with more effective cooling components.</p>	
Keywords	water cooling, computer, overclocking, CPU

# Sisällys

## Lyhenteet

1	Johdanto	1
2	Suunnittelu	2
2.1	Huomioitavia asioita	2
2.1.1	Käytettävät rakennusmateriaalit	2
2.1.2	Ilmavirtaus pöydän sisällä	2
2.1.3	Kaapelointi, valaistus ja muut asennettavat laitteet	3
2.2	Aikataulu	4
2.3	Pöydän mitoitukset	5
2.4	Tarvikkeet	6
2.4.1	Rakennustarvikkeet	6
2.4.2	Vanhan vesijäähdytysjärjestelmän komponentit	7
2.4.3	Muut jäähdytystarvikkeet	9
2.5	Käytettävät tietokonekomponentit	13
2.6	Tietokone- ja muiden komponenttien sijoittelu	16
2.7	Ylikellotus	18
3	Pöydän rakentaminen	18
3.1	Puumateriaalit, leikkaukset ja muut reiät	18
3.2	Kasaus, hionta ja maalaus	20
3.3	Tietokonekomponenttien asennus	22
3.3.1	Emolevyn, prosessorin, näytönohjaimen ja muistien asennus	23
3.3.2	Kovalevytelineen ja kovalevyjen asennus	23
3.3.3	Virtalähteen, virtapainikkeen ja USB 3.0 -porttien asennus	23
3.3.4	Tuulettimien, pölysuodattimien ja sormisuojausten asennus	24
3.4	Muiden komponenttien asennus	24
3.4.1	Valaistuksen asennus	24
3.4.2	Vesijäähdytysjärjestelmän asennus	25
4	Äänitaso- ja lämpötilatellit	28
4.1	Normaali tietokonekotelo ilmajäähdytyksellä	29
4.2	Pöytä vesijäähdytyksellä	30
4.3	Vesijäähdytyksen hyödyt ja haitat	31
5	Ylikellotus	31

5.1	Proessorin ylikellottamisessa huomioitavia asioita	32
5.2	Lähtökohdat ja prosessorin ylikellotus	32
5.3	Tulokset	37
5.4	Ylikellotuksen hyödyt ja haitat	39
6	Yhteenveto ja tulokset	39
6.1	Suunnitelmat ja rakennetun tietokonepöydän arviointi	39
6.2	Äänitaso- ja lämpötilatestien tulokset	40
6.3	Ylikellotuksen tulokset	40
	Lähteet	42
	Liitteet	
	Liite 1. Tietokonepöydän tekninen piirustus	
	Liite 2. Lisäkuvat rakennetusta tietokonepöydästä	

## Lyhenteet

BIOS	Basic Input-Output System. Tietokoneohjelma, joka mm. käynnistää käyttöjärjestelmän ja hoitaa laitteiston välisen matalan tason kommunikoinnin.
LED	Light Emitting Diode. Hohtodiodi, joka on valoa säteilevä puolijohdekomponentti.
USB 3.0	Universal Serial Bus, version 3.0. Sarjaväyläarkkitehtuuri, jonka avulla oheislaitteet voidaan liittää tietokoneeseen.
PCIe	Peripheral Component Interconnect Express. Suurinopeuksinen tietokoneen standardoitu väylätyyppi.
FND	Flexible Numeric Display. Zalman Tech Co:n nimeämä näyttötyyppi vesijäähdytysratkaisuissaan.
FDB	Fluid Dynamic Bearings. Nestelaakerit, jotka vaimentavat ääntä ja pidentävät laitteen käyttöikä.
dB(A)	Desibeli (A-painotus). A-painotettu äänitaso, jossa huomioidaan ihmiskorvan kuulema taajuusalue.
DIMM	Dual In-line Memory Module. Tietokoneissa käytettävä muistimoduuli, jossa väyläleveys on 64 bittiä ja kortin reunaliittimet ovat molemmilla puollilla piirilevyä.
DDR3	Double Data Rate, version 3. SDRAM-muistista parannellun DDR-muistin kolmas versio.
TDP	Thermal Design Power. Suurin lämpöteho, jonka prosessorin jäähdyttimen on kyettävä prosessorilta poistamaan.
TUF	The Ultimate Force. Asuksen kehittämän korkealaatuisten komponenttisarjojen nimitys.

VRM	Voltage Regulator Module. Moduuli, joka muuntaa +5 V tai +12 V jännitteen prosessorille sopivaksi matalammaksi jännitteeksi.
GDDR5	Graphics Double Data Rate, version 5. Näytönohjainten luku- ja kirjoitusmuistityyppi.
CUDA	Compute Unified Device Architecture. Vuonna 2007 julkaistu Nvidian kehittämä ohjelmointirajapinta.
ATX	Advanced Technology eXtended. Intelin vuonna 1995 kehitelemä määritelmä tietokoneen komponenttien mitoille.
SSD	Solid-State Drive. Tietokoneen massamuisti, jossa ei ole liikkuvia osia ja jossa tieto säilyy sen ollessa virrattomana.
UEFI	Unified Extensible Firmware Interface. Standardi, joka määrittelee rajapinnan laitteiston laiteohjelmiston ja käyttöjärjestelmän välillä.
POST	Power-On Self-Test. Tietokoneen BIOSin suorittama alkutesti.

## 1 Johdanto

Tässä insinööriyössä on tarkoituksena suunnitella ja rakentaa tietokonepöytä, jonka sisäpuolelle sijoitetaan tietokoneen komponentit. Pöydän sisään asennetaan myös monivärinen valaistus sekä vesijäähdytysjärjestelmä, jonka avulla tietokoneen prosessori jäähdytetään. Lopuksi tietokoneelle suoritetaan äänitaso- ja lämpötilatestejä sekä tietokone pyritään ylikellottamaan käyttäen emolevyn BIOS-ohjelmaa. Pöydästä on tarkoitus tehdä käytännöllinen, helposti huollettava ja näyttävän näköinen.

Työn toisessa luvussa keskitytään tietokonepöytää varten tehtyyn suunnitelmaan, jossa käsitellään mm. suunnittelussa huomioitavia asioita, käytettäviä materiaaleja, käytettäviä tietokone- ja vesijäähdytysjärjestelmän komponentteja sekä lopuksi tehtävää ylikellotusta.

Seuraavassa luvussa käydään läpi tietokonepöydän rakennusvaihetta, jossa pöydän runko rakennetaan ja käytettävät komponentit asennetaan valmistuneeseen pöytään. Rakennusvaiheessa nähdään, kuinka hyvin suunnitelmat ja piirustukset pitävät paikkansa ja tarvitseeko suunnitelmiin tehdä muutoksia.

Luvussa 4 tietokoneelle tehdään äänitaso- ja lämpötilatestejä käyttäen prosessorissa ilmajäähdytystä ja vesijäähdytystä, jolloin vesijäähdytyksen hyödyt saadaan ilmi. Samalla kuvaillaan vesijäähdytysjärjestelmän hyötyjä ja haittoja.

Luvussa 5 tietokoneen prosessori ylikellotetaan kuitenkin vaurioittamatta tietokoneen komponentteja. Tuloksissa verrataan ylikellottamattoman ja ylikellotetun kokoonpanon suorituskykyä keskenään, jolloin ylikellotuksen hyödyt tulevat ilmi. Samalla kuvaillaan haittoja ja riskejä, joita ylikellotukseen liittyy.

Viimeisessä luvussa käydään yhteenvedona läpi työn onnistumista, tavoitteiden saavuttamista sekä arvioidaan tuloksia ja prosessorille suoritettua ylikellotusta.



## 2 Suunnittelu

Pöydän suunnitteluun joudutaan varaamaan runsaasti aikaa, sillä huomioon otettavia asioita on paljon. Pöydästä on tarkoitus tehdä kestävä, käytännöllinen ja pitkäikäinen, joten mm. rungon piirustukset on tehtävä huolellisesti.

Pöydän rungon rakentamista ja komponenttien sijoittelua varten tehdään myös tekninen piirustus, jotta suunnitteluvirheiltä vältyttäisiin ja rakentaminen sekä kokoaminen onnistuisivat mahdollisimman suoraviivaisesti ja nopeasti.

### 2.1 Huomioitavia asioita

#### 2.1.1 Käytettävät rakennusmateriaalit

Pöydän rakentamiseen käytettävien materiaalien pitää olla pääosin jäykkää materiaalia, jotta pöytä säilyttäisi muotonsa hyvin. Materiaaliksi valittiin puu sen halvan hinnan ja helpon työstettävyyden takia.

Pöydän pohjalevyksi on valittava esimerkiksi vankka vaneri, joka ei anna periksi tai taivu. Tällöin pöytä säilyttää mahdollisimman hyvin muotonsa. Myös reunalevyt tukevat pöydän rakennetta, jolloin pöytä taipuu mahdollisimman vähän pituus- ja leveys suunnassa.

#### 2.1.2 Ilmavirtaus pöydän sisällä

Suunnitteluvaiheessa on otettava huomioon, miten pöydän sisällä kulkeva ilmavirta jäädyttää tietokoneen sekä vesijäähdytysjärjestelmän komponentteja. Koska tietokoneen komponentit sijoitetaan pöydän sisään vasemmalle puolelle ja vesijäähdytysjärjestelmän komponentit oikealle puolelle, on pöydän sisään saatava kaksi ilmavirtausta kummallekin puolelle. Tämä saadaan toteutettua tuulettimien ja pöydän reunalevyihin tehtävien tuuletusaukkojen avulla.

Pöydän sisään asennettavat tuulettimet sijoitetaan pöydän takaosaan, jolloin ne puhaltavat ilman pöydän sisäpuolelta pöydän taakse. Tällä tavoin pyritään varmistamaan kaikkien komponenttien tehokas jäähdytys. Pöytään asennetaan useita tuulettimia kunnollisen ilmavirtauksen takaamiseksi, jotta vältyttäisiin komponenttien ylikuumenemiselta.

Yleisimpiä syitä tietokoneen komponenttien ylikuumentumiselle ovat heikko ilmavirtaus tietokoneen kotelon sisällä sekä pöly, joka toimii komponenteissa lämmöneristeenä. Pöly myös heikentää tuulettimien tehokkuutta tarttuessaan niiden siivekkeisiin. [1.]

### 2.1.3 Kaapelointi, valaistus ja muut asennettavat laitteet

Pöydän sisään tulevat kaapeloinnit pyritään tekemään mahdollisimman siististi. Esimerkiksi virtalähde on sijoitettava lähelle emolevyä, jolloin virtakaapelit voidaan liittää siististi tietokoneen komponentteihin. Sama pätee myös kovalevyihin, vesijäähdytysjärjestelmään, valaistukseen ja tuulettimiin.

Pöydän takaosaan tulee pieni taso, johon kaapelit voidaan niputtaa ja tasoon asentaa virtapainikkeellinen jatkojohto, josta esimerkiksi tietokoneen komponentit, valaistus ja oheislaitteet saavat virtansa.

Pöydän sisään asennetaan erillinen monivärinen LED-valaistus, jolloin pöydän sisäosa voidaan valaista halutun värin mukaisesti. Valaistus on asennettava niin, että ne eivät häikäise tai häiritse tietokoneen käyttäjää. Tämä onnistuu asentamalla valot pöydän päälle etureunaan tulevan käsinojan alapuolelle. Tällöin myös valaistuksen kaapeloinnit saadaan pidettyä suurimmalta osin siististi piilossa. Valaistuksen säädin asennetaan pöydän ulkopuolelle reunalevyyn.

Tietokoneen virtapainike on sijoitettava paikkaan, mistä sitä on helppo käyttää. Painiketta ei kannata asentaa sivureunalevyihin, koska painiketta käytetään usein. Tämän vuoksi painike kannattaa sijoittaa etupuolen reunalevyyn esimerkiksi vasemmalle puolelle lähelle emolevyä. Painikkeessa olisi hyvä olla myös valo ilmaisemaan, jos tietokone on käynnissä.

Vaikka tietokoneissa on tätä nykyään usein valmiina USB 3.0 -portit emolevyn takapaneelissa, asennetaan pöytään ylimääräiset portit parantamaan liitettävyyttä. Asennettavat portit täytyy myös sijoittaa helposti käytettävään paikkaan, joten ne asennetaan sivureunalevyyn lähelle emolevyä. Syynä tähän on myös se, että portit liitetään emolevyn USB 3.0 -liitäntään ja asennettavien porttien kaapeli on lyhyt.

Vesijäähdytysjärjestelmän säätöpaneelin koon ja muodon vuoksi sitä ei ole järkevää asentaa pöydän päälle pintatasoon sellaisenaan tai edes erillisenä moduulina. Tämän

vuoksi säätöpaneeli sijoitetaan myös reunalevyyn. Koska vesijäähdytysjärjestelmä on enimmäkseen pöydän toisella puolella, on paneeli sijoitettava samalle puolelle. Tällöin esimerkiksi kyseisen järjestelmän ohjaaman pumpun ja tuulettimien kaapelit saadaan helposti kytkettyä säätöpaneeliin.

Säätöpaneelin tulee olla helposti käytettävissä, koska jäähdytystehoa voidaan joutua käytön aikana muuttamaan. Tämän vuoksi paneeli asennetaan lähelle tietokoneen käyttäjää, mutta ei kuitenkaan edessä olevaan reunalevyyn. Syynä tähän ovat etupuolelle tulevat tuuletusaukot, joiden tulisi näyttää edestäpäin katsottuna mahdollisimman symmetrisiltä, ja ne vievät reunalevystä paljon tilaa. Tämän vuoksi paneeli asennetaan toisen puolen reunalevyyn.

Lisätietoja käytettävästä säätöpaneelistä on kohdassa 2.4.2 Vanhan vesijäähdytysjärjestelmän komponentit.

## 2.2 Aikataulu

Ajallisesti pöydän suunnitteluun ja toteuttamiseen menee runsaasti aikaa, koska huomioitavaa on runsaasti ja työ suoritetaan töiden ohessa. Pöydän rungon suunnitteluun jo itsestään varataan aikaa 1-2 kuukautta, jotta mahdolliset suunnitteluvirheet ja korjausideat voidaan ottaa huomioon ennen rakentamisen aloitusta.

