

Anni Liljeqvist

BKG-vuodeanturin soveltuvuus vanhuksille ja erilaisiin mittausolosuhteisiin

Metropolia Ammattikorkeakoulu

Insinööri (AMK)

Hyvinvointiteknologian koulutusohjelma

Insinöörityö

2.5.2016

Tekijä(t) Otsikko Sivumäärä Aika	Anni Liljeqvist BKG-vuodeanturin soveltuvuus vanhuksille ja erilaisiin mit- tausolosuhteisiin 40 sivua + 8 liitettä 2.5.2016
Tutkinto	Insinööri (AMK)
Koulutusohjelma	Hyvinvointiteknologian koulutusohjelma
Suuntautumisvaihtoehto	Terveysteknologia
Ohjaaja(t)	Lehtori Sakari Lukkarinen Tutkimuspäällikkö Sampo Nurmentaus
<p>Tämän insinöörityön aiheena on ballistokardiografiaan (BKG) perustuvan vuodeanturin mit- tausolosuhteiden vaikutuksen tutkiminen sen tuottamaan signaaliin. Työssä tutkitaan myös anturin soveltuvuutta iäkkäiden henkilöiden elintoimintojen mittaamiseen pitkällä aikavälillä. Mittaukset iäkkäillä testihenkilöillä suoritettiin Palomäen palvelukeskuksessa, Porvoossa. Työn tilaaja on Murata Electronics Oy.</p> <p>Työn tavoitteena on tutkia, löytyykö mittausolosuhteista ja vanhuksista epäsuotuisia tekijöitä vuodeanturin signaalin kannalta, eli tilanteita, joissa anturin tuottama signaali on voimakkuu- deltaan heikkoa, tai sitä ei saada lainkaan. Työssä myös kirjataan signaalin kannalta suotui- sat tapaukset ja raportoidaan tuloksissa.</p> <p>Työn teoriaosuudessa taustoitetaan ihmisen anatomiaa ja fysiologiaa sydämen ja verenkierron sekä hengityksen osalta. Tutkimuksissa käytettävä vuodeanturi mittaa sydämen ja ve- renkierron aiheuttamat voimat kiihtyvyyksianturilla, joka esitellään teoriaosuudessa. Työssä tutustutaan myös vuodeanturiin sekä sen käyttöliittymään.</p> <p>Työn mittaustulokset on esitetty työn liitteissä, joissa on raportoitu signaalin voimakkuudet erilaisilta patjoilta ja sängyiltä sekä vanhuksilta mitattuna. Mittaustulosten perusteella voi ha- vaita anturin soveltuvan normaalipainoisille, liikkumaan kykeneville henkilöille. Vanhuksilla mitatuista signaaleista matalimmat voimakkuudet saatiin vuodepotilailla, joista osalla signaa- lia ei pysty erottamaan sängyn kohinasosta. Siksi tämän työn perusteella vuodeanturia ei voi suositella vuodepotilaille.</p> <p>Tuotetta ei ole aiemmin testattu iäkkäillä testihenkilöillä, joten mittaustulokset antavat en- nennäkematonta tietoa Muratalle vuodeanturin soveltuvuudesta iäkkäille henkilöille. Tulosten avulla Murata Electronics Oy pystyy suosittelemaan asiakkailleen vuodeanturin käytölle sopivia mittausolosuhteita. Niiden avulla osataan myös kertoa, minkälaisia ominaisuuksia tuotteen loppukäyttäjällä voi olla, sekä minkälaiset ominaisuudet rajoittavat tuotteen käyttöä. Koska mitattua dataa kertyi hyvin paljon. Tässä työssä mittaustulokset on analysoitu karke- asti. Työlle olisikin mahdollista tehdä jatkotutkimus, jossa vanhuksista mitattuja signaaleja tutkitaan tarkemmin ja saadaan yksityiskohtaisempia tietoja tuotteesta ja sille soveltuvista mittausolosuhteista.</p>	
Avainsanat	BKG, ballistokardiografia, vuodeanturi, jatkuva mittaus

Author(s) Title	Anni Liljeqvist Aptitude of BCG bed sensor to elderly and different measurement conditions
Number of Pages Date	40 pages + 8 appendices 2 May 2016
Degree	Bachelor of Engineering
Degree Programme	Health Informatics
Specialisation option	Healthcare technology
Instructor(s)	Sakari Lukkarinen, Senior Lecturer Sampo Nurmentaus, Project Manager
<p>The purpose of this study was to investigate the results of bed sensor measurements based on ballistocardiography (BCG) and especially how the measurement environment affects the signal produced by the sensor. The study also explores how the sensor suits the long-term vital function measurement of elderly persons. The main objective of this study is to find out any unfavorable factors in the measurement environments and test subjects that affect the strength of the bed sensor's signal. This study was carried out for Murata Electronics Ltd.</p> <p>The measurements of the test subjects were performed in a sheltered home of Palomäki in Porvoo, Finland. The theory in this study focuses on the anatomy and physiology of human being in terms of heart, circulation of blood and breathing. The bed sensor used in this research measures forces caused by heart and circulation of blood by an accelerometer. The outcomes are introduced in the appendices which report on the strengths of the signals from different beds and mattress types, and from test subjects.</p> <p>Based on the measurement results, it can be stated that the sensor adapts best to persons who are normal weight and who have normal mobility. The lowest signals were produced by immobile test subjects, and some of the signals were so weak that it was impossible to separate the signal from other noise. Therefore, based on the research, the bed sensor cannot be recommended to immobile, bed-ridden patients.</p> <p>The bed sensor had not been tested on elderly test subjects before, and therefore Murata is now able to recommend suitable measurement environments for its clients. Through the outcomes, Murata can also determine what kind of user's personal features are favorable, and which features restrict the use of the sensor. Since the amount of data collected was large, the results have not been analyzed in depth. Therefore it is possible to perform a continued study in which the signals are examined more exactly and thus receive more detailed information from the product and suitable measurement environments.</p>	
Keywords	BCG, ballistogardiography, bedsensor, long-term measurement

Sisällys

Lyhenteet

1	Johdanto	1
2	Työn taustaa	2
2.1	Sydämen rakenne ja toiminta	2
2.2	Hengitys	5
2.3	Kiihtyvyys	6
2.4	SCA61T-kiihtyvyyssanturi	7
2.5	Ballistokardiografia	8
2.6	BKG-signaali	9
3	SCA11H-vuodeanturi	11
3.1	SCA10H-moduuli	11
3.2	SCA11H	12
3.3	Graafinen käyttöliittymä	14
4	Mittaukset sängyn ja patjojen vaikutuksesta	16
4.1	Mittausten empiirinen toteutus	16
4.2	Mittaustulokset sängyn ja patjojen vaikutuksesta	20
5	Mittaukset palvelutalossa	23
5.1	Mittausten empiirinen toteutus	23
5.2	Mittaustulokset	28
6	Johtopäätökset	34
7	Yhteenveto	35
	Lähteet	38
	Liitteet	
	Liite 1. Mittauspöytäkirja 1	
	Liite 2. Mittauspöytäkirja 2	
	Liite 3. Tutkimuslupahakemus	
	Liite 4. Esitietolomake	
	Liite 5. Tiedote tutkimukseen osallistuville	

Liite 6. Suostumus tutkimukseen osallistumisesta

Liite 7. Esitietotaulukko

Liite 8. Mittauspöytäkirja 3

Lyhenteet

3D	3-Dimensional, Kolmiulotteinen
BCG / BKG	Ballistocardiography / Ballistokardiografia
GUI	Graphical user interface, Graafinen käyttöliittymä
HRV	Heart Rate Variability, Sykevälivaihtelu
MEMS	Micro Electro Mechanical Systems, Mikro-elektromekaaninen järjestelmä
SNR	Signal to Noise Ratio, Signaali-kohinasuhde
UART	Universal Asynchronous Receiver Transmitter, sarjaliikennepiiri
WiFi	Lähiverkkotekniikka

1 Johdanto

Suomen väestöstä 17,5 prosenttia on yli 65-vuotiaita. Iäkkäiden määrä on yhä kasvussa; ennusteen mukaan yli 65-vuotiaiden osuus väestöstä kasvaa lähes 30 prosenttiin vuoteen 2060 mennessä. [1.] Samaan aikaan nuorten osuus väestöstä pienenee, ja väestöllinen huoltosuhde heikkenee [2]. Iäkkäiden määrän kasvu vaikuttaa huomattavasti sosiaali- ja terveyspalveluihin. Iäkkäiden ihmisten kotona pärjäämisen merkitys korostuu, sillä laitospaikkoja ei voi lisätä samassa suhteessa, missä iäkkäiden osuus väestöstä kasvaa. Kasvavasta vanhusväestöstä tulee huolehtia ja heidän terveydentilaa seurata, vaikka taloudelliset resurssit on pidettävä pieninä. Onkin kehitettävä uusia, edullisia, toimintamalleja vanhusten kotona elämisen tukemiseen ja heidän terveydentilan seurantaan. [3.]

Murata Electronics Oy:n SCA11H-vuodeanturi on täysin ihmiseen kajoamaton laite, jolla voi seurata vuoteessa olevan henkilön elintoimintojen tilaa jatkuvalla mittauksella. Vuodeanturi mittaa sydämen ja verenkierron aiheuttamia voimia, mikä perustuu ballistokardiografiaan (BKG). Anturi myös laskee sisältämänsä algoritmin avulla sykkeen, sykevälivaihtelun, sydämen iskutilavuuden, sekä hengitystiheyden arvoja. Kyseiset tiedot on mahdollista lähettää esimerkiksi terveydenhuollon ammattilaiselle pilvitallennusta hyödyntäen tai kerätä paikalliselle tietokoneelle myöhempää tarkastelua varten.

Tämän työn tarkoituksena on tutkia SCA11H-vuodeanturille soveltuvia mittaolosuhteita. Työssä tarkastellaan, miten erilaiset vuoteet, patjat sekä iäkkäiden testihenkilöiden ominaisuudet vaikuttavat vuodeanturin signaaliin ja mittaustuloksiin. Työ aloitetaan taustoitamalla sydämen ja keuhkojen rakennetta ja toimintaa. Lisäksi työssä tarkastellaan, minkälaisia voimia sydän aiheuttaa ja miten niitä mitataan ballistokardiografian avulla. Työssä tutustutaan myös tarkemmin SCA11H-vuodeanturiin sekä sen toimintaperiaatteeseen.

Tutkimuskysymysten pohjalta suoritetaan kolme mittausta, jotka esitellään luvussa 4. Ensimmäisessä ja toisessa mittauksessa tutkitaan erilaisten vuoteiden ja patjojen vaikutusta vuodeanturin tuottamaan signaaliin. Kyseisen mittauksen avulla pyritään selvittämään minkälaisilla sängyillä ja patjoilla anturia kannattaa - ja minkälaisilla ei kannata - käyttää. Mittauksissa myös tutkitaan, vaikuttaako anturin sijainti vuoteessa mittaustulok-

seen. Toinen mittaus suoritetaan Palomäen palvelukeskuksessa, Porvoossa. Palvelukeskuksessa tehtävien mittausten avulla tarkastellaan, minkälaista signaalia vanhuksista saadaan sekä minkälainen tilastollinen jakauma testihenkilöiden erillisten ominaisuuksien vaikutuksesta syntyy mittaustuloksissa.

Lopuksi työssä tarkastellaan mittaustulokset ja tehdään niiden johtopäätökset. Viimeisessä luvussa kootaan työn yhteenveto, jossa käydään läpi, miten työssä onnistuttiin sekä työn haasteet ja sen hyödyllisyys.

Työn tilaaja on Murata Electronics Oy, joka on erikoistunut matalan kiihtyvyyden, kalliituksen, kulmanopeuden ja paineen mittaamiseen. Yrityksen valmistamat anturit perustuvat 3D (3 dimensional) MEMS (micro electro mechanical systems, mikro elektro-mekaaninen) -teknologiaan. Yhtiön toiminta on alkanut vuonna 1991, jolloin perustettiin VTI Hamlin Oy. Myöhemmin nimi vaihtui VTI-Techonologies Oy:ksi. Murata Electronics -nimen alla yritys on toiminut vuodesta 2012, jolloin se siirtyi japanilaisen Murata Manufacturingin omistukseen. Konsernin on perustanut Akira Murata vuonna 1944, ja sen pääkonttori sijaitsee Kiotossa, Japanissa. [4; 5.]

2 Työn taustaa

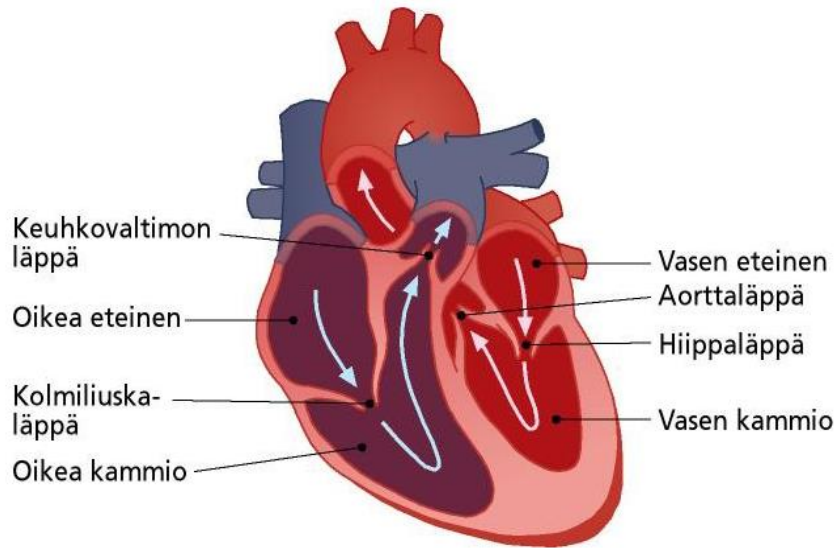
Tässä luvussa käsitellään sydämen rakennetta ja toimintaa sekä hengityksen toiminta-periaatetta. Tämä toimii perustana ballistokardiografialle, jota käsitellään jälkimmäisessä osassa tässä luvussa. Ballistokardiografiasta tarkastellaan hieman historiaa ja toiminta-periaatetta. Viimeiseksi tässä luvussa käsitellään BKG-signaalia ja siihen vaikuttavia tekijöitä.

2.1 Sydämen rakenne ja toiminta

Sydän on ontto lihas, joka koostuu pääosin väsymättömästä lihaskudoksesta. Se sijaitsee vasemmalla puolella rintaontelossa, keuhkojen välisessä tilassa. Sydän koostuu vasemmasta ja oikeasta puoliskosta, joissa molemmissa on oma eteinen ja oma kammio. Kuvassa 1 on näkyvillä sydämen kammiot ja eteiset halkaistussa sydämessä. Kuvassa on näkyvillä myös eteisten ja kammioiden välissä olevat eteiskammio-läpät (kolmiliuska-

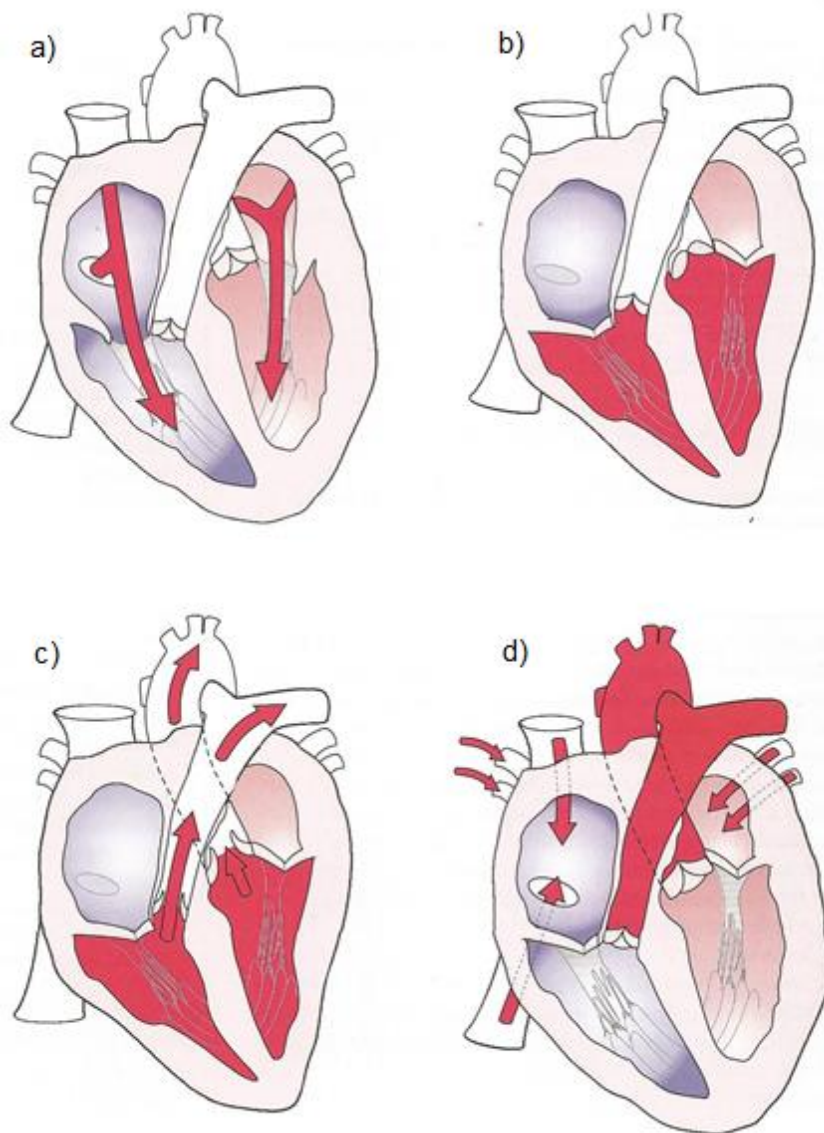
ja hiippaläppä) ja kammioiden ja valtimoiden välissä olevat kammio-valtimoläpät (keuhkovaltimon- ja aorttaläppä). [6, s. 186-187; 7, s. 103-105.]

Sydämen toimintakierrossa vuorottelee kaksi vaihetta; supistumisvaihe systole sekä lepo- vaihe diastole. Yhtä kokonaista toimintakiertoa kutsutaan sykliksi. Molemmat sydämen puoliskot toimivat samassa tahdissa eteisten ollessa aina hieman edellä kammiota. [6, s.194.]



Kuva 1. Sydämen rakenne [8]

Sykli alkaa sähköisen herätteen syntyessä sinussolmukkeessa, joka sijaitsee oikean eteisen yläosassa. Siitä ärsyke leviää eteisiin, jotka supistuvat (eteissystole). Tällöin eteisten veri siirtyy kammioihin, eli kammioiden täytyminen tehostuu (kuva 2 kohta a). Sähköinen johtuminen eteisestä kammioon on hidasta, mikä antaa kammioiden täyttymiselle riittävästi aikaa (kuva 2, kohta b). Kammiosystole alkaa kammioiden väliseinästä ja sydämen kärjestä kohti ulosvirtauskanavia. Kun kammioiden paine on suurempi kuin eteisten, eteiskammioläpät sulkeutuvat passiivisesti, veren työntäminä. Kammio-valtimoläpät avautuvat kun kammio-paine on suurempi kuin valtimoiden diastolinen paine. Tällöin veri alkaa virrata aorttaan, ja edelleen valtimoihin (kuva 2, kohta c). Hetken aikaa kammioiden ja valtimoiden alkuosissa on suunnilleen sama paine. Kammioiden supistuminen loppuu, kun systole päättyy, ja kammio-valtimoläpät sulkeutuvat (kuva 2, kohta d). Kun kammiodiastolen alkaessa kammio-paine laskee alle eteis-paineen, eteis-kammioläpät avautuvat, ja sykli alkaa uudelleen alusta. [6, 194-195; 9, s 37-38.]



Kuva 2. Sydämen toimintakierto [7, s.113]

Jokaisen systolen aikana sydänlihas pumppaa sekä aorttaan että keuhkovaltimorunkoon noin 70 millilitraa verta. Tätä yhden sydämeniskun pumppaamaa veren tilavuutta kutsutaan iskutilavuudeksi. Kun sydämeniskut lasketaan yhden minuutin ajalta, saadaan syketaajuus. Aikuisen ihmisen sydämen syketaajuus eli syke on noin 60-80 lyöntiä minuutissa. Iskutilavuuden ja sykkeen avulla voi laskea sydämen minuuttitilavuuden kaavalla

$$\text{iskutilavuus} * \text{syke} = \text{minuuttitilavuus.}$$

(1)

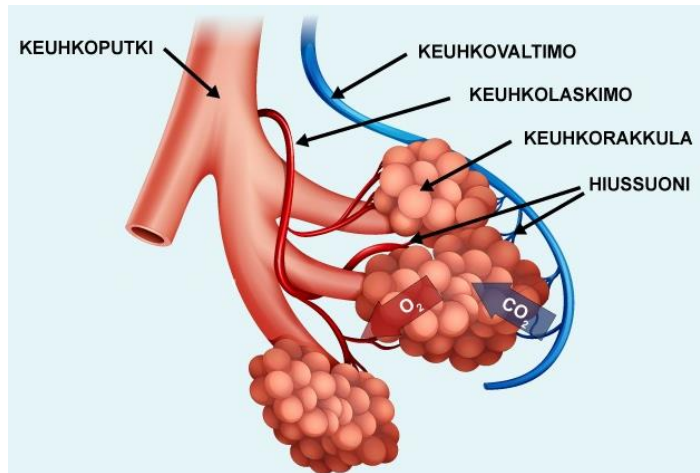
Minuuttitulavuudella tarkoitetaan yhden sydänpuoliskon kautta virtaavaa verimäärää minuutissa. Perusterveellä aikuisella minuuttitulavuus on levossa noin 5 litraa. [6, s. 194-195]

Sydämen sykkeiden välinen aika ei ole vakio, vaan vaihtelee autonomisen (tahdosta riippumattoman) hermoston käskyjen mukaan. Kyseistä vaihteluväliä kutsutaan sykeväli-vaihteluksi (Heart Rate Variability, HRV). [9.] Autonomiseen hermostoon kuuluu sekä sympaattinen- että parasympaattinen osa, jotka ovat vuorovaikutuksessa keskenään. Sympaattinen- ja parasympaattinen osa toimivat samanaikaisesti, mutta niiden vaikutukset elimistöön ovat vastakkaisia. [11.]

Sympaattisen hermoston vaikutuksesta syke nopeutuu ja sykevälivaihtelu pienenee. Tämä voi johtua esimerkiksi fyysisestä rasituksesta tai stressistä. Parasympaattisen hermoston vaikutuksesta sydämen rytmi päinvastoin hidastuu ja sykevälivaihtelu kasvaa. Näin tapahtuu esimerkiksi levon ja palautumisen aikana. Sykevälivaihtelun avulla voidaan siis saada tietoja ihmisen autonomisen hermoston tilasta, sekä soveltaen stressistä, kuormituksesta, sekä palautumisesta. [6 s. 225-226; 9.]

2.2 Hengitys

Hengityksellä tarkoitetaan hapen siirtymistä ilmasta soluihin ja hiilidioksidin siirtymistä soluista ilmaan. Kaasujen vaihto tapahtuu keuhkoissa, joiden keuhkorakkuloissa ilmasta sisäänhengityksen aikana saatu happi siirtyy vereen ja veressä edelleen kudoksiin ja kudosten kautta soluihin (kuva 3). Hengitys myös tuottaa ja poistaa hiilidioksidin elimistöstä. Myös hiilidioksidi kulkee verenkierron mukana. Se siirtyy verenkierrosta keuhkovaltimoon ja edelleen hiussuonten kautta keuhkorakkuloihin, josta se vapautuu uloshengityksen mukana pois elimistöstä. Hengityselimiin kuuluvat hengitystiet ja keuhkot. Hengitystä säätelee autonominen hermosto. Hengityksessä vaihtelee sisään- ja uloshengitys, joiden toimintaan käytetään hengityslihaksia. Aikuisen normaali hengitystaajuus eli hengitystiheys on noin 12-14 hengitystä minuutissa levossa. Hengitystiheydellä siis tarkoitetaan sitä sisään-ulos-hengitysten määrää, jonka ihminen ehtii minuutissa hengittää. [6, s. 259, 276.]