Kun pöydän runko on suunniteltu ja piirustukset tehty, voidaan pöydän rakentaminen aloittaa. Rakennusvaiheeseen on varattava noin 1-1,5 kuukautta aikaa. Tässä vaiheessa on huomioitava pöydän mahdolliset kittaukset, hionnat, maalaus ja tietokonekomponentteja varten olevien telineiden leikkaukset sekä maalaukset.

Tietokone- ja vesijäähdytysjärjestelmän komponenttien asennus runkoon onnistunee nopeasti, mutta tästä huolimatta on tehtävä huolellista työtä. Tämä vaihe ratkaisee, miltä pöydän sisältö tulee lopputuloksessa näyttämään. Tämän vuoksi tähän vaiheeseen varataan aikaa 3-4 päivää. Tätä ennen on kuitenkin tehtävä osittaiset äänitaso- ja lämpötilatestit käyttäen perinteistä tietokonekoteloä, koska käytettävien komponenttien lopullinen sijoitus on tietokonepöydän sisällä.

Kun pöytä on rakennettu valmiiksi ja kaikki komponentit on asennettu pöytään, on seuraavaksi tehtävä loput äänitaso- ja lämpötilatellit, ylikellotus ja suorituskykytestit. Tämän vaiheen arvioitu kesto on 2-3 päivää.

Karkeasti arvioituna työn kokonaiskesto tulee olemaan noin 3-4 kuukautta.

### 2.3 Pöydän mitoitukset

Pöydän pintatasoa suunnitellessa täytyy ottaa huomioon tarvittava työskentelytila ja oheislaitteiden vaatima tila. Näppäimistön, hiiren, kaiuttimien sekä monitorin lisäksi pöydälle jää tilaa lisämonitoreille, asiakirjoille ja tarvittaessa kannettavalle tietokoneelle.

Pöydän syvyyden suunnittelussa on otettava huomioon monitorin ja käyttäjän välinen etäisyys, jotta monitori ei olisi liian lähellä käyttäjää. Tämän vuoksi pöydän syvyys tulee olemaan noin 750 mm.

Pöydän pituudessa on huomioitava pöydän syvennys (jalkatila) ja pöydän sisään tulevien komponenttien sijoitus. Tässä vaiheessa määritellään myös tarvittava työskentelytila. Tämän vuoksi pöydän leveydeksi tulee noin 1600 mm.

Pöydästä tulee kohtalaisen suuri, mutta näillä mitoilla pöytä on vielä järkevästi sijoiteltavissa asuntoon. Samalla pöydästä tulee käytännöllinen ja tilaa jää komponenteille sekä oheislaitteille tarpeeksi.

Pöydän sisätilan on oltava melko korkea, jotta kaikki komponentit mahtuvat pöydän sisään järkevästi. Esimerkiksi tuulettimien, vesijäähdytysjärjestelmän jäähdyttimen ja säätöpaneelin vaatima korkeus on otettava huomioon, mutta eniten korkeuteen vaikuttavat näytönohjain ja sen virtaliittimien sijainti. Emolevyn alle asennettavan pohjalevyn, emolevyn ja näytönohjaimen yhteiskorkeus on noin 160 mm, minkä vuoksi pöydän sisätilasta tulee muutaman senttiä korkeampi.

Näytönohjaimelle on olemassa jatkokaapeleita (PCI-e riser), joiden avulla näytönohjain on mahdollista asentaa vaakatasoon tai kokonaan eri paikkaan. Kaapeli asennetaan emolevyn PCI-e-väylään ja toinen pää näytönohjaimeen. Kyseisten kaapeleiden käyt-

töön voi liittyä kuitenkin haittapuolia. Yksi on esimerkiksi kohina, joka voi kohdistua kaapeliin muista tietokoneen komponenteista, kun kaapelia ei ole suojattu tarpeeksi hyvin esimerkiksi alumiinifoliolla. Joka tapauksessa kyseisiä jatkokaapeleita ei tässä työssä kuitenkaan käytetä.

Pöytään tehdään syvennys, jotta istuma-asento pöydän ääressä olisi hyvä. Syvennyksen reunalevyt tehdään 150 mm leveästä puulevystä, joka on paksuudeltaan noin 20 mm. Syvennyksen päällinen tehdään samasta materiaalista kuin pöydän pohja, eli vanhasta puuvanerista. Syvennyksen leveys alapäin katsottuna tulee olemaan noin 600 mm ja syvyys noin 450 mm.

Pöydän korkeudessa on otettava huomioon istuinkorkeus ja syvennyksen korkeus, jotta pöydästä ei tulisi liian korkea. Tämän vuoksi pöytää varten hankitaan säädettävät pöydänjalat ja niistä leikataan tarvittaessa pätkät pois. Jalkojen on oltava noin 600-620 mm korkeat, jotta istuinkorkeus säilyisi vielä hyvänä.

## 2.4 Tarvikkeet

### 2.4.1 Rakennustarvikkeet

Pöydän päälle asennetaan käsinojan lisäksi karkaistu lasilevy, jotta pöydän sisälle on mahdollista nähdä. Lasina käytetään 5 mm paksua, läpikuultavaa ja savunharmaata karkaistua lasia. Lasilevyn syvyys on 480 mm ja leveys 1600 mm.

Karkaistu lasi on kestävämpää kuin karkaisematon lasi. Karkaisemalla lasin kestävyys paranee iskuja, lämpötilanmuutoksia ja taivutusta vastaan. Lasin reunojen alle asennetaan tiivistenauha, jotta lasin ja reunalevyn välinen rako saadaan tiivistettyä, lasi ei liikkuisi ja tiiviste pehmentäisi mahdollisia iskuja.

Pöydän pohjalevynä, päälle tulevana käsinojana ja syvennyksen päällisenä käytetään 15 mm paksua filmivaneria, joka on fenolifilmillä päällystettyä vaneria. Kyseinen pinnoite parantaa vanerilevyn pintaominaisuuksia tekemällä pinnasta kovan ja kosteutta kestävä. [2.]

Pöydän reunoihin pystyyn asennettavat puulevyt ovat suomalaisesta männystä valmistettua liimapuulevyä. Puulevyt ovat paksuudeltaan 28 mm, ja etu- sekä takapäähän tulevat levyt ovat paksuudeltaan 18 mm. Sivuille tulevat levyt ovat 10 mm paksumpia lisätäkseen pöydän tukevuutta. Reunalevyt ovat korkeudeltaan 200 mm, jotta pöytään asennettavat komponentit varmasti mahtuvat pöydän sisäpuolelle.

Syvennyksen reunalevyt ovat noin 20 mm paksua ja 150 mm korkeaa lastulevyä. Lastulevyn korkeuden ansiosta pöydän ääressä on mukavampi istua, kun käyttäjän jalat ovat lähempänä pöydän yläpintaa.

Liitteessä 1 on pöydän runkoa ja komponenttisijoittelua varten tehty tekninen piirustus.

#### 2.4.2 Vanhan vesijäähdytysjärjestelmän komponentit

Työssä käytetään vanhemman Zalman Reserator XT -vesijäähdytysjärjestelmän komponentteja, joita ovat pumppu, säätöpaneeli, virtausilmaisin, lämpötila-anturit ja ”prosessoriblokki”, eli prosessoriin kiinnitettävä prosessorilta lämpöä poistava vesijäähdytyspaikka.

Zalman Reserator XT:ssä käytetty pumppu on D-TEK:n valmistama dB-1-pumppu (kuva 1), jonka ominaisuuksia ovat mm. hiljaisuus (äänitaso n. 20dB) ja pieni koko. Muita pumppun ominaisuuksia ovat [3]

- todella pieni värähtely käynnin aikana
- magneettisesti toimiva ja keraamisesti laakeroitu moottori
- alhainen virrankulutus ja lämmöntuotto
- voidaan upottaa jäähdytinnesteeseen
- nesteen maksiminostokorkeus 2 metriä.



Kuva 1. Zalman Reserator XT:ssä ja tässä työssä käytettävä pumppu D-Tek dB-1.

Säätöpaneelissa (kuva 2) on näytöt tuulettimen pyörimisnopeudelle, lämpötilalle (jäähdytinnesteen ja ympäröivän ilman lämpötila, FND-näyttö) ja jäähdytinnesteen virtausnopeudelle.



Kuva 2. Reserator XT -vesijäähdytysjärjestelmän säätöpaneeli.

Säätöpaneelin avulla vesijäähdytysjärjestelmä voidaan kytkeä toimimaan automaattisesti tai manuaalisesti. Manuaaltilassa voidaan säätää nesteen virtausnopeutta ja tuu-

lettimien jäähdytystehoa. Paneelista voidaan muuttaa myös lämpötilojen yksiköt Fahrenheit- tai Celsius-asteikoiksi, nollata vesijäähdytysjärjestelmä ja sammuttaa paneelin valaistus. [4.]

Virtausilmaisimessa (kuva 3) on jäähdytinnesteen avulla pyörivä siipiratas, joka ilmaisee visuaalisesti nesteen virtauksen. Ilmaisimessa on sininen LED-valaistus sekä sensori, joka lähettää tiedon siipirataan pyörimisnopeudesta säätöpaneelille. Säätöpaneeli muuntaa kyseisen pyörimisnopeuden nesteen virtausnopeudeksi ja ilmoittaa sen säätöpaneelin näytöllä. [5.]



Kuva 3. Zalman Reserator XT:n ja työssä käytettävä virtausilmaisim.

Virtausilmaisimen käyttö on pakollista, jotta vesijäähdytysjärjestelmän säätöpaneeli saa tiedon jäähdytysnesteen virtauksesta eikä pysäytä pumppua.

#### 2.4.3 Muut jäähdytystarvikkeet

Työhön valittiin nestejäähdytysratkaisuja valmistavan Alphacoolin NexXos XT45 X-Flow 240 mm -jäähdytin (kuva 4). Jäähdytin on valmistettu lähes kokonaan kuparista ja sen nestekanavat on asennettu kulkemaan jäähdyttimen päästä päähän koko leveyden matkalla, eikä kuten perinteisissä jäähdyttimissä U-muotoisesti. Tämä mahdollistaa jäähdytysnesteen vastuksettoman virtauksen jäähdyttimen läpi ja mahdolliset ilmakuplat poistuvat tällöin myös helposti. [6.]





Kuva 4. Alphacool NexXoS XT45 Full Copper X-Flow 240 mm -jäähdytin.

Jäähdytin on 293 mm pitkä, 124 mm korkea ja 46 mm paksu ja sisältää 6 kpl ¼ tuuman letkuliitännöitä.

Nestesäiliönä käytetään Phobyan valmistamaa Balancer 250 -nestesäiliötä (kuva 5), joka on valmistettu messingistä ja pleksilasista. Säiliön keskelle on asennettu metallilevy, joka pyrkii estämään ilmakuplien pääsyn poistoputkeen ja mahdolliset säiliön sisään syntyvät pyörteet, jotka voivat vaikuttaa jäähdytinnesteen virtaukseen. [7.]



Kuva 5. Phobya Balancer 250 -nestesäiliö.

Säiliön yläpäässä on ¼ tuumainen kierre, johon on mahdollista asentaa esimerkiksi LED-valo. Säiliö on 250 mm korkea ja halkaisija on 50 mm. Pohjassa on 4 kpl ¼ tuuman letkuliitäntöjä, ja metalliosien väri on musta nikkeli.

Proessoriblokkina käytetään Zalman ZM-WB5 -blokkia, jonka sisäpuoli on kullalla päällystettyä puhdasta kuparia. Tämä estää korroosion syntymistä ja parantaa lämmön siirtymistä. Blokkia on mahdollista käyttää tietyissä AMD:n ja Intelin prosessoreissa.

Vesijäähdytysjärjestelmässä käytetään Tygon R-3603 -letkua, joka on pääsääntöisesti suunnattu laboratoriokäyttöön, mutta soveltuu loistavasti myös vesijäähdytysratkaisuihin ominaisuuksiensa ansiosta. Letku kestää hyvin taivutusta ja kemikaaleja eikä sen läpi haihdu nestettä. [8.]

Letkun sisähalkaisija on 9,5 mm ja ulkohalkaisija 12,7 mm. Seinämävahvuus on 1,6 mm. Letkun suositeltu korkein käyttölämpötila on 74 °C.

Letkua ja vesijäähdytyskomponentteja varten käytetään Phobyan ruuviliittimiä, jotka on tarkoitettu 13/10 mm:n letkulle. Liittimien kierteet ovat ¼ tuumaisia, jolloin ne sopivat jäähdyttimeen ja nestesäiliöön. Liittimet ovat väriltään hopeisia, ja ne on valmistettu nikkelipäällystetystä messingistä.

Jäähdytinnesteenä käytetään Nanoxia CF1 Cooling Fluid Pro -jäähdytysnestettä, joka on käyttövalmista ja väriltään punaista. Jäähdytinnesteen muita ominaisuuksia ovat [9]

- sähköä johtamaton ( $< 10 \mu\text{s/cm}$  (20 °C))
- korroosiosuoja kuparille, nikkelille, alumiinille ja messingille
- estää leväkasvustojen kasvamisen
- sopii kaikkiin tietokoneiden vesijäähdytysjärjestelmiin.

Pöydän ilmanvaihdosta vastaa pääosin BitFenixin Spectre PRO Fan 120 mm -tuulettimet (kuva 6). Tuulettimet ovat FDB-laakeroituja ja tuottavat valmistajan mukaan käytön aikana noin 19 dB(A):n äänitason. Tuulettimien muita ominaisuuksia ovat [10]

- nopeus 1200 RPM ( $\pm 10\%$ )
- ilmavirta 1,6 m<sup>3</sup>/min ( $\pm 10\%$ )

- ääntä vaimentava kaksoisrakenne
- vahvistetut siivekkeet.



Kuva 6. BitFenix Spectre PRO Fan 120 mm -tuuletin.

Spectre PRO -tuulettimia asennetaan pöydän takaseinään 4 kappaletta, joista kaksi kiinnitetään jäähdyttimeen ja kaksi emolevyn läheisyyteen.

Lisäksi emolevyn vasemmalle puolelle asennetaan pienempi Arctic Cooling Arctic F8 Silent 80 mm -tuuletin, jonka ominaisuuksia ovat [11]

- FDB-laakerit
- nopeus 1200 RPM
- ilmavirta 0,43 m<sup>3</sup>/min
- äänitaso noin 20,5 dB(A).