Kuva 3. Kaasujen vaihtuminen keuhkorakkuloissa [12].

2.3 Kiihtyvyys

SCA11H-vuodeanturissa sydämen ja verenkierron aiheuttamat voimat mitataan kiihtyvyysanturilla. Kiihtyvyys (a) voidaan määrittää Newtonin toisen lain avulla, jos kappaleen massa (m) ja siihen vaikuttavat voimat (F) tiedetään:

$$F = m * a. \quad (2)$$

Kiihtyvyys saadaan johtamalla kaava muotoon:

$$a = \frac{F}{m}. \quad (3)$$

Kiihtyvyys voidaan ilmoittaa myös nopeuden ja ajan avulla, koska se kuvaa kappaleen nopeuden muutosta tietyllä aikavälillä:

$$a = \frac{\Delta v}{\Delta t}, \quad (4)$$

jossa Δv on nopeuden ja Δt ajan muutos. Kiihtyvyyden yksikkö SI-järjestelmässä on m/s^2 . Kiihtyvyys on vektorisuure, eli sillä on aina suunta ja suuruus. Kiihtyvyyden aiheuttaa ympäristöstä kappaleeseen kohdistuvat voimat. Maan painovoima aiheuttaa sen vaiku-

tusalueella oleville kappaleille putoamiskiihtyvyyden, (g), mikä on noin $9,81 \text{ m/s}^2$. Kiihtyvyyssanturien yhteydessä kiihtyvyys ilmoitetaan usein suhteessa putoamiskiihtyvyyteen maan pinnalla. [13, s. 64, 104-106.]

2.4 SCA61T-kiihtyvyyssanturi

Muratan SCA61T-tuote (kuva 4) on kapasitiivinen 3D MEMS -anturi. Anturia käytetään pääasiassa kallistuksen ja kaltevuuskulman mittaamiseen. Kallistus ja kaltevuuskulma havaitaan mittaamalla painovoiman aiheuttamia kiihtyvyyden muutoksia mitta-akseliensa suunnassa. Kiihtyvyyserot ovat hyvin pieniä ja hitaasti muuttuvia, joten kyseinen anturi on optimaalinen myös BKG-vuodeanturiin kiihtyvyyksien mittaamiseen. Anturi on yksiakselinen, eli sillä voidaan mitata kiihtyvyyttä ja kallistusta yhdestä suunnasta. Vuodeanturissa kiihtyvyyssanturi on sijoitettu niin, että se mittaa kiihtyvyyksiä ihmisen pituus-suunnassa (kuva9). [14; 15; 16.]

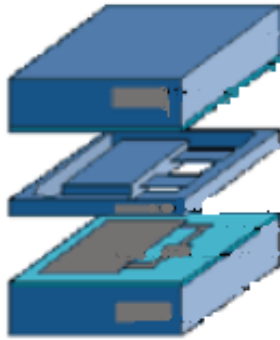


Kuva 4. SCA61T-kiihtyvyyssanturi [14]

Anturi koostuu rakenteellisesti kolmesta eri piikerroksesta, jotka on erotettu toisistaan lasilla (kuva 5). Keskimmäisessä kerroksessa on reunoihin jousilla kiinnitetty piimassa, joka taipuu ylös tai alaspäin kiihtyvyyden vaikutuksesta. Piimassan molemmilla puolilla ovat kapasitanssit, joista toinen kasvaa ja toinen pienenee, kun piipalkki liikkuu. Kahden levyn välinen kapasitanssi c saadaan kaavalla

$$C = K\epsilon_r \frac{A}{d}, \quad (5)$$

jossa K on väliaineen dielektrisyysvakio, ϵ_r suhteellinen permittiivisyys, A levyjen yhteinen pinta-ala ja d levyjen välinen etäisyys. Kiihtyvyyden mittausta perustuu tähän kapasitanssin muutoksen havainnointiin. [15; 16.]



Kuva 5. Kapasitiivisen anturin rakenne [16]

2.5 Ballistokardiografia

Muratan SCA11H-vuodeanturi perustuu ballistokardiografiaan. Ballistokardiografia on noninvasiivinen menetelmä sydämen ja verenkierron toiminnan tutkimiseen. Se perustuu Newtonin kolmanteen lakiin, jonka mukaan jokaisella voimalla on yhtä suuri, mutta vastakkaisuuntainen voima. Kun sydän supistuu ja veri syöksyy kohti aorttaa (kuva 2 d.), keho liikaa hieman vastakkaiseen suuntaan. Kyseisen ballistisen voiman havaitsi ensimmäisenä J. W. Gordon jo vuonna 1877. Ballistokardiografia kehiteltiin kuitenkin vasta vuonna 1939, Isaac Starrin ja hänen työtovereidensa toimesta. Menetelmän käyttöä ei tuolloin jatkettu, koska signaalinkäsittely ja tulosten luotettava analysointi ei ollut vielä tuolloin mahdollista. Nykyaikaisten signaalinkäsittelyn ja kehittyneemmän teknologian ansiosta kiinnostus ballistokardiografiaan on jälleen lisääntynyt. [13, s. 117; 17.]

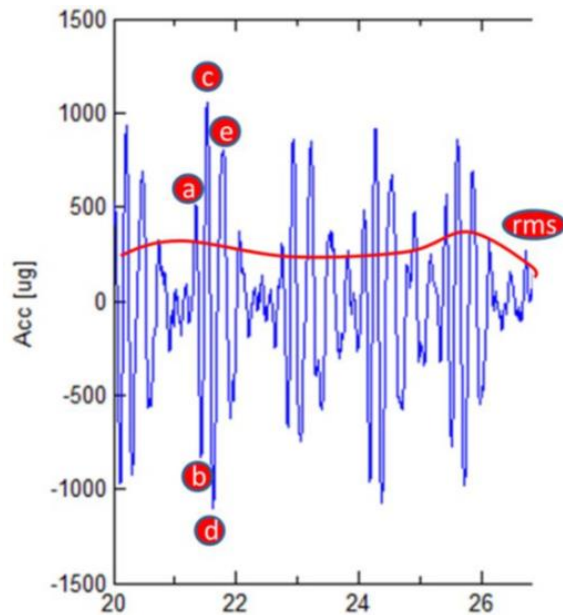
Sydämen ja verenkierron mekaanista voimaa voidaan ballistokardiografiaan perustuvilla menetelmillä mitata esimerkiksi kiihtyvyydianturilla, pietsosähköisellä anturilla tai venymäliuska-anturilla. Käytetty anturi vaikuttaa laitteiston tuottaman BKG-signaalin muotoon. Useimmat ballistokardiografiaan perustuvat mittauslaitteistot on suunniteltu vuodeantureiksi, mutta myös prototyyppejä ballistokardiografiaan perustuvasta istuimesta [15] ja vaa'asta [16] on kehitelty. Useimmat ballistokardiografiaan perustuvat menetelmät

mittaavat kehon pituusakselin suuntaisia voimia, jotka ovat vahvimpia ja helpoiten tulkittavissa. [17; 20.]

Tässä työssä käytetyssä mittauslaitteistossa sydämen ja verenkierron aiheuttamat voimat mitataan alustasta, jolla henkilö makaa. Siksi mittausalustan ominaisuudet, kuten sen materiaali ja jäykkyys, vaikuttavat oleellisesti anturilla mitattuun signaaliin, ja ylipääntään siihen, saadaanko signaalia mitattua. Kun sydän aiheuttaa värähtelyä kehossa, myös alusta alkaa värähdellä, mikäli se ei ole liian jäykkä ja vaimenee. Muratan SCA11H-vuodeanturia voidaan tulla käyttämään myös olosuhteissa, joissa vuode on melko jäykkä. Tässä työssä tutkitaan erilaisten sänkyjen ja patjojen vaikutusta BKG-signaaliin sekä kuinka jäykällä sänky-patja variaatiolla signaali pystytään havaitsemaan. Kyseiset tutkimukset ja niiden tulokset on esitetty luvuissa 4 ja 5. [20; 21.]

2.6 BKG-signaali

Ballistokardiografiaan perustuvan mittauksen tuloksena saatavaa signaali, ballistokardiogrammi, kuvaa sydämen ja veren toimintakierron vaiheita, sekä niiden aiheuttamia mekaanisia vaikutuksia ajan suhteen graafisesti. Kun sydän supistuu, se liikkuu hieman ja saa myös veren liikkumaan kehossa. Veren virtaus aiheuttaa liikettä verisuonissa, mikä liikuttaa myös niiden lähellä olevaa kudosta. Tällöin ihmisen sisäinen massakeskipiste siirtyy liikkeen suuntaan ja aiheuttaa myös rekyylivoiman, jolloin ihmisen keho siirtyy vastakkaiseen suuntaa. Näitä kehon massojen aiheuttamia voimia ja niiden rekyylivoimia, jotka toistuvat sykleittäin sydämen toimintakierron tahdissa, voidaan mitata ballistokardiografialla. [21.]



Kuva 6. Tyypillinen BKG-signaali [21]

Tyypillinen BKG-käyrä on esitetty kuvassa 4. Syklin aluksi veri syöksyy aorttaan ja siitä edelleen valtimoihin, sisäisen massakeskipisteen siirtyessä kohti päätä. Kuvan 4 signaalissa tämä näkyy muutoksena kohdasta a b:hen, jolloin rekyylivoiman aiheuttamana ihmisen keho liikkuu vastakkaiseen suuntaan. Kiihtyvyyden suunta kääntyy (b-c, kuva 4), kun aortta kääntyy alaspäin. Veren edetessä verisuoniin kiihtyvyys pienenee ja massakeskipiste siirtyy kohti jalkoja. Kiihtyvyys vaihtaa suuntaa suunnilleen samaan aikaan kun aorttaläppä sulkeutuu (c-d, kuva 8). Sen jälkeen signaali vaimenee (d-e..., kuva 8). Signaalin vaimetessa sen amplitudiin vaikuttaa vuoteen vaimennustekijät. [21.]

BKG-laitteistosta saatavaan signaaliin vaikuttaa sekä mittausympäristö että mitattava henkilö. Jokaisella ihmisellä on ainutlaatuinen BKG-signaali, johon monet ihmisen ominaisuudet vaikuttavat. Vaikuttavia tekijöitä ovat ihmisen fyysiset ominaisuudet, kuten pituus, paino, terveydentila ja kehon koostumus. Kehon eri osat ja kerrokset vaimentavat mitattavaa signaalia eri tavoin. Myös muut ihmisen ominaisuudet, kuten ikä ja elämäntavat, esimerkiksi fyysinen aktiivisuus ja tupakointi vaikuttavat BKG-signaaliin. [17.]

Koska signaalin taso on melko heikko, mittausympäristöstä aiheutuu signaaliin helposti sekä mekaanista että sähköistä häiriötä. Mitä herkempi anturi mittauslaitteistossa on käytössä, sitä enemmän ja laajemmalla alueella ympäristö aiheuttaa häiriötä. Signaaliin vaikuttaa mm. kaikenlainen ympäristöstä tuleva tärinä, ilmastointi, läheinen liikenne ja liikkuvat ihmiset sekä sähköiset laitteet. [17-]

3 SCA11H-vuodeanturi

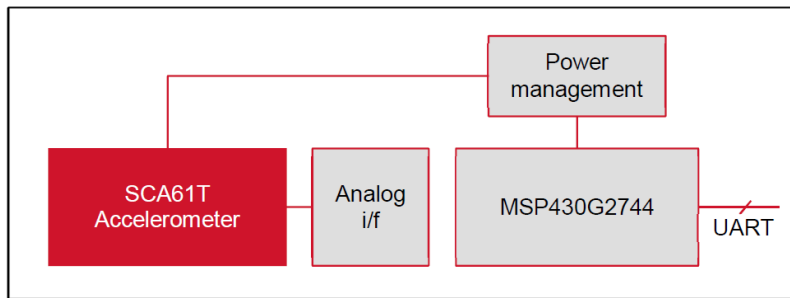
Tämä luku koostuu kahdesta osasta: Ensimmäisessä osassa esitellään SCA11H-vuodeanturin sisältävä piirilevy-moduuli ja sen toimintaperiaate. Luvun toisessa osassa esitellään SCA11H-vuodeanturi, sen käyttökohteita ja toimintaperiaate. Lopuksi tässä luvussa esitellään vuodeanturin graafinen käyttöliittymä, jossa voi tarkastella joko vuodeanturin raakasignaalia tai vaihtoehtoisesti BCG-dataa.

3.1 SCA10H-moduuli

SCA11H-vuodeanturi sisältää piirilevy-moduulin (kuva 7), joka koostuu Muratan SCA61T-kiihtyvyyssanturista sekä Texas Instrumentsin MSP430G2744-mikrokontrollerista. Kiihtyvyyssanturi mittaa sydämen ja verenkierron tekemän mekaanisen voiman, joka muunnetaan virrasta (i) jännitteeksi (f). Digitaalinen signaali prosessoidaan mikrokontrollerissa. Kyseinen tapahtumasarja on kuvattu kuviossa 1. [22]



Kuva 7. SCA10H-moduuli [22]



Kuvio 1. SCA10H-moduulin lohkokaavio [22]

3.2 SCA11H

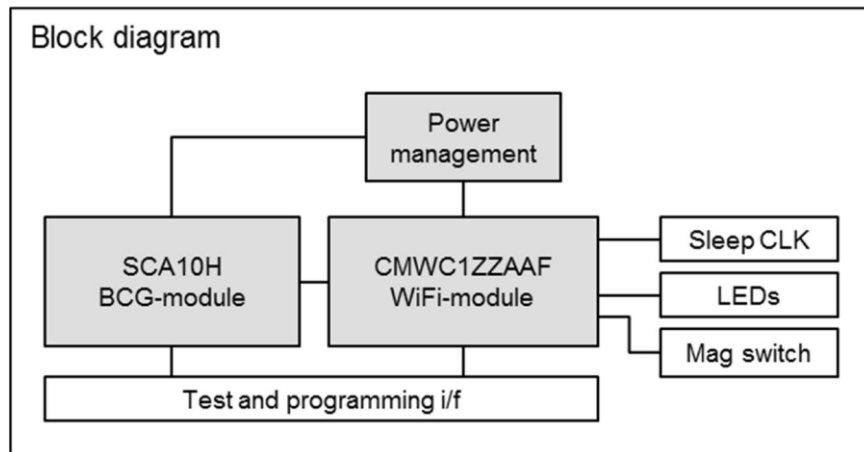
Muratan SCA11H-tuote (kuva 5) on BKG:aan perustuva vuodeanturi. BKG-mittaus tapahtuu ilman kosketusta ihmiseen, joten se soveltuu hyvin pitkän aikavälinkin mittaukseen. Anturia voidaan hyödyntää esimerkiksi sairaaloissa, vanhusten hoidossa tai kotihoidossa. Anturi mittaa sydämen ja verenkierron aiheuttamia voimia, joiden perusteella saadaan tietoja mm. henkilön elintoiminnoista. Anturin avulla saadaan tietoja myös sängyn käyttöasteesta, sekä mitattavan henkilön liikkuvuudesta tai liikkumattomuudesta, jota voidaan hyödyntää esimerkiksi painehaavojen ennakoimisessa. Myös unenlaadun, stressin ja palautumisen seuraaminen on mahdollista vuodeanturin avulla. [23.]



Kuva 8. SCA11H-vuodeanturi ja virtalähde

Pienikokoinen (83,7 x 40,7 x 17,6 mm³) vuodeanturi sisältää BKG-moduulin ja WiFi-sovittimen, ja se toimii verkkovirralla. Anturin tuottaman signaalin ulostulo taajuus on 1 Hz,

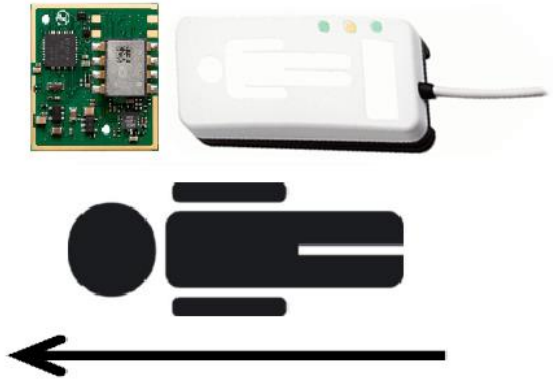
eli mittausdata raportoidaan kerran sekunnissa. Kuviossa 2 on esitetty anturin toiminta yleisellä tasolla. SCA10H-moduulin kiihtyvyyssanturi mittaa vuoteesta signaalia ja muuntaa mitatun virran taajuudeksi. BKG-moduuli on yhteydessä WiFi-moduuliin, joka lähettää tiedot tietokoneelle tai pilveen. [23]



Kuvio 2. Vuodeanturin lohkokkaavio [23]

Anturissa on kolme tilaa eri toimintoja varten: konfiguraatio-, pilvitallennus- ja paikallinen tallennustila. Anturin sivussa olevat led-valot kertovat anturin tilasta. Niiden avulla myös nähdään, onko anturi liittynyt verkkoon. Ennen anturin käyttöönottoa sen asetukset tulee muokata konfigurointitilassa. Konfigurointitilassa tulee anturin pohjassa magneetilla kiinni oleva levy ottaa anturista irti. Kyseisessä tilassa anturi luo oman lähiverkon ja toimii verkkopalvelimella. Laitteen asetuksia pystytään muokkaamaan käyttämällä internetse-lainta. [23]

Asetuksissa on mahdollista määrittää BKG-mittaukseen liittyvät asetukset, mittausten tallennusmuoto, verkon asetukset sekä kalibroida anturi. Kalibrointi on mahdollista tehdä myös graafisen käyttöliittymän kautta. Anturin käyttö vaatii kantavuusalueeltaan lähiverkkoa, johon anturi lisätään. Verkon avulla anturin mittaustulokset voidaan siirtää joko tietokoneelle, tai pilveen. Mikäli mittaustulokset tallennetaan pilveen, tulee lähiverkossa olla myös internetyhteys. [24.]

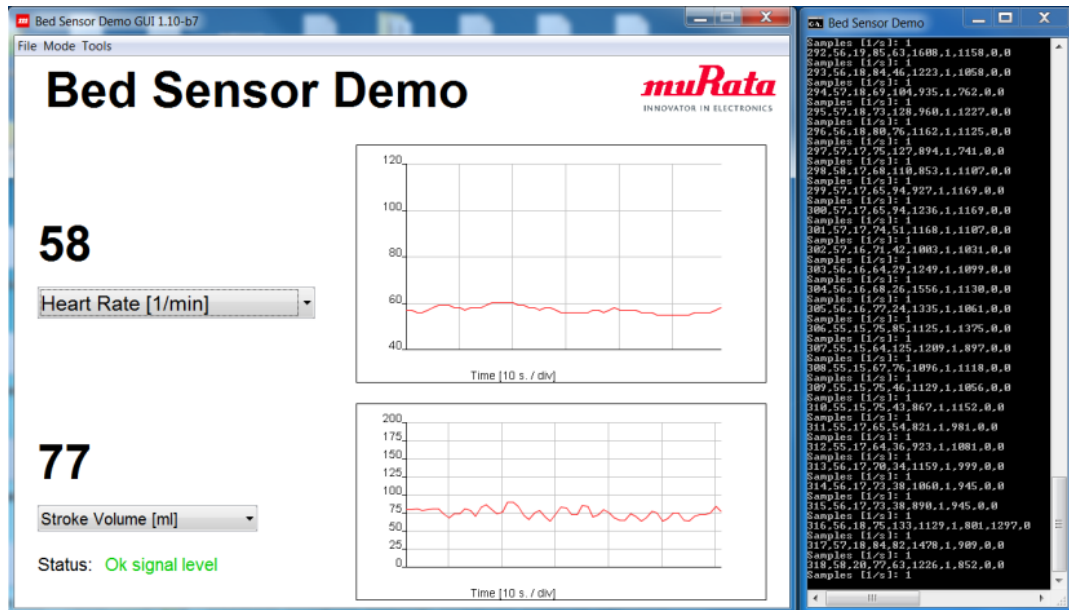


Kuva 9. Testihenkilön asento suhteessa anturiin ja BKG-moduuliin [22; 23]

Laite sijoitetaan sänkyyn. Anturin optimaalisinta sijaintia sängyssä tutkitaan tässä työssä. Kyseinen tutkimus ja sen tulokset esitellään luvuissa 4, 5 ja 6. Anturi tulee sijoittaa siinä olevan kuvan mukaisesti (kuva 6), jotta yksiakselinen kiihtyvyyssanturi mittaa ihmisen pituussuunnassa tapahtuvan kiihtyvyyden, jonka sydän ja verenkierto aiheuttavat. [22.]

3.3 Graafinen käyttöliittymä

Vuodeanturille on kehitetty graafinen käyttöliittymä, jota voi käyttää BCG (kuva 7) tai raakadata -tilassa (kuva 8). Molemmissa tiloissa varsinaisen käyttöliittymän lisäksi avautuu debuggeri-ikkunat, joiden avulla on mahdollista tarkastella ohjelman virheitä ja oikeellisuutta mittauksen aikana (kuvissa 7 ja 8 oikeassa reunassa olevat ikkunat). Käyttöliittymästä on mahdollista kalibroida anturi tai muokata parametrit manuaalisesti sekä aloittaa mittaustulosten tallennus. [21.]



Kuva 10. Näkymä BCG -tilassa [21]

BCG-näkymässä voi tarkastella kahta mittausparametria samaan aikaan, kuten kuvassa 8, näkyvillä syke (Heart Rate) ja sydämen iskutilavuus (Stroke Volume). Muut parametrit ovat hengitystiheys ja sykevälivaihtelu. Kyseisten parametrien lisäksi debuggeri-ikkunassa tulostuvat aika, signaalin voimakkuus ja status (asteikolla 0-4) sekä sykkeestä-sykkeeseen-aika. Data tallettuu muodossa:

"11,53,8,78,105,2092,1,1268,0,0

12,53,8,83,82,2121,1,1042,0,0

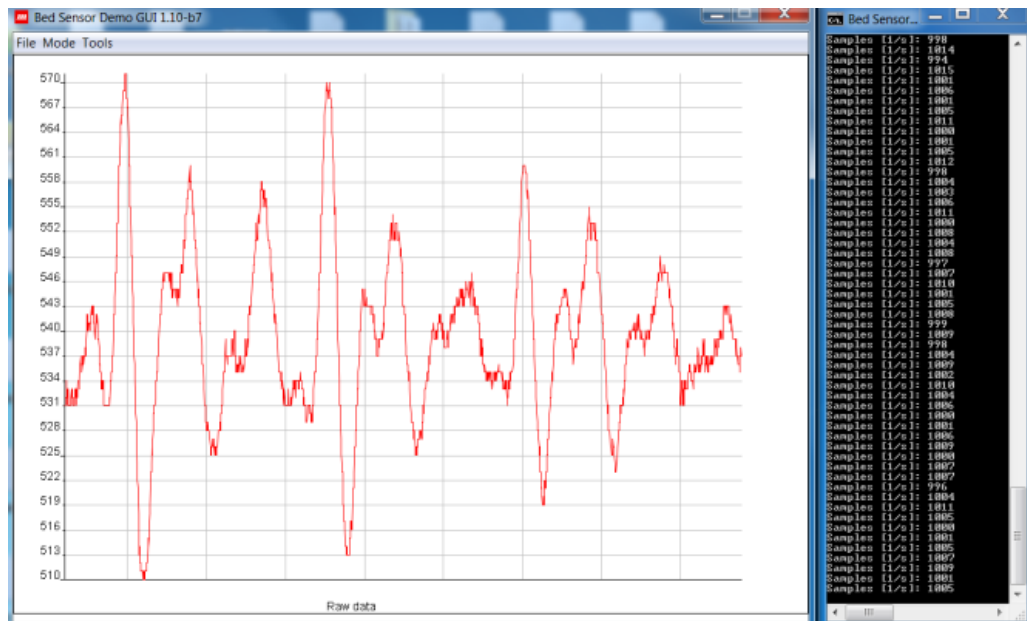
13,53,8,85,52,1997,1,1058,0,0

14,54,8,86,30,1748,0,1061,0,0

15,55,11,76,64,2501,1,872,0,0...".