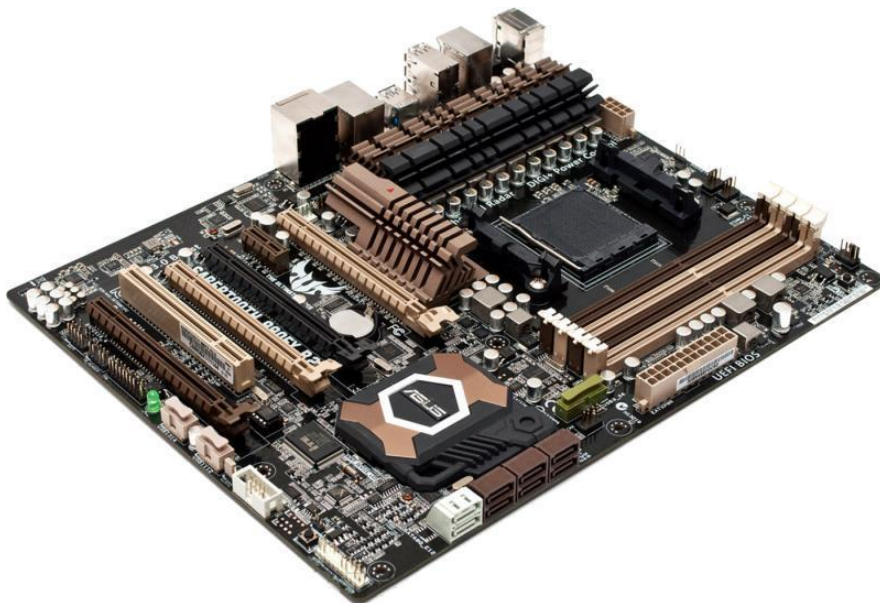
Pöydän etureunalevyyn asennetaan 6 kappaletta Silverstonen FF121 120 mm -pölysuodattimia, joiden avulla pyritään estämään pölyn pääsyä pöydän sisällä oleviin komponentteihin.

Pöydän takareunalevyn takapuolelle kiinnitetään tuulettimien kohdalle sormisuojat suojaamaan tuulettimia ja jäähdyttimen rivastoa. 120 mm:n sormisuoja asennetaan neljä kappaletta ja 80 mm:n sormisuoja yksi kappale.

## 2.5 Käytettävät tietokonekomponentit

Tietokoneen emolevynä käytetään Asuksen Sabertooth 990FX R2.0 -emolevyä (kuva 7), joka tukee AMD:n FX, Phenom II, Athlon II ja Sempron 100 -sarjan suorittimia. Emolevyn piirisarja on AMD 990FX/SB950 ja muistituki on 32 gigatavuun asti (4 x DIMM, DDR 3, 1866/1600/1333/1066 MHz). Muita emolevyn erityisominaisuuksia ovat [12]

- AM3+ -prosessorikanta
- TUF CeraM!X jäähdytyssiilin pinnoitusteknologia
- TUF Thermal Radar
- DIGI+ VRM
- TUF-komponentit
- Efficient Switching Power -ratkaisu
- AI Suite II -käyttöliittymä
- USB 3.0 -etupaneelituki.



Kuva 7. Työssä käytettävä emolevy, Asus Sabertooth 990FX R2.0.

Tietokoneen suorittimena, eli prosessorina käytetään kahdeksanytimistä AMD FX-8350 -prosessoria, jonka vakiokellotaajuus on 4,0 GHz. Prosessorin Turbo Core -teknologian avulla voi kerralla neljä ydintä toimia 4,2 GHz:n kellotaajuudella ollessaan rasiuksen alaisena. Kaikkia ytimiä kuormitettaessa ytimet voivat toimia maksimissaan 4,1 GHz:n kellotaajuudella. Prosessori on valmistettu 32 nanometrin valmistusprosessilla. Prosessori käyttää AM3+ -prosessorikantaa. Muita prosessorin ominaisuuksia ovat [13]

- kerroinlukoton
- L2-välimuistia yhteensä 8 Mt
- TDP 125 W
- pohjoissillan (northbridge) vakiokellotaajuus 2,2 GHz
- valmistajan ilmoittama maksimikäyttölämpötila ytimille 61 °C.

Prosessoria pyritään ylikellottamaan myöhemmin tässä työssä huomioiden kuitenkin valmistajan ilmoittama prosessoriydinten maksimikäyttölämpötila.

Näytönohjaimena toimii Asus GeForce GTX 1070 STRIX (kuva 8), joka on valmistettu 16 nanometrin valmistusprosessilla, ja se sisältää 8 gigatavua GDDR5-muistia. Näytönohjain on varustettu kolmella tuulettimella, joiden ansiosta se on referenssimallia kolme kertaa hiljaisempi ja toimii 30 % viileämpänä.



Kuva 8. Asus GeForce GTX 1070 STRIX -näytönohjain.

Näytönohjaimen grafiikkasuorittimen kellotaajuus vaihtelee välillä 1506 MHz ja 1721 MHz riippuen näytönohjaimen kellotuksista, joita voidaan hallita näytönohjaimen ajureiden mukana tulleella GPU Tweak 2 -ohjelmistolla. Näytönohjainta ei tässä työssä ylikelloteta. Muita näytönohjaimen ominaisuuksia ovat [14]

- OpenGL 4.5
- PCI Express 3.0
- CUDA-ytimiä 1920 kappaletta
- muistiväylä 256-bit
- muistin kellotaajuus 8008 MHz
- maksimi digitaalinen resoluutio 7680 x 4320
- DirectCU 3 patentoiduilla Wing-Blade tuulettimilla
- Aura RGB -valaistus.

Muistikampoina käytetään Corsair Vengeance DDR3 PC3-15000 -muistikampoja, jotka toimivat suurimmillaan 1866 MHz:n kellotaajuudella. Muistikampoja on 4 kappaletta, ja jokainen sisältää 4 gigatavua muistia. Tietokoneeseen asennetaan siis yhteensä 16 gigatavua muistia.

Virtalähteenä käytetään Seasonic 660W P-660 (XP<sup>2</sup>) (kuva 9), joka on modulaarinen ATX-virtalähde. Virtalähde toimii 20-100 % kuormituksella yli 90 % hyötysuhteella (80 Plus Platinum) ja siinä on semi-passiivinen jäähdytys. Virtalähteen tuuletin käynnistyy kuormituksen ollessa n. 30 % ja tehostuu kuormituksen noustessa 50 %:sta ylöspäin. [15.]



Kuva 9. Seasonic 660W P-660 (XP<sup>2</sup>) -modulaarinen virtalähde.

Virtalähteen ilmoitettu teho on 660 wattia. Virtalähteessä on myös valintakytkin tuulettimelle, jonka avulla tuuletin voidaan kytkeä perinteisesti pyörimään koko ajan.

Tietokoneessa käytetään neljää kovalevyä, joista ensisijaisena kovalevynä on Samsung SSD 840 Pro, jossa on kapasiteettia 256 gigatavua. Kaksi kiintolevyä ovat Western Digitalin valmistamia Blue-sarjan kiintolevyjä ja viimeinen on Hitachin Deskstar 7K1000.B -kovalevy. Toisessa Blue-sarjan kovalevyssä ja Hitachin kovalevyssä on tilaa yksi teratavu ja toisessa Blue-sarjan kovalevyssä 500 gigatavua. Kaikkien toissijaisten kovalevyjen pyörimisnopeudet ovat 7200 kierrosta minuutissa.

Tietokoneen virtapainikkeena käytetään pöytään upotettavaa Elewind PM162F-11ET -painiketta, jonka rungon halkaisija on 16 mm ja painikkeessa olevan LED-valaistuksen väri on punainen. Painikkeen rungon väri on musta.

## 2.6 Tietokone- ja muiden komponenttien sijoittelu

Pääasiallisesti tietokoneen komponentit sijoitetaan pöydän vasemmalle puolelle ja vesijäähdytysjärjestelmän komponentit oikealle puolelle.

Emolevy sijoitetaan pöydän vasemman puolen takareunalevyyn kiinni, jolloin oheislaitteiden liittimet sijaitsevat pöydän takana helposti käytettävissä. Tällöin suoritin, näyttönohjain ja muistit sijaitsevat samassa kohdassa pöytää emolevyn kanssa. Takareunalevyyn emolevyn vasemmalle puolelle, yläpuolelle ja oikealle puolelle asennetaan tuulettimet varmistamaan ilmajäähdytteisten komponenttien jäähdytys.

Virtalähde sijoitetaan ylhäältäpäin katsottuna emolevyn alapuolelle, jotta tarvittavat kaapelit yltävät esimerkiksi emolevyyn ja näyttönohjaimeen. Virtalähteen oma virtapainike jää pöydän sisään, jolloin se ei ole helposti käytettävissä, mutta pöydän taakse asennetaan virtapainikkeellinen jatkojohto. Tällöin jatkojohdon avulla voidaan tietokoneen virransaanti katkaista.

Virtalähteen oikealle puolelle asennetaan kovalevyteline ja kovalevyt, jolloin datakaapelit ja virtakaapelit yltävät emolevyltä ja virtalähteeltä kovalevyihin. Emolevyn läheisyyteen asennettavien tuulettimien ansiosta myös kovalevyt jäähtyvät ilmapirran mukana. Ylimääräiset USB 3.0 -portit (2 porttia) asennetaan vasempaan reunalevyyn virtalähteen viereen ja etureunalevyn vasempaan reunaan asennetaan tietokoneen virtapainike.

Pöydän oikealle puolelle takareunalevyyn asennetaan vesijäähdytysjärjestelmän jäähdytintä, johon kiinnitetään kaksi tuuletinta. Jäähdyttimen alapuolelle sijoitetaan virtausilmaisin, nestesäiliö ja pumppu niin, että ne on mahdollista nähdä pöydän päälle tulevan lasin läpi. Nestesäiliöön kiinnitetään myös LED-valaisin valaisemaan nestesäiliön sisäpuolta.

Pöydän päälle tulevan käsinojan alapuolelle sekä syvennyksen etupuolelle asennetaan monivärinen LED-valaistus valaisemaan pöydän sisäpuolta. Valaistuksen säädin asennetaan oikeanpuoleisen reunalevyn ulkopuolelle. Kyseisen säätimen viereen tulee myös vesijäähdytysjärjestelmän säätöpaneeli.

Pöydän taakse jää noin 8 sentin levyinen taso, johon kiinnitetään virtapainikkeellinen jatkojohto. Kyseiselle tasolle voi myös niputtaa tietokoneen oheislaitteiden kaapelit, kuten esimerkiksi näyttökaapelit ja virtakaapelit.



## 2.7 Ylikellotus

Kun tietokonepöytä on rakennettu, osat asennettu ja pöytä saatu käyttökuntoon, suoritetaan tietokoneelle ylikellotusta käyttäen tietokoneen BIOS-ohjelmaa. Kyseisen ohjelman avulla voidaan esimerkiksi muuttaa komponenttien käyttöjännitettä ja kellotaajuutta.

Tietokone pyritään ylikellottamaan niin, että tietokone pysyy vakaana, eikä lämmöntuotto prosessorissa tai muissa komponenteissa nouse liian korkeaksi. Esimerkiksi AMD on ilmoittanut käytössä olevan prosessorin ytimien maksimikäyttölämpötilaksi 61 astetta, jota pidetään tässä työssä ylärajana prosessorille ylikellotuksen ja testien aikana. Myös emolevyn lämpötiloja seurataan.

Ylikellotusten aikana tietokoneen vakautta, kellotaajuuksia ja suorituskykyä seurataan sekä testataan erilaisilla ohjelmilla. Näitä ovat CPUID HWMonitor, Prime95, Unigine Valley Benchmark ja 3DMark Fire Strike. Kaikki käytettävät ohjelmat ovat saatavilla ilmaiseksi internetistä.

## 3 Pöydän rakentaminen

Kun suunnitelmat saatiin valmiiksi ja materiaalit hankittua, aloitettiin pöydän rungon rakentaminen. Ajallisesti rungon rakentaminen vei eniten aikaa verraten muihin projektin vaiheisiin, koska leikkaukset ja muut mitat oli tehtävä tarkasti, jotta kokoamisvaiheessa ei ilmenisi kovin huomattavia poikkeavuuksia suunnitelmien piirustuksista.

### 3.1 Puumateriaalit, leikkaukset ja muut reiät

Ensimmäinen vaihe rakentamisessa oli leikata pöydän pohjalevy, jonka päälle muut rungon osat asennetaan. Pohjalevy, käsinoja ja syvennyksen päällinen, jotka ovat kuvassa 10, leikattiin isosta filmivanerilevystä. Leikkausten jälkeen osat hiottiin niin, että ne jäivät noin millin suuremmiksi piirustusten mukaisista mitoista. Tämä johtui siitä, että pöytä saadaan hiottua tarkasti mittoihinsa, kun se on kasattu.



Kuva 10. Rungon pohjalevy, käsinoja ja syvennyksen päällinen leikattuna.

Seuraava vaihe oli leikata pöydän ja syvennyksen reunalevyt. Leikkaus ja hionta onnistuivat nopeasti, koska vielä tässä vaiheessa ei tarvittavia tuuletusaukkoja tai muita reikiä tehty. Reunalevyt oli hiottava tarkasti jo tässä vaiheessa, sillä asennusvaiheessa olisi piirustuksiin verraten tullut heittoa mm. reunalevyjen liitoskohdissa.

Tuuletusaukkoja ja muita reikiä tehtäessä oli huomioitava asennettavien komponenttien mitat. Esimerkiksi vesijäähdytysjärjestelmän säätöpaneeli oli saatava asennettua pöydän reunalevyyn niin, että rakoja ei jäänyt. Nämä asiat huomioitiin leikkauksia tehtäessä.

Pöydän etureunalevyyn tehtiin kuusi tuuletusaukkoa reikäsahan avulla. Toiseen reunaan tehtiin myös pienempi reikä virtapainikkeelle. Keskeltä etureunalevyä leikattiin pala pois syvennystä varten.

Takareunalevyyn tehtiin neljä tuuletusaukkoa ja yksi isompi reikä tietokoneen takapaneelia varten. Vasempaan ja oikeaan alareunaan tehtiin myös pienet läpiviennit virtakaapeleita varten.

Oikeaan reunalevyyn tehtiin vesijäähdytysjärjestelmän säätöpaneelia varten reikä, jonka mitoissa oli huomioitava paneelin piirilevyjen mitat. Yläreunaan tehtiin myös lovi valaisuksen säätimen kaapelia varten.