Parametrit tulostuvat 1Hz:n taajuudella, eli kerran sekunnissa. BKG-signaalia voi tarkastella raakadata-tilassa (kuva 9). Kuvaajassa kiihtyvyyttä esitetään ajan funktiona. Raakadata-tilan debuggeri-ikkunassa näkyy raakadata näyte sekunnissa. Tiedot tallentuvat 1 kHz taajuudella, eli 1000 näytettä sekunnissa muodossa:

"0248,024a,0249,0248,0245...". [24.]



Kuva 11. Näkymä raakadata-tilassa [21]

4 Mittaukset sängyn ja patjojen vaikutuksesta

4.1 Mittausten empiirinen toteutus

Mittaukset sänkyjen ja patjojen vaikuttavuudesta signaaliin tehtiin kahdessa osassa. Molemmat mittaukset suoritettiin Murata Electronics Oy:n tiloissa. Mittausten tarkoituksena oli tarkastella erilaisten patjojen ja sänkyjen vaikutusta vuodeanturin tuottamaan signaaliin. Mittaukset toteutettiin kahdella eri mittauskerralla, joista ensimmäisissä mittauksissa tarkasteltiin erilaisten sänkyjen vaikutusta ja toisella mittauskerralla erilaisten patjojen vaikutusta BKG-signaaliin. Ensimmäisellä mittauskerralla tutkittiin lisäksi anturin optimaalisinta paikkaa sängyssä, joiden tuloksia voitiin hyödyntää toisissa mittauksissa.

Mittaukset suoritettiin tehdasalueella olevassa toimistorakennuksessa, jossa ympärillä olevia häiriötekijöitä olivat lähellä olevat sähköiset laitteet, langattomat verkot, toimistotyöntekijät ja ilmastointi. Koska tuotetta tullaan käyttämään ympäristössä, jossa myös on häiriötekijöitä, ei niitä pyritty testimittauksissa vähentämään. Mittauksissa oli kaksi testihenkilöä, joista ensimmäistä mitattiin tutkittaessa erilaisten sänkyjen vaikutusta ja toista tutkittaessa erilaisten patjojen vaikutusta signaaliin.



Kuva 12. BCG-anturit sairaalasängyssä, jossa vaahtomuovipatja

Ensimmäiset mittaukset suoritettiin kolmella erilaisella sängyllä: sairaalasängyllä (kuva 12), puisella sängyllä (IKEA Sultan Luröy, kuva 13) sekä runkopatjalla (IKEA Sultan Slåstad, kuva 14). Mittauksissa oli käytössä kaksi erilaista patjaa: vaahtomuovinen (kuva 12) sekä ilmatäytteinen patja (kuva 13). Kaikilla mittauskerroilla patjan päällä oli myös sijauspatja. Yhteensä mittauksissa käytettyjä erilaisia sängyn ja patjan yhdistelmiä oli viisi. Ensimmäisissä mittauksissa tutkittiin myös, mihin kohtaan sänkyä tai patjaa anturi kannattaa sijoittaa ja onko sijainnilla ylipäättään merkitystä. Mittauspisteitä oli minimissään kolme ja maksimissaan kuusi. Kaikki mittauspisteet on esillä mittauspöytäkirjassa liitteessä 1. Yhteensä mittauksia suoritettiin 23 kappaletta.



Kuva 13. Puusänky, ilmapatja ja kaksi vuodeanturia

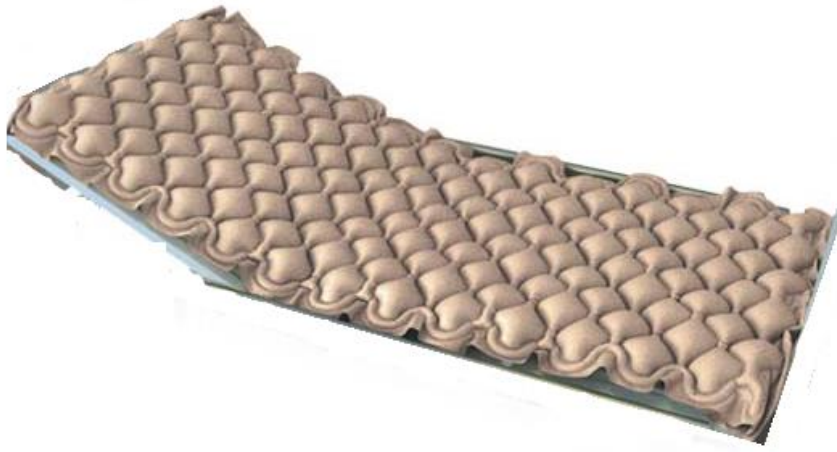


Kuva 14. Runkopatja ja kaksi vuodeanturia sijoitettuna sängyn runkoon

Toisissa mittauksissa käytettiin samaa sairaalasänkyä ja samaa puusänkyä kuin ensimmäisissä mittauksissa. Mittausten testipatjoiksi valikoitiin patjoja, joita tyypillisesti käytetään kiinalaisissa vanhainkodeissa. Näin pyrittiin jäljittelemään mittausympäristöä, jossa SCA11H-tuotetta mahdollisesti tullaan käyttämään. Toisissa mittauksissa oli yhteensä kolme erilaista patjaa A (kuva 15), B (kuva 16) ja C (kuva 17). Patjan A täyte koostui kahdesta kerroksesta: yläpuolella luonnonkuitu seos ja alapuolella tiheää vanua (kuva 15 vasen yläkulma). Patjat B ja C olivat ilmatäytteisiä. Mittaukset suoritettiin yhteensä 17:stä eri mittauspisteestä, jotka ovat esillä mittauspöytäkirjassa 2 (liite 2). Ensimmäinen mittaus, joka tehtiin patjalla A, tehtiin kaksi kertaa, joista ensimmäisellä kerralla patja oli vanukerros yläpuolella. Kaikissa muissa mittauksissa patja oli toisinpäin.



Kuva 15. Patja A ja sen täyte vasemmassa yläkulmassa



Kuva 16. Patja B



Kuva 17. Patja C

Molemmat mittaukset suoritettiin kahden vuodeanturin avulla. Toisella anturilla kerättiin anturin raakadataa ja toisella BCG-dataa. Molempia mittaustietoja kerättiin minuutin ajan. Ennen testihenkilöllä suoritettuja mittauksia mitattiin tyhjän sängyn signaalitaso. Mittausta varten talletettiin 30 sekuntia tyhjästä sängystä saatua dataa. Tyhjän sängyn signaalitason voidaan olettaa olevan sama huolimatta anturin sijainnista sängyssä. Siksi tyhjän sängyn signaalia ei ole mitattu kaikista pisteistä, vaan käytetty arvoa, joka lähes vastaavasta kohdasta on mitattu. Kyseiset arvot on merkitty mittauspöytäkirjaan huomiovärillä.

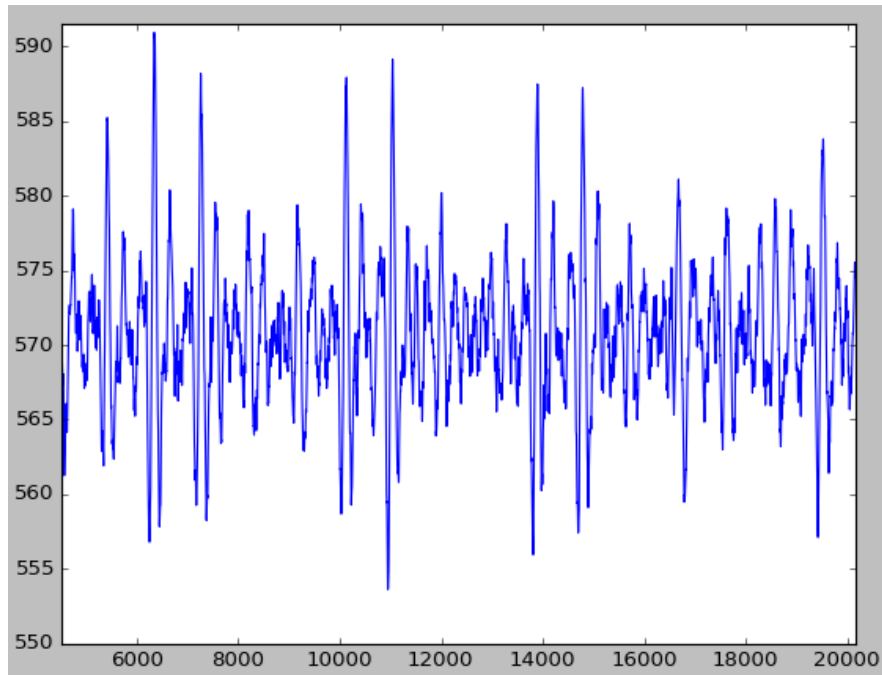
4.2 Mittaustulokset sängyn ja patjojen vaikutuksesta

Molemmista mittauksista raportoitiin BCG-signaalin voimakkuus sekä tyhjällä sängyllä että sängyllä, jossa oli testihenkilö (liite 1 ja liite 2). Signaalin voimakkuus laskettiin tyhjällä sängyllä 30:n ja testihenkilöllä 60 näytteen keskiarvosta. Arvoista laskettiin lisäksi niiden erotus (deltasignaali) sekä suhde (signaali-kohinasuhde, SNR). Kyseinen suhdeluku kuvaa, kuinka suuri henkilöstä saatu signaali on. Mitä suurempi suhde on, sitä voimakkaampi on signaali. Lisäksi raakasignaalia arvioitiin kvalitatiivisesti asteikolla 0-3 (0 = ei signaalia, 1 = heikko signaali, 2 = hyvä ja 3 = korkea). Laatuarviointi on yhden henkilön subjektiivinen näkemys signaalin laadusta, mikä tulee ottaa huomioon tuloksia tarkasteltaessa.

Ensimmäisissä mittauksissa signaalin voimakkuuden arvo kaikissa sängyissä tyhjänä oli noin 200. Ainoa poikkeus on sairaalasängyllä ja vaahtomuovipatjalla tehty mittaustulos pisteessä 4, jossa on tapahtunut todennäköisesti mittaustulosten virhe, koska tulos 678 poikkeaa oleellisesti muista tyhjän sängyn mittaustuloksista. Kyseistä mittaustulosta ei siksi ole huomioitu myöhemmässä tarkastelussa.