Vasempaan reunalevyyn tehtiin vain yksi reikä, joka oli tarkoitettu ylimääräisiä USB 3.0 -portteja varten.

Pöydän valmiit reunalevyt näkyvät kuvassa 11.



Kuva 11. Pöydän rungon reunalevyt valmiina asennettavaksi pohjalevyyn.

Kuvassa 11 olevat reunalevyt ovat hiottu lopullisiin mittoihinsa.

### 3.2 Kasaus, hionta ja maalaus

Kun kaikki tarvittavat osat olivat valmiita, aloitettiin pöydän rungon kasaaminen. Ensimmäisenä oli järkevintä asentaa rungon reunalevyt paikoilleen, jolloin pohjalevy saa lisää jäykkyyttä ja jotta muut osat voidaan asentaa paikoilleen. Reunalevyt kiinnitettiin toisiinsa ja pohjalevyyn käyttäen 60 mm pitkiä sinkittyjä ruuveja. Kiinnitys pohjalevyyn tehtiin pöydän alapuolelta ja reunalevyt kiinnitettiin toisiinsa kahdella ruuvilla per liitoskohta.

Seuraavaksi pohjalevyyn kiinnitettiin syvennyksen reunalevyt, jotka kiinnitettiin myös pöydän alapuolelta. Syvennyksen reunalevyt kiinnitettiin toisiinsa niiden liitoskohdista ja pöydän etureunalevyyn pöydän etupuolelta. Syvennyksen päällinen kiinnitettiin syven-

nyksen reunalevyihin uppokantaisin ruuvein. Käsinoja kiinnitettiin pöydän etu- ja sivureunalevyihin niin, että ruuvit upotettiin käsinojan pintaan. Tällöin ruuvit eivät häiritse tietokoneen käyttäjää.

Pöydän päälle tulevan käsinojan takareunan alapuolelle kiinnitettiin naulauslevyjä ulkonevasti pöydän sisäänpäin, kuten kuvassa 12 näkyy. Tällöin pöydän päälle tuleva lasilevy saadaan tiivistettyä ja tuettua kaikilta reunoiltaan. Pöydän reunalevyjen ja naulauslevyistä tehdyn ulkoneman päälle asennettiin 7 mm paksu puukaistale, jotta lasilevy saadaan käsinojan kanssa samaan korkoon. Kasattu pöytä on kuvassa 12.



Kuva 12. Maalaamaton pöydän runko kasattuna.

Kun pöytä oli kasattu, hiottiin pöytä lopullisiin mittoihinsa. Tämän jälkeen pöydän pinnat oli hiottava, jotta pöytä voitiin maalata pohjamaalilla. Hionnan ja puupölyn poiston jälkeen pöytä maalattiin kertaalleen pohjamaalilla, jonka jälkeen sen annettiin kuivua vuorokauden verran. Tämän jälkeen pöytä maalattiin kahteen kertaan kulutusta kestäväällä, väriltään mattamustalla uretaanialkydipohjaisella lakkamaalilla. Ensimmäisen maalauskeran jälkeen pöydän annettiin kuivua vuorokauden verran ja toisen maalauskeran jälkeen noin kaksi vuorokautta, jotta maali olisi varmasti kuiva. Kuvassa 13 näkyy maalausvaiheen lopputulos.



Kuva 13. Pöydän runko maalattuna kahteen kertaan.

Pöydän reunalevyjä ei maalattu, koska reunat tiivistetään solukuminauhalla. Käsinojan sisäpuolista maalausta varten käsinoja oli irrotettava ja maalattava erikseen.

Pöytään asennettiin kahdeksan jalkaa, joita jouduttiin lyhentämään 15 cm, jotta pöydän kokonaiskorkeudesta ei olisi tullut liian korkea. Pöydänjalkojen alapäihin kiinnitettiin säädettävät tulpat, jotta pöytä olisi mahdollista asettaa tukevasti paikalleen myös epätasaisilla pinnoilla.

Pöydän reunojen päälle liimattiin 3 mm paksua solukuminauhaa, jotta päälle tuleva karkaistu lasilevy olisi tiiviisti pöydän päällä ja mahdolliset naulat tai ruuvit eivät olisi suoraan kosketuksissa lasilevyn kanssa. Nauha pehmentää myös lasiin kohdistuvia iskuja.

Pöydän käsinojan alle rakennettiin tuennat kummallekin puolelle syvennystä, joiden avulla käsinoja saatiin kunnolla tuettua. Näiden avulla saadaan vältettyä käsinojan taipuminen, mikäli nojan päälle kohdistuu normaalia enemmän painoa.

### 3.3 Tietokonekomponenttien asennus

Kun pöydän runko oli saatu valmiiksi, otettiin vanhan käytöstä poistetun tietokonekotelon osia hyötykäyttöön, jotta tietokoneen komponentit saadaan helposti asennettua paikall-

leen. Näitä olivat mm. emolevyn pohjalevy, kotelon takapaneeli ja kovalevyteline. Kotelon takapaneelia jouduttiin leikkaamaan niin, että siihen pystyttiin asentamaan yksi 120 mm tuuletin ja niin, että takapaneeli mahtuu hyvin pöydän sisään. Myös kovalevytelinettä jouduttiin madaltamaan, jotta se mahtui pöydän sisään pystyasentoon. Kun tarvittavat leikkaukset oli tehty, osat hiottiin ja maalattiin kahteen kertaan mattamustalla spraymaalilla.

### 3.3.1 Emolevyn, prosessorin, näytönohjaimen ja muistien asennus

Kun tietokoneen komponentteja varten kustomoidut osat oli saatu valmiiksi, aloitettiin niiden paikoilleen asennus. Ensimmäisenä asennettiin takapaneeli, jonka jälkeen emolevyn pohjalevy. Kyseinen järjestys tehtiin siksi, että emolevy saatiin varmasti kohdistettua oikein takapaneeliin nähden. Molemmat osat kiinnitettiin pöytään ruuveilla ja takapaneelin reunat tiivistettiin mustalla silikonimassalla.

Kun tietokoneen komponenteille (pois lukien kovalevyt ja virtalähde) oli asennuspaikka valmis, asennettiin ne paikalleen. Tietokonekotelosta irrotettu emolevy kiinnitettiin pöytään asennettuun pohjalevyyn. Prosessori ja muistikammat jätettiin siirron ajaksi paikalleen emolevyyn, sillä irrottamiselle ei ollut tarvetta. Viimeisenä emolevyyn kiinnitettiin näytönohjain.

### 3.3.2 Kovalevytelineen ja kovalevyjen asennus

Kustomoitu kovalevyteline asennettiin pöydän vasemmalle puolelle käsinojan alle ilmanottoaukkojen läheisyyteen, jotta kovalevyt jäähtyisivät pöydän sisällä liikkuvan ilmavirran avulla. Kovalevyteline kiinnitettiin pöydän pohjalevyyn ruuvein, jonka jälkeen kovalevyt kiinnitettiin kovalevytelineeseen. SSD-kovalevy, joka on tietokoneen ensisijainen kovalevy, asennettiin alimmaiseksi ja muut kovalevyt tämän yläpuolelle, jotta ensisijainen kovalevy lämpenisi vähiten.

### 3.3.3 Virtalähteen, virtapainikkeen ja USB 3.0 -porttien asennus

Tietokoneen virtalähde asennettiin pöydän vasemmalle puolelle kovalevyjen viereen tuuletusaukkojen läheisyyteen. Koska virtalähteen pohjassa ei ollut minkäänlaista valmista ratkaisua pohjakiinnitykselle, käytettiin sen kiinnittämiseksi pohjalevyyn solukuminauhaa

ja lujaa kaksipuolista teippiä. Virtalähteen sijoituskohtaan liimattiin kaksi kaistaleta solukuminauhaa ja näiden päälle liimattiin useampi kaistale kaksipuolista teippiä. Lopuksi virtalähde asetettiin paikoilleen.

Tietokoneen virtapainike asennettiin etureunalevyn vasempaan reunaan tehtyyn pieneen läpivientiin niin, että pöydän sisäpuolelta käsin painikkeeseen pyöritetty mutteri pitää painikkeen paikoillaan, eikä painiketta näin ollen voi pöydän ulkopuolelta irrottaa.

Pöydän vasempaan reunaan kiinnitettiin ylimääräiset USB 3.0 -portit, jotka olivat kiinnitettyinä metalliseen telakkaan. Kun teline saatiin paikalleen, ruuvattiin se vielä pöydän pohjalevyyn kiinni ja reunat tiivistettiin mustalla silikonilla.

### 3.3.4 Tuulettimien, pölysuodattimien ja sormisuojiin asennus

Pöydän takareunalevyn vasempaan reunaan asennettiin Arctic F8 Silent 80 mm -tuuletin ja kustomoituun takapaneeliin sekä sen oikealle puolelle asennettiin Spectre PRO Fan 120 mm -tuulettimet, jotta tietokoneen komponentit jäähtyisivät hyvin. Myös pöydän oikealle puolelle asennettiin jäähdyttimeen kaksi Spectre PRO Fan 120 mm -tuuletinta vastaamaan jäähdytysnesteen jäähdytyksestä. Jäähdyttimen asennuksesta on lisätietoja kohdassa 3.4.2 vesijäähdytysjärjestelmän asennus.

Pöydän etureunalevyyn asennettiin kuusi kappaletta Silverstone FF121 120 mm -pölysuodattimia pöytään tehtyjen ilmanottoaukkojen päälle – symmetrisesti 3 kappaletta vasemmalle ja 3 kappaletta oikealle puolelle. Pöydän takapuolelle takareunalevyyn asennettiin sormisuojat tuulettimia varten tehtyjen reikien kohdalle, joita oli yhteensä 5 kappaletta.

## 3.4 Muiden komponenttien asennus

### 3.4.1 Valaistuksen asennus

Pöydän sisäpuolen valaistusta varten hankittiin monivärinen LED-valaistus, jota voidaan ohjata erillisellä säätimellä. Valojen säädin asennettiin pöydän oikeanpuoleisen reunalevyn ulkopintaan. Valaisinyksiköt ovat 25 cm pitkiä valolistoja, joita asennettiin pöytään 4 kappaletta. Kaksi listaa kiinnitettiin syvennyksen taakse ja kaksi käsinojan alapuolelle

niin, että kummallakin puolella pöytää on yhdet valolistat. Näkyviin jääneet kaapelit maalattiin mustiksi.

Valaistuksen kaapeloinnit asennettiin pöydän sisään niin, että ne näkyisivät mahdollisimman vähän. Valolistasettiin kuuluva virranjakaja asennettiin syvennyksen päälle käsinonjan alapuolelle, johon valolistat, valojen säädin ja virtakaapeli liitettiin. Kuvassa 14 näkyy valojen ja kaapeleiden asennuspaikat.



Kuva 14. Pöydän sisäpuolisen valaistuksen asennus käynnissä.

Valolistat asennettiin käyttäen metallisia koukkuja ja kaksipuolista teippiä, jotta listat eivät pääse liikkumaan.

#### 3.4.2 Vesijäähdytysjärjestelmän asennus

Työssä käytetyn vesijäähdytysjärjestelmän säätöpaneeli asennettiin pöydän oikeanpuoleiseen reunalevyyn sille tehdyn reiän kohdalle. Säätöpaneelin liittimet jäivät pöydän sisäpuolelle käsinonjan alle niin, että niihin oli helppo päästä käsiksi. Säätöpaneelissa on liittimet pumpulle, kahdelle tuulettimelle, virtausilmaisimelle, nestemääräantureille ja lämpötila-antureille. Nestemääräanturien tilalle tehtiin suljettu virtapiiri, koska nestemääräantureita ei tässä työssä käytetä. Nestemäärän näkee tarvittaessa nestesäiliöstä. Suljetun virtapiirin avulla säätöpaneeli ei varoita alhaisesta nestemäärästä.



Vesijäähdytysjärjestelmän jäähdytin tiivistettiin solukuminauhalla ja kiinnitettiin takareunalevyyn pienillä pulteilla. Tämän jälkeen jäähdyttimeen kiinnitettiin tuulettimet, joiden kaapelit kiinnitettiin säätöpaneelissa oleviin tuulettimille tarkoitettuihin liittimiin. Jäähdytysnesteen lämpötilan kasvaessa säätöpaneeli nostaa tuulettimien ja pumpun kierrosnopeutta, jolloin jäähdytysteho paranee. Kierrosnopeutta voidaan säätää myös käsin säätöpaneelista, jos paneeli kytketään manuaalitilaan.

Virtausilmaisin kiinnitettiin ruuveilla pohjalevyyn oikean reunalevyn viereen jäähdyttimestä seuraavaksi. Ilmaisimen avulla säätöpaneeli saa signaalin, mikäli jäähdytysnesteen virtausnopeus laskee liian alhaiseksi. Mikäli näin käy, ilmoittaa säätöpaneeli alhaisesta virtausnopeudesta äänimerkillä ja paneelin valoja vilkuttamalla.

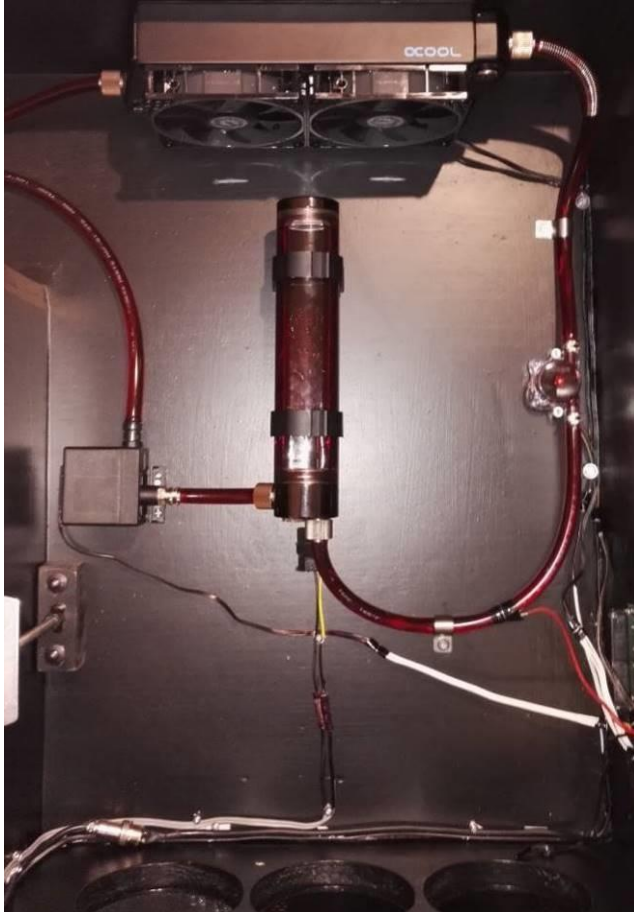
Virtausilmaisimen jälkeen asennettiin nestesäiliö, joka kiinnitettiin vesijäähdytysosille varatun tilan keskikohtaan. Kiinnitys tehtiin säiliön mukana tulleilla tuilla, jotka kiinnitettiin pohjalevyyn ja joihin säiliö lopulta asennettiin. Nestesäiliön yläpäähän kiinnitettiin LED-valaisin valaisemaan säiliössä olevaa nestettä. Säiliön alapäässä olevista liittimistä tuokittiin kaksi ylimääräistä liittintä säiliön mukana tulleiden tulppien avulla.

Pumppu kiinnitettiin pohjalevyyn säiliön ja syvennyksen väliin pumpun kiinnikkeiden avulla. Pumpun alle asennettiin kaistale solukuminauhaa estämään resonoinnin syntymistä. Pumppu asennettiin nesteen virtaussuunnan mukaisesti nestesäiliön jälkeen ja hiukan sen alapuolelle, jotta pumpun tuloaukossa säilyisi positiivinen paine. Tällä tavoin vähennetään mahdollisuutta ns. kuiville käynnistyksille, eli jos pumpun sisällä sen käynnistyessä olisi ilmaa, saattaisi pumppu vahingoittua.

Kun vesijäähdytysosat saatiin asennettua paikoilleen, kiinnitettiin niiden väliin letkua. Jäähdyttimessä ja nestesäiliössä käytettiin Phobyan ruuviliittimiä, kun taas virtausilmaisimessa ja pumpussa käytettiin niissä kiinni olevia liittimiä, joihin letku asetetaan ja tiivistetään puristavien holkkien avulla. Phobyan ruuviliittimissä olevat mutterit kiinnittävät ja tiivistävät letkun, jolloin erillisiä puristimia ei tarvita. Jäähdyttimestä virtausilmaisimelle lähtevän letkun päälle sujutettiin jousi, jonka avulla letku ei pääse painumaan kasaan. Seuraavaksi letkut kiinnitettiin prosessoriblokkiin, jossa oli myös valmiiksi liittimet. Letkujen muodossa pysymisen varmistamiseksi sujutettiin niihin myös jouset ympärille. Seuraavaksi prosessoriblokista lähtevä letku asennettiin jäähdyttimen tuloaukkoon kiinni. Tämän jälkeen letkut kiinnitettiin pohjalevyyn koukuilla, virtakaapelit kiinnitettiin siististi pöydän sisään sekä säätöpaneelin toinen lämpötila-anturi kiinnitettiin letkun kylkeen ja

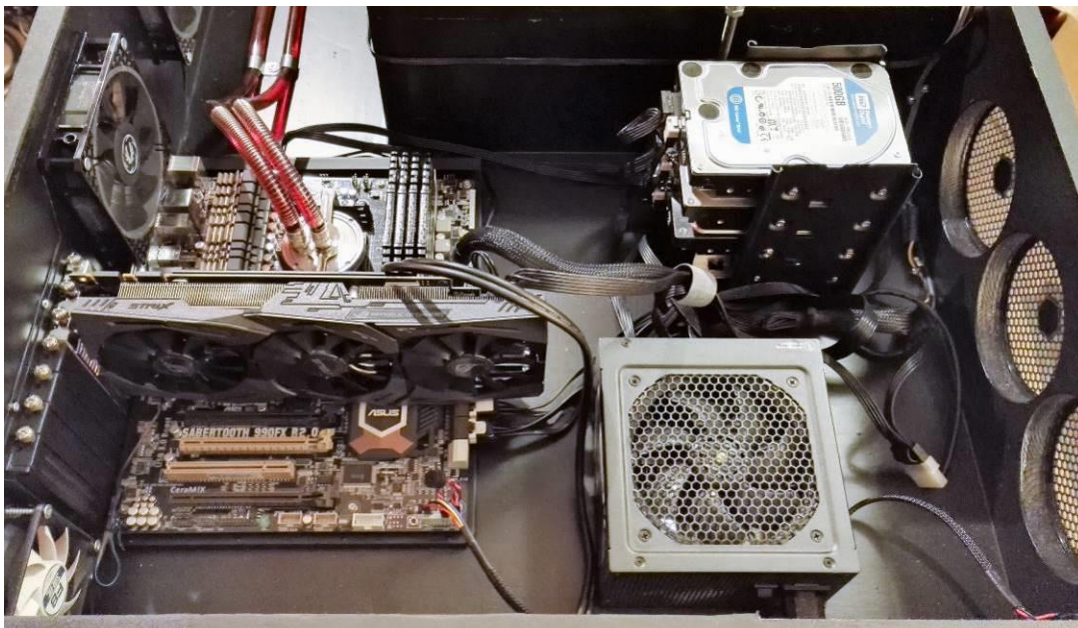
toinen ilmanottoaukon läheisyyteen. Lopuksi vesijäähdytysjärjestelmä täytettiin jäähdytysnesteellä.

Kuvassa 15 ja 16 näkyvät vesijäähdytysjärjestelmä ja tietokoneen komponentit.



Kuva 15. Vesijäähdytysjärjestelmän osat asennettuna paikoilleen.

Kuvassa 15 näkyy vesijäähdytysjärjestelmän pääkomponentit. Prosessoriblokki näkyy paikalleen kiinnitettynä kuvassa 16.



Kuva 16. Tietokoneen komponentit ja prosessoriblokki asennettuna.

Vesijäähdytysjärjestelmän osat saavat virran säätöpaneelilta, joka saa virran suoraan tietokoneen virtalähteestä. Valmistuneen tietokonepöydän kuvia on lisää liitteessä 2.

#### 4 Äänitaso- ja lämpötilatestit

Tietokoneille suoritetuissa testeissä käytettiin Testo 815 -äänitason mittauslaitetta, jonka ilmoitettu mittaustarkkuus on  $\pm 1,5$  dB. Mittauslaitteen osamittausalueena käytetään väliä 30-65 dB(A). Äänitasotestit suoritettiin kokoonpanoille niiden ollessa käynnissä, mutta käyttämättöminä (idle-tila) sekä rasiuksen alaisina. Kokoonpanojen ollessa idle-tilassa varmistettiin, ettei tietokone suorita taustalla päivityksiä, virustentarkistusta tai muita ohjelmia, mikä saattaisi aiheuttaa äänitason ja lämpötilojen kohoamista.

Lämpötilatestejä varten käytettiin Testo 615 -kosteuden- ja lämpötilan mittauslaitetta, koska ympäristön lämpötila oli huomioitava testien aikana. Laitteen ilmoitettu mittaustarkkuus lämpötilalle on  $\pm 0,7$  °C.

Komponenttien lämpötiloja tarkkailtiin HWMonitor-ohjelman (versio 1.30) avulla, joka ilmoittaa käyttäjälleen tietoja komponenttien antureilta. Näitä ovat lämpötila, käyttöaste,

käyttäjännite ja tuulettimien kierrosnopeus. Ohjelma ilmoittaa tiedot prosessorilta, emolevyiltä, näytönohjaimelta ja kovalevyiltä. Näissä testeissä merkittävimmät lämpötilat olivat prosessoriytimien sekä -kannan lämpötilat.

Rasitustesteissä kokoonpanoja rasitettiin 15 minuutin ajan käyttäen Prime95-ohjelmaa (versio 28.10), jonka avulla voidaan esimerkiksi testata prosessorin ja järjestelmän vakautta kovan rasituksen alla. Ohjelmalla voi testata myös esimerkiksi muistikampojen vakautta. Prosessoria rasitettiin ohjelmassa olevalla Small FFTs -testillä, jonka aikana prosessori tekee nopeita Fourier-muunnoksia, mutta jotka ovat kooltaan suhteellisen pieniä. Testi käyttääkin pääasiassa prosessorin L2-välimuistia tallentaakseen laskettujen Fourier-muunnosten tuloksia. [16.]

Äänitaso- ja lämpötilatestien yhteydessä seurattiin lähinnä prosessorin lämpötiloja, koska muiden komponenttien suorituskykyä ei muutettu millään tapaa, pois lukien kuitenkin kokoonpanon kotelo. Rakennetun pöydän ja perinteisen kotelon tuulettimien välistä äänitason eroa ei voitu järkevästi määrittää testien aikana. Toisaalta suurin tekijä äänitason vaihteluun onkin yleensä prosessorin jäähdytin, joka oli näiden testien pääasiallisena kohteena. Testien aikana prosessorin kellotaajuudeksi oli asetettu 4,0 GHz, joka on prosessorin vakiokellotaajuus. Prosessorin Turbo-ominaisuus oli kuitenkin käytössä, jolloin prosessorin kellotaajuus nousi rasituksen aikana noin 4,2 GHz:iin.

#### 4.1 Normaali tietokonekotelo ilmajäähdytyksellä

Komponentit olivat ennen tässä työssä rakennettuun pöytään asentamista kiinni Cooler Master HAF 922 -tietokonekotelossa, jolloin voitiin suorittaa äänitaso- ja lämpötilatestejä ns. perustilanteessa. Prosessorissa oli kiinni prosessorivalmistajan toimittama alkuperäinen prosessorijäähdytin, joka on perinteinen lämpöputkilla, jäähdytyselementillä ja tuulettimella varustettu jäähdytin. Taulukosta 1 näkee mitatut äänitaso- ja lämpötilatestien tulokset. Testien aikana huoneen lämpötila oli 23 astetta, ja äänitasot mitattiin kohtisuoraan tietokoneeseen nähden.

Taulukko 1. Äänitaso- ja lämpötilatestien tulokset perinteisellä ilmajäähdytetyllä tietokoneella.

	Idle-tilassa	Prime95-rasitustestin aikana
Äänitaso 50 cm etäisyydeltä	40,7 dB(A)	41,6 dB(A)

<b>Äänitaso 20 cm etäisyydeltä</b>	45,1 dB(A)	46,1 dB(A)
<b>Proessorikannan lämpötila</b>	39 °C	63 °C
<b>Proessoriytimien lämpötila</b>	22 °C	53 °C

Rasitustestien aikana prosessorin kannan ja ytimien lämpötilat nousivat kohtalaisen korkeiksi. Prosessoriydinten lämpötila jäi vain kahdeksan asteen päähän ilmoitetusta maksimikäyttölämpötilasta, vaikka prosessori toimi kyseisellä hetkellä vakiokellotaajuudella. Idle-tilassa prosessorin kellotaajuus vaihteli välillä 4013 MHz ja 4214 MHz. Prime95-rasitustestin aikana kellotaajuus vaihteli välillä 3353 MHz ja 4214 MHz.

#### 4.2 Pöytä vesijäähdytyksellä

Kun työn aikana rakennettu pöytä oli saatu valmiiksi ja kaikki komponentit asennettua, suoritettiin sille kokoonpanolle myös äänitaso- ja lämpötilatellit. Komponenttien suorituskykyjä ei muutettu ja vesijäähdytysjärjestelmä pidettiin automaattitilassa. Huoneen lämpötila oli testaushetkellä 23 astetta ja äänitason mittauslaite oli samalla korkeudella pöydän kanssa. Mittaustulokset on kirjattu taulukkoon 2.

Taulukko 2. Äänitaso- ja lämpötilatellitien tulokset vesijäähdytetyllä tietokonepöydällä.

	<b>Idle-tilassa</b>	<b>Prime95-rasitustestin aikana</b>
<b>Äänitaso 50 cm etäisyydeltä</b>	31,7 dB(A)	33,7 dB(A)
<b>Äänitaso 20 cm etäisyydeltä</b>	32,8 dB(A)	35,7 dB(A)
<b>Proessorikannan lämpötila</b>	36 °C	57 °C
<b>Proessoriytimien lämpötila</b>	15 °C	39 °C

Kun taulukon 1 ja 2 tuloksia verrataan keskenään, on vesijäähdytetty tietokonepöytä selvästi hiljaisempi kuin perinteinen tietokonekotelo. Myös lämpötilat ovat alhaisemmat, vaikkakin rasitustestien aikana vesijäähdytetyn prosessorin kannan lämpötila on vain kuusi astetta matalampi. Merkittävämpi lämpötila on kuitenkin ytimien lämpötila, joka oli vesijäähdytyksellä 14 astetta alhaisempi, kuin ilmajäähdytyksellä.

Idle-tilassa prosessorin kellotaajuus vaihteli välillä 4013 MHz ja 4214 MHz. Prime95-rasitustestin aikana kellotaajuus vaihteli välillä 3353 MHz ja 4214 MHz. Kellotaajuuksien vaihteluvälit olivat samat kuin kohdan 4.1 testeissä.

#### 4.3 Vesijäähdytyksen hyödyt ja haitat

Vesijäähdytyksen avulla tietokoneen komponentteja saadaan jäähdytettyä ilmajäähdytystä tehokkaammin, jolloin komponentteja voidaan paremmin myös ylikellottaa. Samalla myös tietokoneen äänitaso laskee, jos käytössä on hyvä tai edes keskinkertainen vesijäähdytysjärjestelmä. Vesijäähdytyksen avulla voi myös säästää tilaa tietokoneen sisäpuolelta varsinkin silloin, jos tietokoneessa on aiemmin käytetty isoja ilmajäähdyttimiä, kuten esimerkiksi korkeaa prosessorille tarkoitettua tornituuletinta. Vesijäähdytyksen avulla tietokoneesta on myös mahdollista luoda persoonallisempi.

Vesijäähdytyksellä on myös useita huonoja puolia. Näitä ovat esimerkiksi nestevuotojen mahdollisuus, rakennuskustannukset, jäähdytysnesteen vaihto aika-ajoin ja mahdollisesti sähkönkulutuksen kasvu. Joissain vesijäähdytysratkaisuissa voi myös joutua lisäämään jäähdytysnestettä, mikäli järjestelmässä on hengittävä nestesäiliö. Myös huonosti suunniteltu vesijäähdytysjärjestelmä saattaa aiheuttaa vikatilanteita, jolloin jäähdytysnesteen kierto pysähtyy kesken toiminnan, mikä voi aiheuttaa prosessorin ylikuumenemisen ja pahimmassa tapauksessa vaurioitumisen.