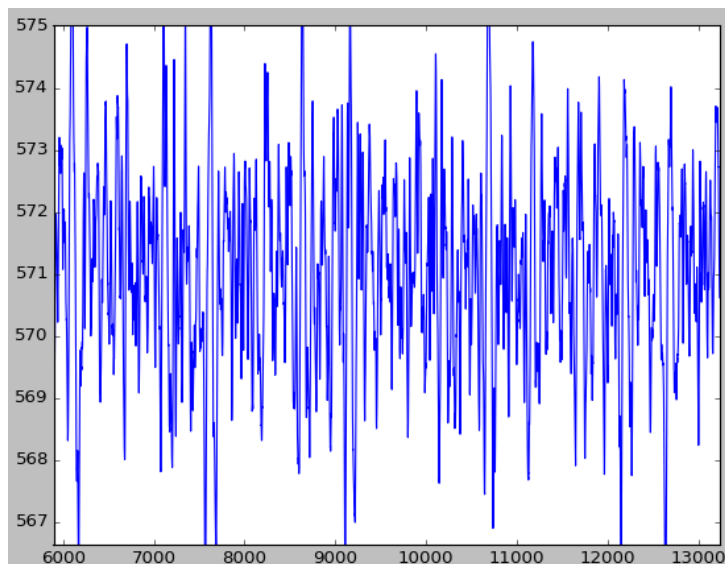
Signaalin voimakkuuden mittaustuloksissa ei ole suuria eroavaisuuksia eri sängyjen tai patjojen vaikutuksista. Tulokset vaihtelevat 500...1000 arvojen välillä, keskiarvon ollessa noin 600. Poikkeuksena runkopatja, jonka signaalin voimakkuuksien keskiarvo oli korkeampi, noin 850, sekä puusänky ilmapatjalla, jossa keskiarvo oli matalampi, noin 400.

Ensimmäisissä mittauksissa suurin signaali-kohinasuhde oli 4,5, joka saatiin sairaalasängyllä ja ilmapatjalla. Anturit olivat keskellä runkoa. Samasta paikasta mitattu raakasignaali näytti laadullisesti hyvältä (arvio 3), eli signaalista voi helposti erottaa sydämen sykkeet. Kyseinen tulos on saatu toisella mittauskerralla samasta paikasta, jossa ensimmäisellä kerralla tulos oli 3,1. Mittausten välillä ei tehty mitään tietoisia muutoksia. Mittaus uusittiin, koska ensimmäisellä mittauskerralla raakasignaali näytti silmämääräisesti huonolta (arvio 0). Toistamalla mittaustulos raakasignaali näytti laadukkaammalta (arvio 3, kuva 18).



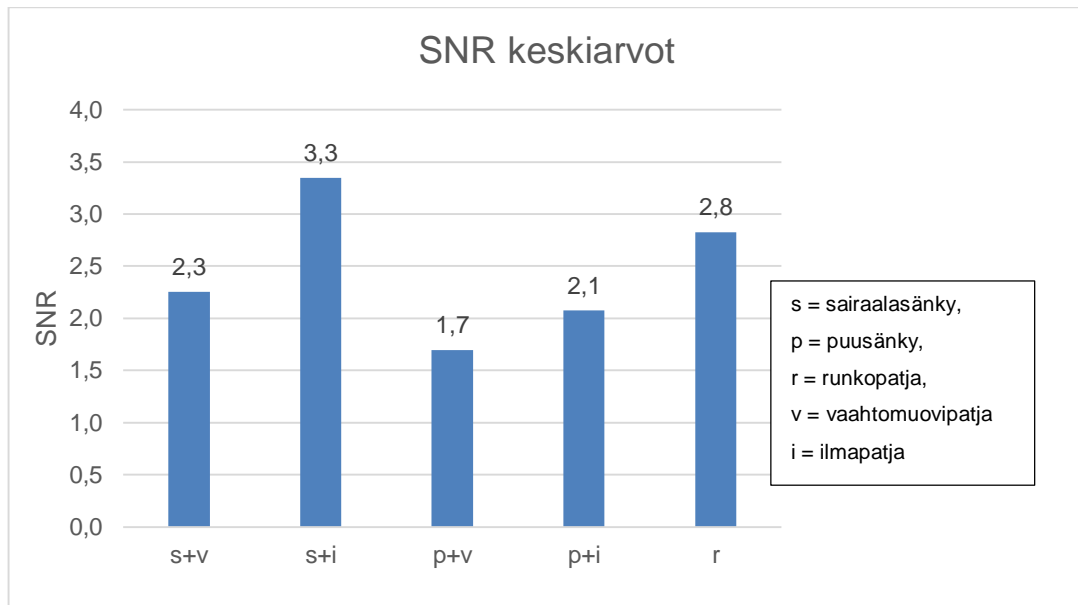
Kuva 18. Hyvälaatuinen signaali mitattuna sairaalasängystä ilmapatjalla

Signaalikohinasuhteiden keskiarvo ensimmäisissä mittauksissa oli 2,5. Mittausten pienin suhde, 1,0, saatiin puusängyllä, jossa oli vaahtomuovipatja. Anturit oli sijoitettu sängyn runkoon. Myös silmämääräisesti signaali näytti huonolaatuiselta (0), eli siitä ei pystytty havaitsemaan sydämen sykkeitä (kuva 19).



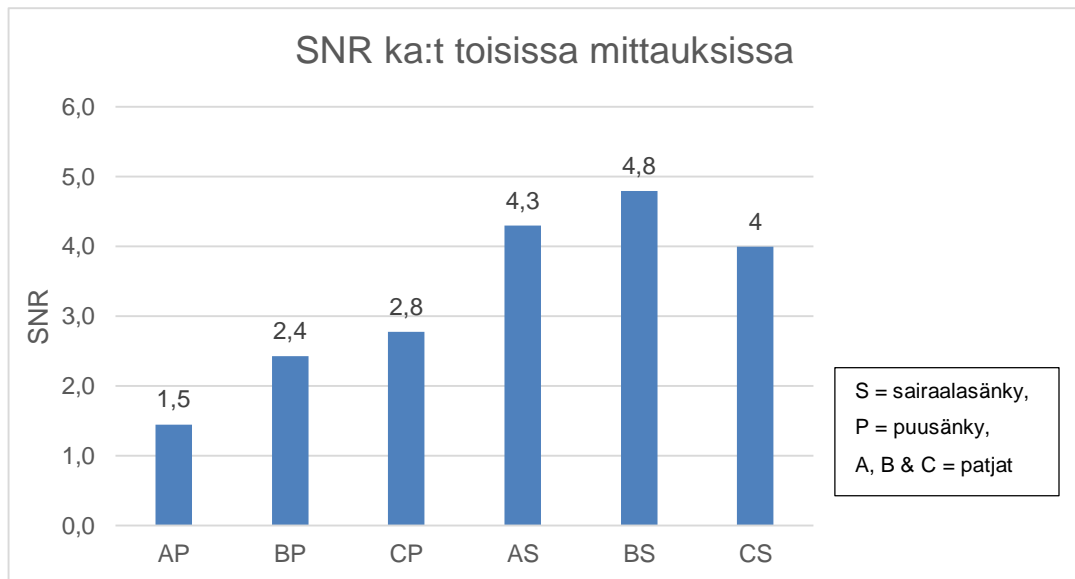
Kuva 19. Huonolaatuinen signaali puusängyn rungosta mitattuna

Kuviossa 3 on esitetty kaikkien sänky-patjavariaatioiden signaali-kohinasuhteiden keskiarvot. Suurin suhde on sairaalasängyllä ja ilmapatjalla: 3,2. Pienin signaali-kohinasuhde, 1,7, saatiin puusängyllä ja vaahtomuovipatjalla. Kyseisissä tuloksissa tulee ottaa huomioon, että erilaisilta patjojen ja sängyjen yhdistelmiltä ei ole mitattu yhtä monta mittaustulosta. Eniten mittauspisteitä oli sairaalasängyllä ja ilmapatjalla, joita oli kahdeksan kappaletta. Muilta sängyn ja patjan yhdistelmiltä otettiin kolme tai neljä otosta.



Kuvio 3. Signaali-kohinasuhteiden keskiarvot erilaisilla patjoilla ja sängyillä

Toisissa mittauksissa suurin signaali-kohinasuhde, 4,8, saatiin sairaalasängyllä ja patjalla B. Anturit oli sijoitettu lähelle testihenkilön päätä sängyn runkoon. Myös muut sairaalasängyillä tehdyistä mittauksista olivat lähes samaa tasoa. Kuviossa 4 on näkyvissä niiden arvot, sekä puusängyllä tehtyjen mittausten keskiarvot patjojen mukaan luokiteltuna. Pienin signaali-kohinasuhde, 1,2, saatiin puusängyllä ja patjalla A tehdystä mittauksesta, jossa anturit oli sijoitettu patjalle, lähelle testihenkilön päätä.



Kuvio 4. Signaali-kohinasuhteiden keskiarvo toisissa mittauksissa

Tuloksia tarkasteltaessa voi havaita ensimmäisten mittausten signaalien voimakkuuksien olevan hieman matalampi kuin toisissa mittauksissa. Koska ensimmäisissä ja toisissa mittauksissa oli eri testihenkilö, eikä heistä ole tiedossa fyysisiä mittoja tai muita esitietoja, ei tulosten vertailu keskenään ole mielekäästä.

5 Mittaukset palvelutalossa

5.1 Mittausten empiirinen toteutus

Palvelutalossa suoritettujen mittausten perusteella haluttiin selvittää, minkälaisia signaalia iäkkäiltä testihenkilöiltä vuodeanturilla saadaan. Lisäksi tarkasteltiin tilastollisen jakauman muodostumista koehenkilöiden esitietojen vaikutuksesta. Tutkimuksen avulla pyrittiin myös saamaan tietoa siitä, minkälaisiin olosuhteisiin vuodeanturi ei sovellu.

Mittaukset suoritettiin Palomäen palvelukeskuksessa Porvoossa. Palomäen palvelukeskus on 55-paikkainen tehostetun palveluasumisen yksikkö vanhuksille, muistisairaille ja vammaisille. Palveluasunnot ovat yhden hengen huoneita. Ennen tutkimuksen aloittamista tuli Porvoon kaupungilta hakea tutkimuslupa (liite 3) ja esittää tutkimussuunnitelma. Tutkimussuunnitelmassa esitettiin tutkimuksen taustaa sekä sen tarkoitusta ja hyödyllisyyttä. Suunnitelmassa myös käytiin läpi tutkimuskysymykset ja tutkimuksen

suunniteltu toteutustapa. Lisäksi lopuksi pohdittiin tutkimuksen eettisyyttä sekä luotettavuutta.

Tutkittavilta, tai hänen edunvalvojaltaan, pyydettiin lupa ennen mittausten suorittamista. Suostumus tutkimukseen osallistumisesta on esitetty liitteessä 4. Tutkittaville annettiin tietoa tutkimuksesta (tiedote tutkittavalle liite 5), ja se perustui vapaaehtoisuuteen. Tutkimuksesta ei aiheutunut minkäänlaista haittaa tutkittaville: se oli täysin vaaraton ja kivuton ja perustui fyysiseen koskemattomuuteen. Tutkittavilla oli oikeus keskeyttää tutkimus koska tahansa sen aikana tai kieltäytyä siitä täysin. Tutkimuksia tehdessä tuli ottaa huomioon testien suorittaminen henkilöiden omissa huoneissaan, jotka ovat verrattavissa yksityisasuntoon. Tutkimuksia tehdessä noudatettiin tutkittavien henkilöiden yksityisyydensuojaa, sekä ymmärrettiin asunnon merkitys turvapaikkana, jota suojaa perustuslaki [25].

Mittauksiin osallistuneilta henkilöiltä kerättiin ennakkotiedot esitietolomakkeella (liite 6) ennen mittauksen aloittamista. Esitiedoissa kysyttiin henkilön sukupuoli, ikä, pituus ja paino sekä oliko hänellä verenpainelääkitystä tai sydänsairautta. Esitiedoissa kerättiin myös tiedot henkilöiden fyysisestä aktiivisuustasosta sekä mahdollisista liikkumisen apuvälineistä, joita henkilö käyttää. Fyysinen aktiivisuus arvioitiin asteikolla 1-5, jossa 1 kuvaa täysin autettavaa vuodepotilasta, 2 vuodepotilasta, joka kykenee kääntymään sängyssä, 3 henkilöä, joka liikkuu avustettuna, 4 henkilöä, joka liikkuu itsenäisesti apuvälineitä käyttäen ja 5 henkilöä, joka liikkuu täysin itsenäisesti. Esitietolomakkeen parametrit valikoitiin niin, että tutkimusluvassa esitetty fyysinen koskemattomuus testihenkilöön toteutui. Näin ollen suunnitelluista parametreista verenpaine ja syke jäivät pois, koska niiden mittaamiseen olisi tarvittu fyysistä kosketusta.