## 5 Ylikellotus

Tietokoneen prosessori, eli suoritin, on tietokoneen tärkein osa. Se lukee tietoja keskusmuistilta ja liitäntäpiireiltä sekä kirjoittaa tietoja niihin. Prosessorin tehtävänä on suorittaa laskutoimitukset sekä lukujen vertailut. Prosessorin ytimien kellotaajuus määrittelee, kuinka monta toimenpidettä ne voivat sekunnissa suorittaa. [17.]

Ylikellottamisella tarkoitetaan esimerkiksi prosessorin kellotaajuuden nostamista korkeammaksi kuin mitä valmistaja on sille tehtaalla asettanut. Käsitteenä ylikellottaminen tarkoittaaakin komponentin kellotaajuuden nostamista vakiokellotaajuutta korkeammaksi. Ylikellottamisen avulla prosessorin suorituskykyä saadaan nostettua, jolloin se voi suorittaa toimenpiteet nopeammin. [18.]

## 5.1 Prosessorin ylikellottamisessa huomioitavia asioita

Ylikellotuksessa on tarkoitus löytää tietokoneen prosessorin nopein, mutta vakain kello-  
taajuus, jolla se kykenee luotettavasti toimimaan. Ylikellottamisessa onkin huomioitava  
prosessorin suurin käyttölämpötila kannalle ja ytimille sekä jäähdyttimen tehokkuus. Il-  
man kunnollista jäähdytystä prosessori saattaa vaurioitua ja tietokone muuttua epäva-  
kaaksi. Prosessoria ylikellotettaessa myös valmistajan myöntämä takuu usein umpeu-  
tuu. [19.]

Ennen ylikellotusta tulee varmistaa, salliiko emolevy prosessorin ylikellottamisen. Tämän  
voi varmistaa valmistajan internet-sivuilta, emolevyn käyttöohjeista, BIOSin kautta tai  
muualta internetistä. On myös erittäin suositeltavaa, että prosessoria ei ylikelloteta va-  
kiojäähdyttimellä, vaan tilalle hankitaan tehokkaampi jäähdytin. Jäähdyttimen on kyet-  
tävä poistamaan prosessorilta sen synnyttämä suurin lämpöteho (TDP), koska proses-  
sori voi muuten ylikuumentua ollessaan rasituksen alaisena. Vakiojäähdyttimet pystyvät  
tähän yleensä vain juuri ja juuri käytettäessä prosessoria vakiokellotaajuuksilla ja kun  
prosessoria rasitetaan paljon.

Kaikilla ylikellotettavilla komponenttiyhdistelmillä on omat rajansa ja esimerkiksi kahdella  
samanlaisella prosessorilla voi olla eri maksimikellotaajuudet, joilla ne vakaasti toimivat.  
Myös muut komponentit, kuten emolevy ja jäähdyttimet vaikuttavat ylikellotettavuuteen.  
Prosessori saattaa olla kerroinlukittu, jolloin sen kerrointa ei voida muuttaa. Yleensä BIO-  
Sin ominaisuudet eroavat toisistaan emolevyn valmistajien ja mallien mukaan, joten yli-  
kellotusmahdollisuudet vaihtelevat. Itse prosessorien ylikellottaminen on eri valmistajien  
välillä (AMD ja Intel) melko samanlaista, mutta niissäkin on eroavaisuuksia, jotka täytyy  
ottaa huomioon.

## 5.2 Lähtökohdat ja prosessorin ylikellotus

Ennen ylikellottamista BIOSin kautta oli ladattava alkuperäiset asetukset käyttöön. Käy-  
tettävässä emolevyssä on UEFI BIOS, joka on BIOSin nykyaikaisempi versio. Kuvassa  
17 näkyy käytettävän UEFI BIOSin EZ Mode -tila, josta käyttäjä voi helposti valita tieto-  
koneen suorituskyvyn, jolloin emolevy ylikellottaa prosessorin automaattisesti. Käyttäjän  
ei tarvitse tällöin itse muuttaa prosessorin asetuksia. Käyttäjä voi myös valita käynnis-

tysprioriteetin, josta esimerkiksi käyttöjärjestelmä ladataan. Tässä työssä ylikellotus tehtiin kuitenkin käyttäen lisäasetustilaa (Advanced Mode), jossa on paljon enemmän säätöominaisuuksia. Tässä työssä keskityttiin ylikellottamaan vain AMD:n valmistamaa FX-8350 prosessoria.



Kuva 17. Asus Sabertooth 990FX R2.0, UEFI BIOSin EZ Mode -tila.

Kun alkuperäiset asetukset oli palautettu, tarkistettiin BIOSin kautta alkuperäisten asetusten ilmoittamat arvot kellotaajuuksien osalta. Ilmoitetut arvot ovat taulukossa 3.

Taulukko 3. UEFI BIOSin ilmoittamat arvot, kun alkuperäiset arvot oli palautettu.

<b>Prosesorin kellotaajuus</b>	4000 MHz
<b>Muistien kellotaajuus</b>	1333 MHz
<b>Pohjoissillan (NB) kellotaajuus</b>	2200 MHz
<b>HyperTransport linkin kellotaajuus</b>	2600 MHz

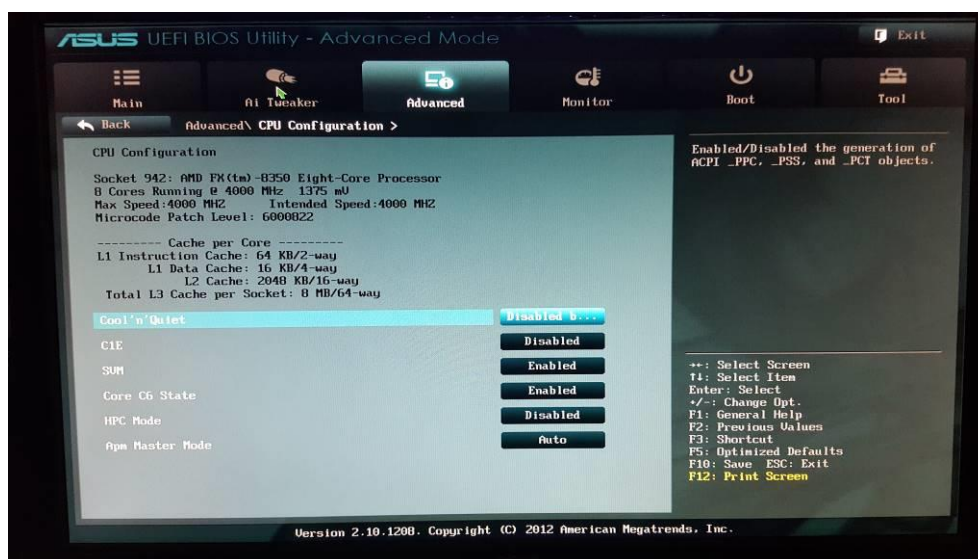
Vielä tässä vaiheessa ei muutettu mitään asetuksia, vaan tarkoituksena oli tehdä ensiksi suorituskykymittaukset, jotka suoritettiin 3DMarkin Basic Edition Fire Strike (versio 1.1) ja Unigine Valley Benchmark -ohjelmien avulla. Kyseiset ohjelmat rasittavat ensisijaisesti tietokoneen näytönohjainta, mutta osittain myös prosessoria. Esimerkiksi Fire Strike -ohjelmassa on fysiikkatesti ja yhdistetty testi, jotka testaavat myös tietokoneen prosessoria. Unigine Valley Benchmark -ohjelman avulla saadaan mitattua prosessorin ja näytönohjaimen yhdistetty suorituskyky. Kyseisen ohjelman asetuksina käytettiin Extreme HD -esiasetusta. Testien tulokset on kirjattu kohtaan 5.3 Tulokset.



Kun suorituskykytestit oli suoritettu alkuperäisiä asetuksia käyttäen, aloitettiin ylikellottaminen. Ensimmäisenä muutettiin prosessorin asetusten parametreja Advanced -välilehden CPU Configuration -valikosta. Valikon parametrit ovat enimmäkseen virransäästöasetuksia, minkä vuoksi ne poistettiin käytöstä. Näiden asetusten poistaminen käytöstä vaikuttavat sekä prosessorin että järjestelmän toimintaan ja vakauteen ylikellotettaessa prosessoria.

Valikon HPC Mode -parametri on suurteholaskentatila, joka estää prosessoria laske-  
masta kellotaajuutta kuormituksen alla. Apm Master Mode -parametri toimii yhdessä AMD:n Turbo Core -teknologian kanssa. Kyseisen asetuksen avulla tietty määrä prosessorin ytimiä voi toimia hetkellisesti normaalia kellotaajuutta nopeammin, mikäli lämmön-  
tuotto ja käyttöjännite eivät kasva liikaa. [20.]

Kuvassa 18 näkyy prosessorin virransäästöasetusten valikko ennen tehtyjä muutoksia.

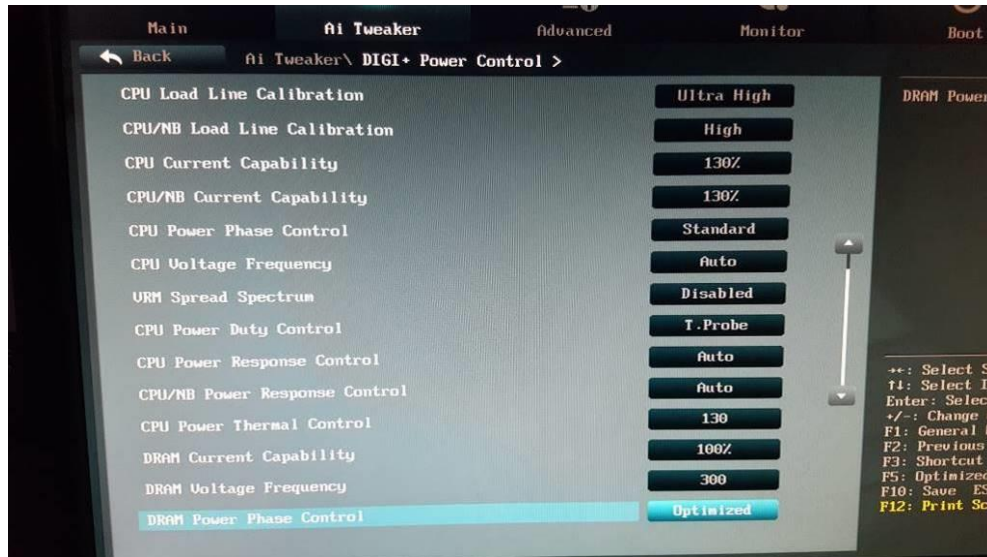


Kuva 18. Prosessorin virransäästöparametrit ennen tehtyjä muutoksia.

Seuraavaksi Ai Tweaker -välilehdeltä Ai Overclock Tuner -asetus muutettiin Manual-tilaan, jotta ylikellotus voidaan suorittaa itse. AMD Turbo CORE Technology, CPU Spread Spectrum, PCIe Spread Spectrum ja EPU Power Saving Mode poistettiin käytöstä, jotta prosessori ei itse säädi kellotaajuutta ja järjestelmä säilyy ylikellotettaessa vakana.

Ai Tweaker -välilehden DIGI+ Power Control -valikosta saadaan muutettua virranhallinta-asetuksia, jotka vaikuttavat myös ylikellotuksen vakauteen ja virransaantiin. Mm. CPU

Load Line Calibration, CPU/NB Load Line Calibration, CPU Current Capability ja CPU/NB Current Capability -asetuksiin vaikuttaa virtalähteen laatu. Käytettävissä oleva virtalähde on hyötysuhteeltaan 80 Plus Platinum -luokkaa ja sen komponentit ovat laadukkaita, minkä vuoksi asetukset voitiin asettaa korkeiksi. Ylikellotuksessa käytettävät asetukset näkyvät kuvassa 19.



Kuva 19. DIGI+ Power Control valikon asetukset ylikellotusta varten.

Tämän jälkeen palattiin Ai Tweaker -välilehdelle, josta CPU & NB Voltage asetettiin Manual Mode -tilaan. Prosessorin jännite, eli CPU Manual Voltage asetettiin samaan arvoon, mitä se oli alkuperäisten asetusten palautuksen jälkeen. Aluksi prosessorin jännite asetettiin siis arvoon 1.33750 V ja muistien jännite arvoon 1.50000 V. Näitä arvoja nostamalla voidaan vakauttaa komponenttien toimintaa, kun niiden kellotaajuutta nostetaan. Tällöin täytyy ottaa huomioon, että kyseisten komponenttien lämmöntuotto saattaa kasvaa radikaalisti.

Seuraavaksi prosessorin kerroin (CPU Ratio) asetettiin arvoon 20,0 ja CPU Bus Frequency arvoon 200 MHz. Nämä kaksi parametria määrittää prosessorin kellotaajuuden, joka tässä vaiheessa oli 4000 MHz ( $20,0 * 200 \text{ MHz} = 4000 \text{ MHz}$ ). Prosessoria voidaan siis ylikellottaa muuttamalla prosessorin kerrointa tai väylätaajuutta (CPU Bus Frequency).

CPU/NB Frequency ja HT Link Speed asetettiin niiden vakioarvoihinsa, jotka olivat asetusten palautuksen jälkeen 2200 MHz ja 2600 MHz. Muistikampojen kellotaajuus (Memory Frequency) asetettiin arvoon 1600 MHz, vaikka alkuarvo olikin 1333 MHz. Syynä tähän oli muistien valmistajan ilmoittama maksimikellotaajuus, joka on 1866 MHz, joten kellotaajuutta voitiin nostaa alkuarvoa korkeammaksi.

Proessorin väylätaajuus vaikuttaa muistikampojen, CPU/NB Frequencyn ja HT Link Speedin kellotaajuuksiin, koska se on niiden kerroin. Proessorin väylätaajuutta muutettaessa kannattaa yrittää pitää nämä kolme muuta kellotaajuutta lähellä alkuarvojansa, jotta ne eivät olisi syynä tietokoneen epävakauteen. Proessorin kerrointa muuttamalla saadaan muutettua vain prosessorin kellotaajuutta.

Kun UEFI BIOSin asetukset saatiin määriteltyä, aloitettiin ensimmäinen vakaustesti. Tämä onnistui Prime95-ohjelman avulla käyttämällä Small FFTs -testiä. Testin aikana prosessorin lämpötiloja seurattiin CPUID HWMonitor -ohjelman avulla, jossa näkyy mm. prosessorin ytimien käyttöaste ja lämpötila sekä prosessorikannan lämpötila. Testien aikana oli tarkoituksena pitää ytimien lämpötila maksimissaan 61 asteessa ja kannan lämpötila maksimissaan 70 asteessa. Tässä vaiheessa kannattaa yleisestikin tarkkailla myös muiden komponenttien lämpötiloja.

Small FFTs -testiä on tarkoitus suorittaa vakaustestien aikana 10-15 minuutin ajan, mikäli yksikään prosessorin ytimistä ei "kaadu" tai prosessori ylikuumene. Prime95 ilmoittaa ytimen kaatumisesta ydintä vastaavassa Worker-ikkunassa virheellä tai varoituksilla ja pysäyttää testin kyseisen ytimen osalta. Myös HWMonitor-ohjelmassa prosessorin käyttöaste laskee nollan tuntumiin. Mikäli yksi tai useampi ydin kaatuu tai koko tietokone kaatuu/jumiutuu, on prosessorin jännitettä nostettava. Tällöin CPU Manual Voltagea kasvatetaan askeleittain 0,006250 voltia, jonka jälkeen suoritetaan uusi vakaustesti.

Mikäli yksikään prosessorin ytimistä ei kaadu seuraavan testin aikana eikä prosessorin lämpötilat kohoa liian korkeiksi, voidaan prosessorin kerrointa nostaa 0,5:llä, joka tällöin kasvattaisi prosessorin kellotaajuutta 100 MHz ( $20,5 * 200 \text{ MHz} = 4100 \text{ MHz}$ ). Seuraavaksi suoritetaan uusi vakaustesti. Tätä samaa kuviota tehdään niin kauan, kunnes haluttu prosessorin kellotaajuus saavutetaan tai lämpötilat kasvavat vakaustestien aikana lähelle maksimiarvojaan. Tässä vaiheessa voidaan vielä prosessorin väylätaajuuden avulla hienosäätää prosessorin kellotaajuutta. Esimerkiksi prosessorin kertoimen ollessa

22,0 ja väylätaajuuden ollessa 204 MHz, olisi prosessorin teoreettinen kellotaajuus 4488 MHz.

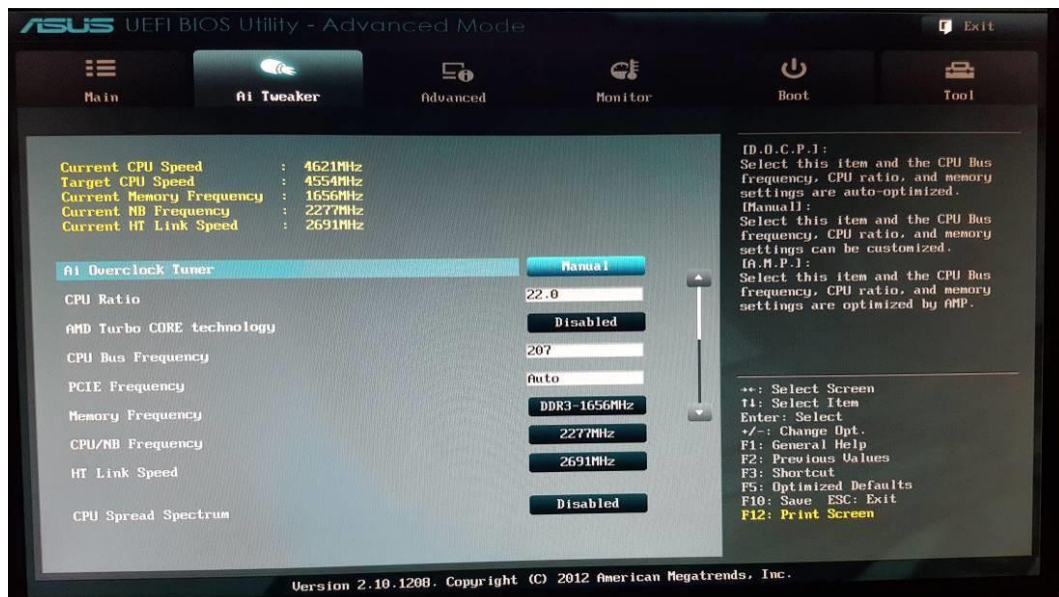
Viimeisenä prosessorille kannattaa tehdä pidempi vakaustesti, eli Prime95-ohjelman Small FFTs -testiä kannattaa ajaa vähintään tunnin ajan, mutta suositus on 6-12 tuntia. Pidemmän vakaustestin aikana kannattaa myös tarkkailla prosessorin ja muiden komponenttien lämpötiloja, koska testi muuttaa algoritmejaan ja kasvattaa räsitusta, mitä pidemmälle testi etenee. [21.]

Vaikka pidempikään vakaustesti ei aiheuttaisi kaatumisia tai järjestelmän jumiutumista, voi häiriötilanteita ilmetä myöhemmässäkin vaiheessa. Tällöin ylikellotuksen asetuksia voi joutua vielä muuttamaan. Syynä voivat olla esimerkiksi liian alhainen prosessorin käyttöjännite tai muistien liian korkea kellotaajuus suhteessa niiden käyttöjännitteeseen. Muistien suurin kellotaajuus kannattaa varmistaa muistikamman kyljestä tai valmistajan ilmoittamista tuotetiedoista.

Mikäli tietokone ei suostu käynnistettäessä suorittamaan alkutestiä (POST), on ylikellotuksessa mennyt jotain pieleen. Tällöin tietokone ei suostu käynnistämään käyttöjärjestelmää eikä BIOSiin pääse. Tässä vaiheessa tietokoneen CMOS-muisti on tyhjennettävä, jotta BIOSin alkuperäiset asetukset voidaan palauttaa. CMOS-muistin tyhjennys on mahdollista tehdä irrottamalla emolevyllä oleva paristo muutaman minuutin ajaksi ja sitten asettamalla se takaisin paikoilleen. Emolevyllä saattaa myös olla jumppereita (pieni oikosulkupala) tai erillinen painike CMOS-muistin tyhjennykseen. CMOSin tyhjennyksestä löytyy yleensä lisätietoja emolevyn käyttöohjekirjasta.

### 5.3 Tulokset

Kun prosessori saatiin ylikellotettua kohdan 5.2 mukaisesti, saavutettiin prosessorille teoreettiseksi kellotaajuudeksi 4554 MHz. Todellinen kellotaajuus saattaa hiukan poiketa teoreettisesta kellotaajuudesta, mikä näkyy kuvassa 20 kohdassa Current CPU Speed. Prosessorin kellotaajuuden voi tarkistaa myös HWMonitor-ohjelman avulla. Myös muistikampojen kellotaajuus, CPU/NB Frequency ja HT Link Speed ovat hiukan kohonneet, koska prosessorin väylätaajuutta on kasvatettu. Prosessorille tehtiin lopuksi reilun tunnin mittainen vakaustesti, jonka aikana prosessorin kannan lämpötila kohosi 67 asteeseen ja ytimien lämpötila 61 asteeseen.



Kuva 20. Saavutetut asetukset ylikellotuksen yhteydessä.

Ennen ylikellotusta tietokoneen suorituskyky testattiin 3DMarkin Basic Edition Fire Strike (versio 1.1) ja Unigine Valley Benchmark -ohjelmien avulla. Kumpikin testi ajettiin kolmeen kertaan, jonka jälkeen tuloksista laskettiin keskiarvo. Unigine Valley Benchmark -ohjelman asetuksina käytettiin Extreme HD -esiasetusta. Vastaavat testit tehtiin myös ylikellotuksen jälkeen. Tulokset on kirjattu taulukkoon 4 käyttäen prosessorin teoreettista kellotaajuutta.

Taulukko 4. Suorituskykytestit ennen ja jälkeen ylikellotusta.

	Ylikellottamaton, AMD FX-8350 @ max 4200 MHz	Ylikellotettu, AMD FX-8350 @ 4554 MHz	Muutos (%)
Fire Strike, kokonaispistemäärä	10603	11363	7,2 %
Fire Strike, grafiikkatesti	18130	18200	0,4 %
Fire Strike, fysiikkatesti	7731	8731	12,9 %
Fire Strike, yhdistetty testi	2982	3377	13,2 %
Unigine Valley Benchmark	3093	3356	8,5 %

Taulukosta nähdään, että ylikellotuksella oli kohtalainen vaikutus tietokoneen suorituskykyyn. Grafiikkatestien välillä ei ollut juurikaan eroa, koska testi rasitti pääasiassa vain tietokoneen näytönohjainta.

## 5.4 Ylikellotuksen hyödyt ja haitat

Ylikellottamisen avulla tietokoneesta on mahdollista saada suorituskykyisempi. Prosessorille asetetut tehtävät saadaan suoritettua nopeammin, ja pieni suorituskyvyn paranus saattaa näkyä myös esimerkiksi videopeleissä.

Ylikellotukseen liittyy myös haittapuolia. Mikäli tietokoneen prosessoria ylikellotetaan liikaa tai väärin, saattaa sen elinikä lyhentyä tai pahimmassa tapauksessa se voi ylikellotuksen aikana vaurioitua. Väärin tehty ylikellotus voi vaurioittaa myös tietokoneen muita komponentteja, kuten emolevyä tai muistikampoja. Näiden lisäksi myös sähkönkulutus kasvaa, joka johtuu prosessorin ja emolevyn käytöstä poistetuista virransäästöominaisuuksista sekä prosessorin ja mahdollisesti muiden komponenttien tehon kasvusta.

## 6 Yhteenveto ja tulokset

### 6.1 Suunnitelmat ja rakennetun tietokonepöydän arviointi

Työtä varten jouduttiin tekemään paljon suunnittelua, jotta tietokonepöydästä saatiin myös mahdollisimman hyvin päivittäiseen käyttöön soveltuva pöytä. Kun pöydän mitat saatiin määriteltyä tarpeisiin sopiviksi, hankittiin materiaalit ja aloitettiin pöydän rakentaminen. Rakennusvaiheessa suunnitelmien mittoja noudatettiin mahdollisimman tarkasti, mikä näkyi lopputuloksessa. Pöydän osien välille ei jäänyt ylimääräisiä rakoja eikä mitoissa ollut huomattavia epätarkkuuksia sekä maalatusta pinnasta tuli hyvä ja kestävä. Säädetävien jalkojen ansiosta pöytää on mahdollista käyttää epätasaisemminkin pinnoilla eikä pöytä huuju tai natise.

Pöydän päälle asennetun karkaistun lasin ansiosta tietokoneen sisäpuoliset komponentit ovat helposti nähtävillä ja lasi kestää tarpeeksi rasitusta, jotta sen päälle voi asettaa useita näyttöjä tai muita oheislaitteita.

Työssä rakennetun tietokonepöydän varsinainen hyöty ei ole huomattava, mutta sen ansiosta erillistä tietokonekoteloa ei tarvita ja sisäpuolisia komponentteja on tarvittaessa helppo huoltaa tai vaihtaa. Pöydästä olisi mahdollista tehdä matalampi, mikäli esimerkiksi tuulettimet olisivat pienempiä ja näytönohjain voitaisiin asentaa vaakatasoon. Tosin

tällöin myös kovalevytelinettä jouduttaisiin madaltamaan yhden kovalevyn verran. Pöydän nykyisen korkeuden ansiosta sen sisäpuolelle on helppo tehdä muutoksia ja tarpeen tullen asentaa isompiakin komponentteja. Tietokonepöytää on myös mahdollista kehittää pidemmälle esimerkiksi asentamalla vesijäähdytysjärjestelmään toinen jäähdytin asennetun jäähdyttimen viereen.

Tässä insinööriyössä valmistunut tietokonepöytä oli projektina mielenkiintoinen, vaikka aikaa kuluikin runsaasti suunnitteluun ja rakentamiseen. Komponenttien asennus onnistui yllättävän helposti, ja saavutettuihin äänitasoihin, lämpötiloihin sekä ylikellotuksen tuloksiin oltiin tyytyväisiä.

## 6.2 Äänitaso- ja lämpötilatestien tulokset

Kun rakennetun pöydän äänitaso- ja lämpötilatestien tuloksia verrataan keskenään, saavutettiin selkeästi alhaisemmat äänitasot ja lämpötilat. Suurimpana vaikuttajana on vesijäähdytysjärjestelmä, mutta myös pöydän hyvä ilmanvaihto auttaa pitämään lämpötiloja alhaisempina. Mikäli pöydässä olisi käytetty prosessorin valmistajan alkuperäistä jäähdytintä, olisivat äänitaso ja lämpötilat olleet varmasti korkeampia.

## 6.3 Ylikellotuksen tulokset

Prossessorin ylikellotuksen ansiosta saavutettiin käytetystä testistä riippuen 7,2 - 13,2 % suorituskyvyn parannus, mikäli grafiikkatestiä ei oteta huomioon. Prossessorin ylikellotus ei vaikuta juurikaan grafiikkatestien tuloksiin.

Käytettyä prosessoria olisi mahdollista ylikellottaa enemmän, mutta tämä vaatisi tehokkaampaa jäähdytysjärjestelmää. Vesijäähdytysjärjestelmän prosessoriblokkia vaihtamalla tehokkaampaan olisi mahdollista alentaa prosessorin lämpötiloja, jolloin parempi ylikellotus olisi mahdollista. Myös isompi tai ylimääräinen jäähdytin auttaisi nesteen paremmassa jäähdytyksessä.

Käytetyllä kokoonpanolla saavutettiin tyydyttävä ylikellotustulos ilman, että prosessorin tai muiden komponenttien lämpötilat nousivat liikaa kovankaan rasituksen alla. Vakaus-

/rasitustestien aikana prosessorin ytimien lämpötila nousi 61 asteeseen, joka oli prosessorin ilmoitettu maksimilämpötila.