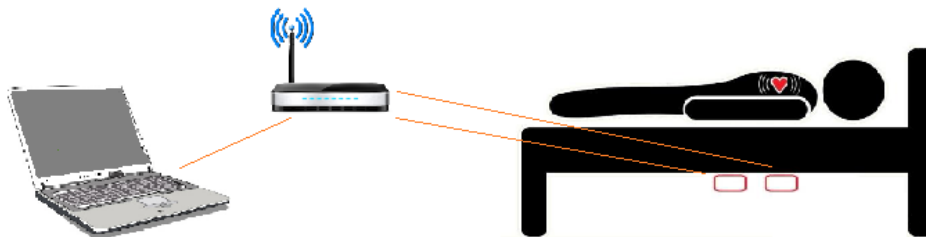
Kuva 20. Sänkytyypit palvelutalon mittauksissa [26; 27; 28; 29]

Kaikki palvelutalossa suoritettut mittaukset on tehty sairaalasängyissä, joissa oli metallinen runko ja renkaat. Renkaat olivat lukittuina mittausten ajan testihenkilöiden turvallisuuden takia. Yhteensä mittauksissa oli neljä erilaista sänkymallia (kuva 20). Yhdestä sänkytyypistä oli käytössä kaksi erilaista laitamallia (kuva 20, C1 ja C2). Sängyissä, joissa mittaukset suoritettiin, viidessä oli sähkötoiminen ilmapatja, joka ehkäisee makuuhaavoja, muissa vaahtomuovipatja.

Kohderyhmänä toimi satunnaisotanta palvelukeskuksen asukkaista, $N=20$, jossa 15 naista ja 5 miestä. Koehenkilöt numeroitiin numeroin 1-20. Henkilöt olivat 58-93-vuotiaita, ja testiryhmän keski-ikä oli 82 vuotta. Otoksen pituus jakautui 147 ja 175 senttimetrin välille. Ryhmän keskipituus oli 170 senttimetriä. Henkilöiden paino vaihteli 34 ja 90 kilogramman välillä. Testihenkilöiden esitiedot on kerätty taulukkoon (liite 7).

Testihenkilöiden liikuntakyky vaihteli suuresti: kolme heistä oli vuodepotilaita, viisi henkilöä kykeni liikkumaan avustettuna, yhden testihenkilön liikuntakyky vaihteli päivän mukaan ja 11 kykeni liikkumaan itsenäisesti, joista yksi ilman apuvälineitä. Apuvälineinä käytettiin pyörätuolia, rollaattoria ja sähkömopoa. Otoksessa seitsemällä henkilöllä oli verenpainelääkitys. Näistä kolmella oli myös jokin sydänsairaus. Lisäksi kolmella henkilöllä oli pelkkä sydänsairaus. Lopuilla kymmenellä testihenkilöllä ei ollut verenpainelääkitystä, eikä sydänsairauksia. Esitietolomakkeessa ei kysytty mahdollisesta sydämentahdistimesta, mutta yhdellä testihenkilöllä tämä kävi ilmi lomakkeen ulkopuolelta. Myös tämä tieto on kirjattu esitietoihin liitteessä 7.

Mittauslaitteistot koostuivat kannettavasta tietokoneesta, reitittimestä sekä kahdesta vuodeanturista (kuva 21). Mittauksissa käytetyistä reitittimistä kahdessa oli yksi antenni ja kolmessa kaksi antennia. Yhteensä laitteistoja oli viisi. Jokaiselta testihenkilöltä kerättiin mittausdataa kahden vuorokauden ajan. Henkilöillä 1, 2, 3, 4, 14, 15, 16, 17, 18, ja 19 mittaukset olivat käynnissä kolmen vuorokauden ajan, koska mittaukset aloitettiin perjantaina ja lopetettiin maanantaina.



Kuva 21. Piirroskuva mittauslaitteistosta [30]

Ensimmäisistä ja toisista mittauksista, joissa tutkittiin erilaisten patjojen ja sänkyjen vaikutusta vuodeanturin signaaliin, saatuja tuloksia pystyttiin hyödyntämään palvelutalossa suoritetuissa mittauksissa. Tulosten perusteella tiedettiin, ettei sairaalasängyssä anturin

sijainnilla ole suurta merkitystä, eli antureiden sijainnilla ei palvelutalon mittauksissakaan ollut suurta merkitystä. Ensimmäisessä mittauksessa palvelutalossa kuitenkin tarkasteltiin, minkälaista signaalia sängyn eri pisteistä saadaan, koska sänky ja patja, testihenkilö sekä muut mittausolosuhteet olivat erilaisia, mitä aiemmin tehdyissä mittauksissa oli. Anturin sijainnilla ei näissäkään mittauksissa havaittu suurta eroa. Siksi mittauspisteitä ei ole raportoitu. Anturit on kaikissa sängyissä sijoitettu sängyn runkoon anturissa olevan magneetin avulla.

Ennen mittausten aloittamista kaikki anturit oli konfiguroitu valmiiksi ja liitetty langattomaan verkkoon, johon myös kannettava tietokone liitettiin palvelutalossa. Ennen mittausten aloittamista BCG-tilassa oleva anturi tuli kalibroida. Koska kalibrointi tapahtuu kahdessa osassa: ensin minuutti mittausta tyhjältä sängystä ja sen jälkeen minuutti sängystä, jossa on testihenkilö, ei suurimmassa osassa mittauksia ollut mielekäästä tehdä kalibrointia näin. Automaattisesti kalibroidut mittaukset tehtiin numeroilla 15, 16 ja 17. Muissa mittauksissa kalibrointi tehtiin manuaalisesti. Kalibrointiolosuhteet eivät kaikilla testihenkilöillä olleet suotuisia. Kalibroitaessa henkilön tulisi olla mahdollisimman liikkumattomana ja puhumatta, mutta tämä ei ollut mahdollista kaikilla. Haastavimmat kalibroinnit, joissa virheiden todennäköisyys on suuri, ovat mittaukset numero 7 ja 19.

Palvelutalossa mitattuihin signaaleihin mahdollisesti vaikuttavia häiriötekijöitä olivat sähköllä toimivat ilmapatjat sekä muut sähkölaitteet ja langattomat verkot. Vaikka palvelutalossa normaaliolosuhteissa jokaisella henkilöllä on oma huone, mittausten aikana osassa palvelutaloa oli käynnissä remontti, minkä takia osan huoneet oli jaettu. Mittauksiin osallistuneista näitä olivat numerot 12, 13 ja 16, jotka olivat kaikki samassa huoneessa. Mittaukset suoritettiin näissä samaan aikaan käyttäen kaikissa omia laitteistojaan ja verkkoaan. Henkilön 16 mittaukset suoritettiin uudestaan, koska ensimmäisellä kerralla mittauksissa oli paljon katkoa tulosten talletuksessa.

Mittausten aikana havaittiin mittaustulosten tallennuksessa vaihteleva määrä datakatkoksia. Osassa mittausten tallentuminen oli keskeytynyt kokonaan. Yhdessä mittauksessa (numero 4) mittauslaitteista oli katkaistu virrat. Muuten datakatkot johtuivat laiteperäisistä ongelmista. Datakatkoihin pyrittiin puuttumaan jo mittausten aikana. Niiden minimoiseksi testattiin yhdellä mittauskerralla kahden henkilön mittausten suorittamista samasta verkosta, jotta kaikkiin yhdellä kerralla oleviin mittauksiin (5 kpl) riittäisi kaksiantenninen reititin. Tässä tarkasteltiin, vaikuttaako reitittimen antennien määrä datakat-

koksiin ja kuinka paljon datakatkoksia tulisi, mikäli yhdessä verkossa olisikin kahden testihenkilön mittauslaitteet. Siksi mittausten laitteet numeroilla 42 ja 44 asetettiin samaan verkkoon, sekä numeroiden 51 ja 52 samaan. Lisäksi viisi mittausta (henkilöt 2, 5, 8, 13 ja 18), joissa dataa oli tallentunut alle kuusi tuntia, suoritettiin kokonaan uudestaan.

5.2 Mittaustulokset

Mittausdataa kertyi kokonaisuudessaan hyvin paljon, joten tarkkaa analyysia niistä ei tutkimuksen aikataulun huomioon ottaen voitu tehdä. Mittaustuloksissa on tutkittu pääasiassa BCG-tilan signaaleja, joita pystyy arvioimaan objektiivisesti, signaalin voimakkuuden, sekä muiden mitattujen parametrien avulla. Henkilöiltä, joilla mittaus uusittiin vähäisen datamäärän takia, on tarkasteltu tarkemmin tuloksia, jotka saatiin toisella mitauskerralla.

Koska antureilla mitattiin testihenkilöiden sängyistä dataa minimissään kaksivuorokautta, eikä kyseistä aikaa voitu valvoa, tai siitä ei ole esimerkiksi videotallennetta, jää niistä seuraavia avoimia kysymyksiä.

- Onko sängyssä ollut muita henkilöitä?
- Kuinka paljon sänkyä on liikuteltu?
- Onko sänky osunut toiseen huonekaluun tai seinään tai vastaavaan?
- Onko antureita liikuteltu, tai niihin koskettu?
- Onko ihmisten toiminnalla jollakin muulla tavalla, tahattomasti tai tahallisesti aiheutettu häiriötä mittauksiin?

Kyseiset kohdat toteutuessaan vaikuttavat tuloksiin, ja tämä tulee ottaa huomioon mitaustuloksia tarkasteltaessa. Lisäksi asukkaan sängyssä olo tietoja ei voi verrata muuhun faktatietoon, vaan ainoat tiedot saadaan mittaustuloksista. Tämän takia asukkaalta, jonka signaali on hyvin heikko, ei voida määrittää tyhjän ja täyden sängyn signaalin voimakkuuden tasoja aukottomasti, koska ei voida olla varmoja, koska sänky on tyhjä ja koska ei.

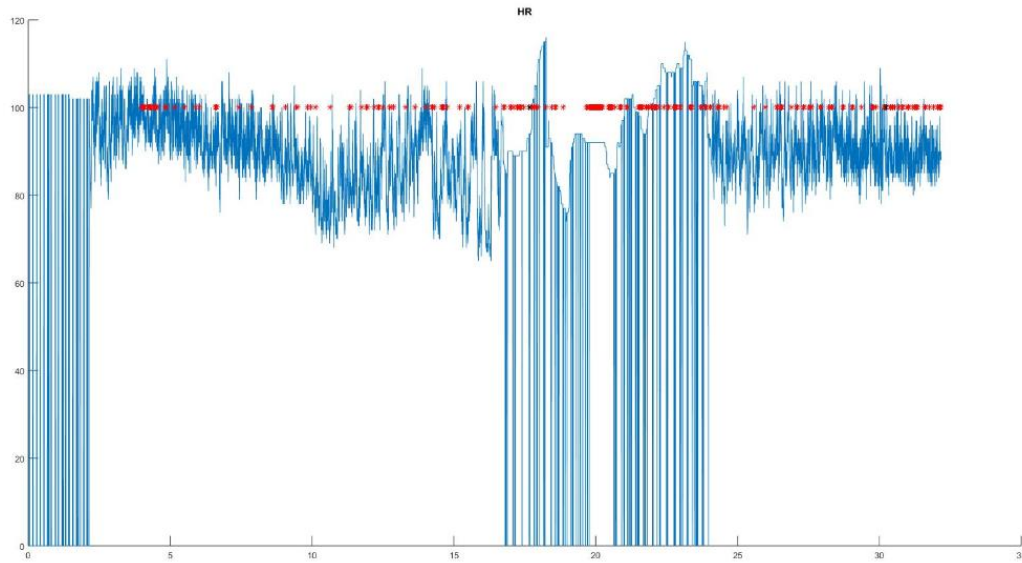
Mittaustuloksista raportoitiin signaalin voimakkuudet mittauspöytäkirjaan (liite 8). BCG-signaaleista kerättiin näytteet minuutin ajalta sekä tyhjällä että täydellä sängyllä. Kyseisten mittausnäytteiden avulla laskettiin tasattu keskiarvo kuvaamaan tyhjän ja täyden sängyn signaalin voimakkuuksia. Koska signaalin voimakkuuden arvojoukko oli hyvin suuri, ei ollut mielekäästä laskea suoraa keskiarvoa, vaan poistaa arvoja molemmista ääripäistä. Arvojoukoista poistettiin 25 prosenttia (12,5 prosenttia molemmista ääripäistä), jolloin saatu tasattu keskiarvo kuvaa paremmin keskimääräistä signaalin voimakkuuden arvoa.