Muistien, CPU/NB Frequencyn ja HT Link Speedin kellotaajuutta kasvattamalla lisää olisi mahdollista saavuttaa suurempi suorituskyvyn parannus, mutta jo saatuihin tuloksiin verrattuna nousu olisi hyvin pieni. Lisäksi myös komponenttien lämmöntuotto kasvaisi ja järjestelmän toiminnassa ilmenee tällöin herkemmin epävakautta, joten konkreettista hyötyä siitä ei ole. Sen sijaan graafisia sovelluksia käytettäessä olisi suositeltavampaa harkita prosessorin ylikellotuksen lisäksi näytönohjaimen ylikellottamista, sillä näytönohjainta on hankalampi vaurioittaa pysyvästi. Esimerkiksi videopeleissä näytönohjaimen ylikellotuksella voidaan saavuttaa ylimääräinen 5 - 20 % suorituskyvyn parannus riippuen kokoonpanosta ja näytönohjaimen komponenttien laadusta. Näytönohjaimen ylikellotusta varten on olemassa ylikellotusohjelmistoja, kuten MSI Afterburner.

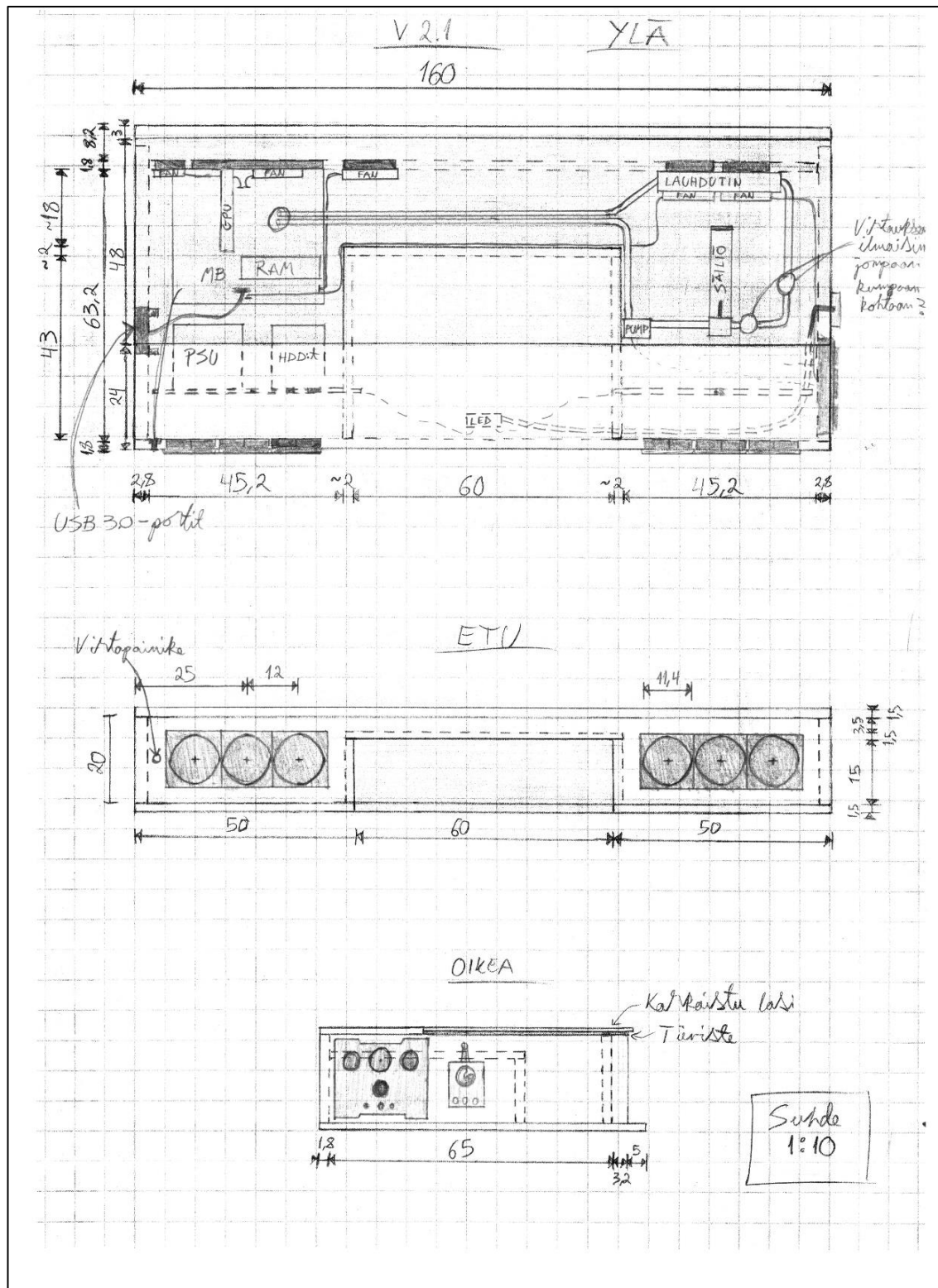


## Lähteet

- 1 Tietokoneen jäähdytys. Verkkodokumentti. <[https://fi.wikipedia.org/wiki/Tietokoneen\\_j%C3%A4%C3%A4hdytys](https://fi.wikipedia.org/wiki/Tietokoneen_j%C3%A4%C3%A4hdytys)>. Luettu 11.1.2017.
- 2 Vaneri. Verkkodokumentti. <<https://fi.wikipedia.org/wiki/Vaneri>>. Luettu 11.1.2017.
- 3 Pumppu. Verkkodokumentti. <<http://www.sidewindercomputers.com/dtdbco12vdc.html>>. Luettu 11.1.2017.
- 4 Main Cooling Unit - External View. Verkkodokumentti. <<https://www.pcper.com/reviews/Cases-and-Cooling/Zalman-Reserator-XT-Hybrid-Liquid-Cooling-System-Review/Main-Cooling-Unit->>. Luettu 11.1.2017.
- 5 Flow indicator/sensor. Verkkodokumentti. <<https://www.pcper.com/reviews/Cases-and-Cooling/Zalman-Reserator-XT-Hybrid-Liquid-Cooling-System-Review/Components-Contd>>. Luettu 11.1.2017.
- 6 Alphacool NexXoS X-Flow Series Radiators Announced. Verkkodokumentti. <[http://www.legitreviews.com/alphacool-nexxos-x-flow-series-radiators-announced\\_178851](http://www.legitreviews.com/alphacool-nexxos-x-flow-series-radiators-announced_178851)>. Luettu 11.1.2017.
- 7 Balancer 150 Black Nickel. Verkkodokumentti. <<http://www.tweaktown.com/reviews/6567/phobya-pure-performance-kit-240lt-cpu-cooler-review/index6.html>>. Luettu 11.1.2017.
- 8 TYGON® R-3603 Laboratory and Vacuum Tubing. PDF-tiedosto. <[http://www.cmscientific.com/info\\_sheets/FT-Tygon-R3603.pdf](http://www.cmscientific.com/info_sheets/FT-Tygon-R3603.pdf)>. Luettu 11.1.2017.
- 9 CF No.1 UV Red. Verkkodokumentti. <<http://nanoxia-world.com/en/products/cool-force/cooling-fluids-pro/309/cf-no.1-uv-red?c=95>>. Luettu 11.1.2017.
- 10 Spectre PRO™ Fans. Verkkodokumentti. <<https://www.bitfenix.com/global/en/products/accessories/spectre-pro#specs>>. Luettu 11.1.2017.
- 11 F8 Silent. Verkkodokumentti. <[https://www.arctic.ac/eu\\_en/f8-silent.html](https://www.arctic.ac/eu_en/f8-silent.html)>. Luettu 11.1.2017.
- 12 Asus Sabertooth 990FX R2.0. Verkkodokumentti. <[https://www.asus.com/Motherboards/SABERTOOTH\\_990FX\\_R20/overview/](https://www.asus.com/Motherboards/SABERTOOTH_990FX_R20/overview/)>. Luettu 11.1.2017.
- 13 AMD FX-8350. Verkkodokumentti. <<http://products.amd.com/en-us/search/CPU/AMD-FX-Series/AMD-FX-8-Core-Black-Edition/FX-8350/92>>. Luettu 11.1.2017.

- 14 ASUS ROG Strix GeForce GTX 1070. Verkkodokumentti. <<https://www.asus.com/uk/Graphics-Cards/ROG-STRIX-GTX1070-8G-GAMING/overview/>>. Luettu 11.1.2017.
- 15 Platinum 660. Verkkodokumentti. <<https://seasonic.com/product/platinum-660/>>. Luettu 11.1.2017.
- 16 Torture test your CPU with Prime95. Verkkodokumentti. <<http://www.playtool.com/pages/prime95/prime95.html>>. Luettu 11.1.2017.
- 17 Analysis of effect overclocking durability on Intel processor i5 4670K. Verkkodokumentti. <<http://ieeexplore.ieee.org.ezproxy.metropolia.fi/document/7577467/?part=1>>. Luettu 11.1.2017.
- 18 Mikroprosessori – historia ja toiminta (osa 1). Verkkodokumentti. <<http://muropaketti.com/artikkelit/prosessorit/mikroprosessori-historia-ja-toiminta-osa-1>>. Luettu 11.1.2017
- 19 Ylikellotuksen perusteet – teoria, lämmöntuotto, jäähdytys, käyttöjännite ja riskit. Verkkodokumentti. <<http://muropaketti.com/artikkelit/ylikellotus/ylikellotuksen-perusteet-teoria-lammontuotto-jaahdytys-kayttojannite-ja-riskit>>. Luettu 11.1.2017.
- 20 What does AMD Application Power Management (APM) and HPC Mode BIOS Settings do? Verkkodokumentti. <<http://www.ronwoods.us/2014/02/what-does-amd-application-power.html>>. Luettu 23.1.2017.
- 21 Beginners Guide: How to overclock AMD Processors FX-8350 Piledriver. Youtube-video. <<https://www.youtube.com/watch?v=MckeAmnDeTk>>. Katsottu 15.1.2017.

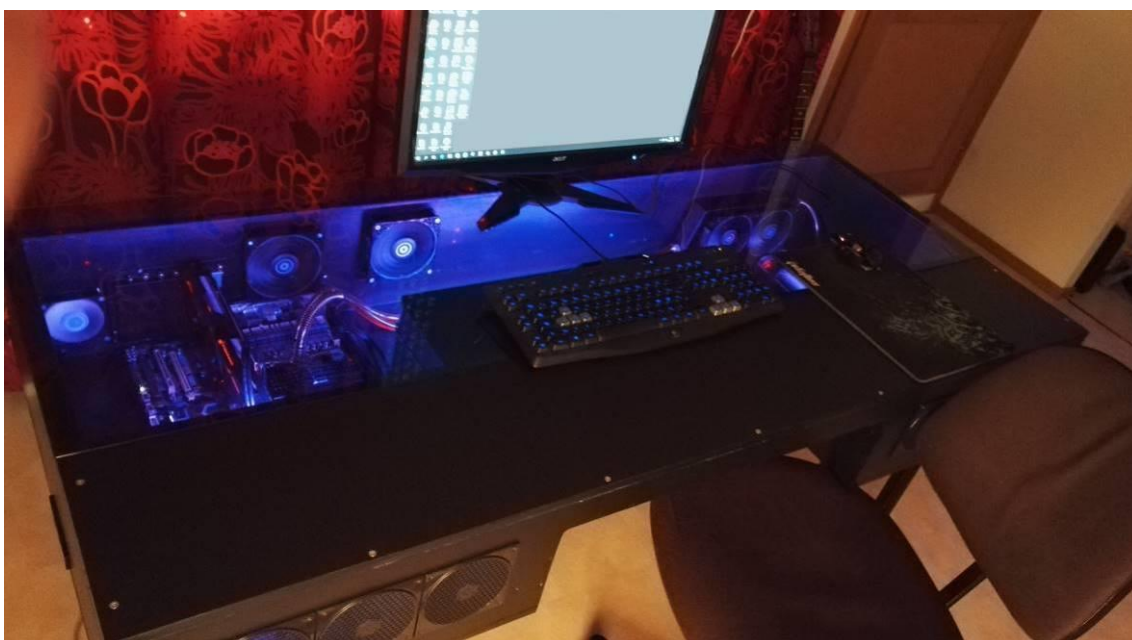
### Tietokonepöydän tekninen piirustus



## Lisäkuvat rakennetusta tietokonepöydästä



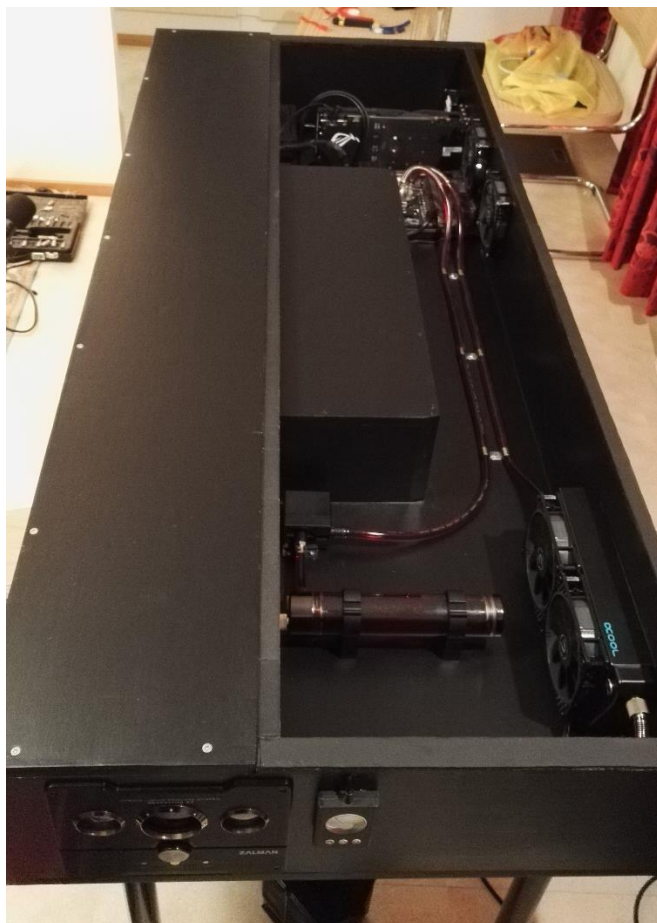
Kuva 21. Takapuolelta valmiista pöydästä otettu kuva ilman lasilevyä ja käsinojaa.



Kuva 22. Valmis tietokonepöytä käynnissä.



Kuva 23. Vesijäähdytysjärjestelmän ja valaistuksen säätöpaneelit.



Kuva 24. Kuva tietokonepöydän oikealta puolelta ilman lasilevyä.