Kuten mittauksissa, joissa tutkittiin patjojen ja sänkyjen vaikutusta vuodeanturin signaaliin, myös palvelutalon mittauksista laskettiin tyhjän ja täyden sängyn signaalien voimakkuuksien erotus (deltasignaali) sekä suhde (signaali-kohinasuhde). Kyseiset arvot on raportoitu mittauspöytäkirjaan.

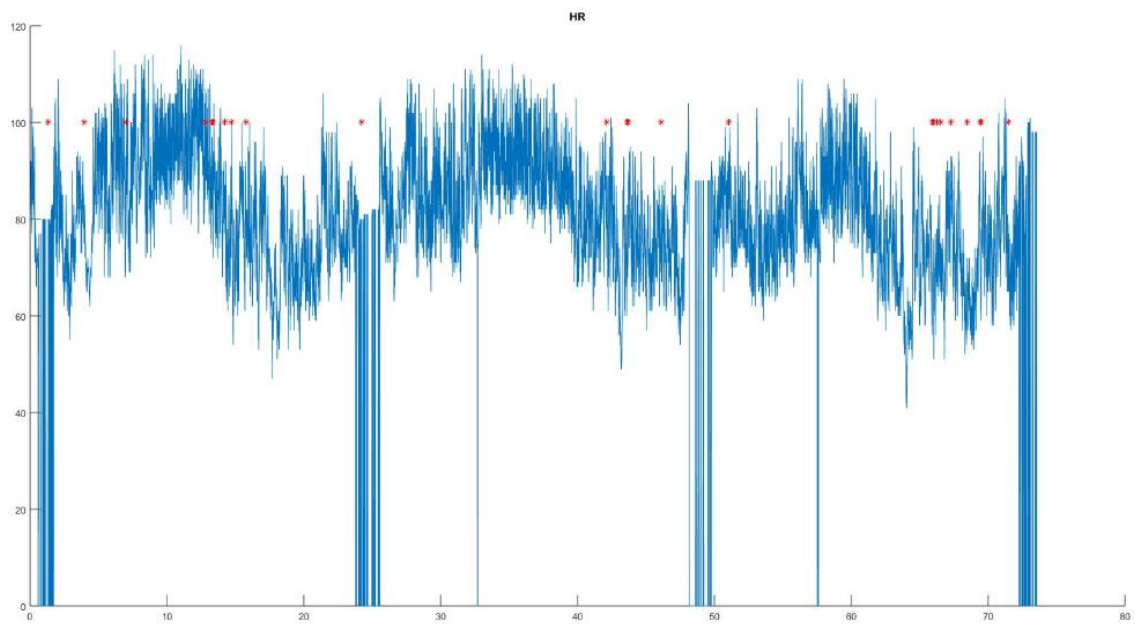
Koska mittauksen aikana havaittiin datakatkoja, on kaikilta testihenkilöiltä saatu datamäärä erisuuruinen. Myös saman testihenkilön eri mittauksissa olevien antureiden keräämien datojen määrät olivat erisuuruisia. Datakatkojen määrä BCG-signaalissa sekä niiden suhteellinen määrä prosentteina on laskettu ja kirjattu mittauspöytäkirjaan. Myös raakadatojen määrät ensimmäisissä mittauksissa on kirjattu. Jotta on mahdollista tarkastella, onko datakatkojen määrä verrannollinen WiFi-reitittimien antennien määrään: myös niiden määrä on raportoitu. Datakatkojen ja antennien määrää vertailtaessa, ei verrannollisuutta voi havaita. Sekä yhden että kahden antennin reitittimillä on saatu tallennettua yli 40 tuntia dataa ilman suuria katkoja. Datat, joissa oli paljon katkoja tai kokonaan keskeytynyt tallennus, on myös sekä kaksi- että yksiantennisista laitteistoista.

Henkilön 17 BCG-tilassa ollut anturi oli vaihtunut raaka-datatilaan noin puoli tuntia sen jälkeen, kun mittaukset oli aloitettu. Tämän vuoksi häneltä ei saatu BCG-tilan mittausdataa juuri lainkaan. Henkilön numero yhdeksän BCG-tilassa ollut anturi oli lopettanut datan talletuksen hyvin pian mittauksen aloittamisen jälkeen, joten kyseisestä datasta ei ole mielekäästä tarkastella, eikä siitä voi tehdä minkäänlaisia johtopäätöksiä.

Sähköllä toimivien, ilmatäytteisten patjojen moottorit olivat satunnaisesti käynnissä. Käynnissä olo tiheys oli henkilöstä riippuvaa, eikä kyseisiä arvoja ole tiedossa. Ainoastaan antureiden asennusvaiheessa havaittiin henkilön 2 patjan käynnistyvän ja sammuvan tiheästi. Kun vertaa kyseisen henkilön sykedataa (kuva 22), dataan, joka on mitattu sängystä, jossa on vaahtomuovipatja (kuva 23), voi havaita datakatkojen määrän eroavaisuuden. Datakatkot ovat näkyvillä kuvissa punaisina tähtinä.

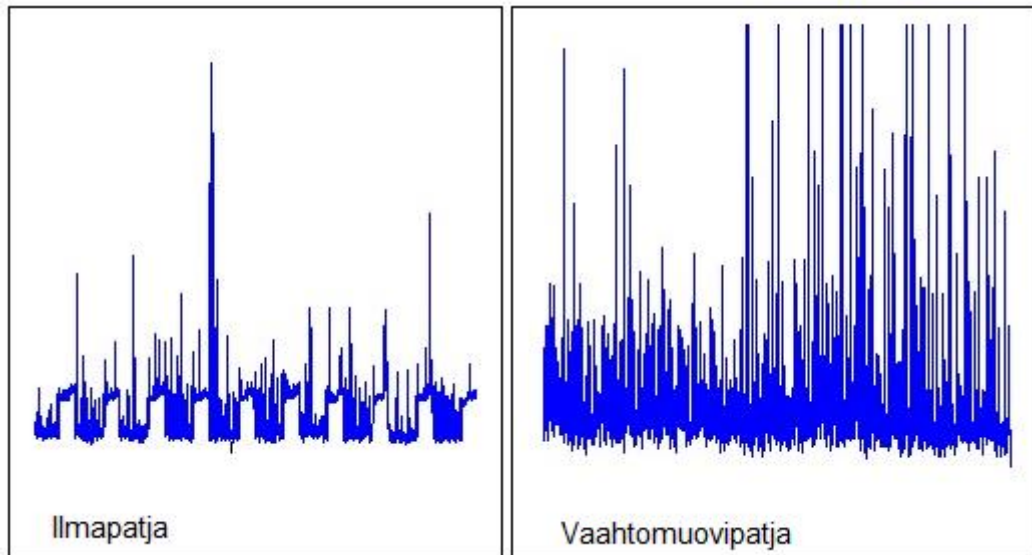


Kuva 22. Sydämen syke vuoteesta, jossa ilmapatja



Kuva 23. Sydämen syke vuoteesta, jossa vaahtomuovipatja

Sähköllä toimivan patjan aiheuttamat häiriöt signaaliin voi havaita myös tarkastelemalla signaalin voimakkuuden kuvaajia (kuva 24). Signaalissa voi havaita tasaisesti toistuvan häiriön, joka aiheutuu sähköllä toimivasta patjasta. Kuvassa vasemmalla puolella olevassa signaalissa ei häiriötä ole (mittauksessa vaahtomuovipatja).



Kuva 24. Signaalin voimakkuus ilmapatjalta ja vaahtomuovipatjalta mitattuna

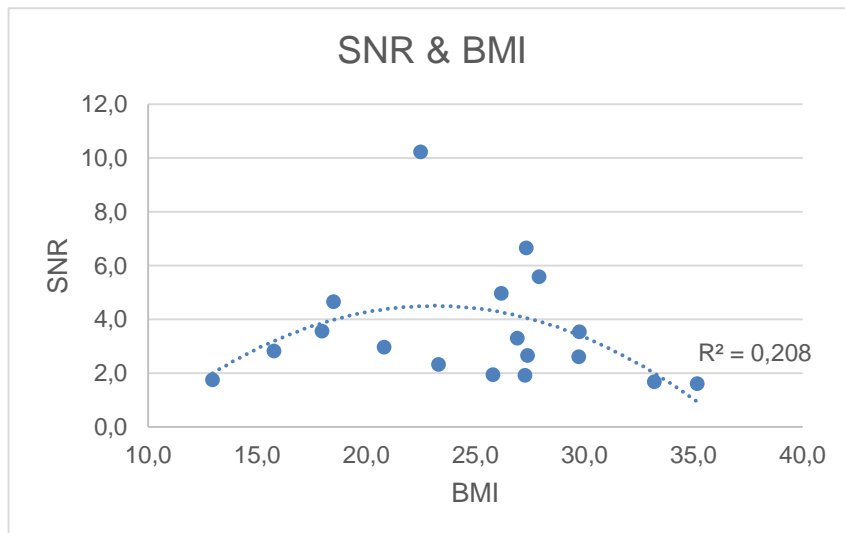
Esitiedoissa kysyttiin henkilöiden pituus ja paino. Koska pelkkä paino ei kerro ihmisen yli- tai alipainosta, laskettiin esitietojen perusteella testihenkilöiden painoindeksi, joka kuvaa painon suhdetta pituuteen. Painoindeksi laskettiin kaavalla

$$\text{Painoindeksi} = \frac{\text{paino (kg)}}{\text{pituus}^2 \text{ (m)}} \quad (7)$$

Taulukossa 1 on kuvattu karkeasti, miten painoindeksiä tulkitaan. Painoindeksiä verrattiin signaali-kohinasuhteeseen. Alipainoisilla (3 kpl) signaali-kohina-suhteen keskiarvo oli 2,7, normaalipainoisilla (4 kpl) 5,1 ja ylipainoisilla (12 kpl) 3,3. Myös kuviosta 5 voi havaita signaali-kohina-suhteet olevan suurin, kun paino on normaali. [31.]

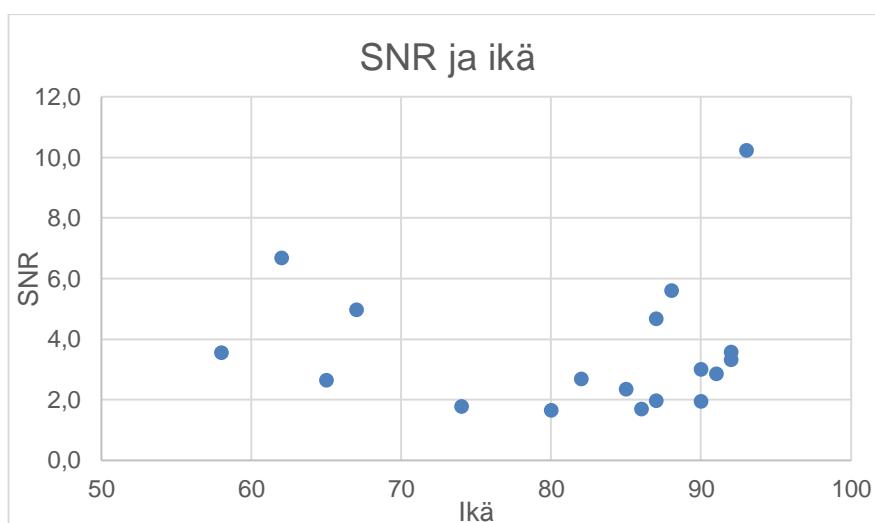
Taulukko 1. Painoindeksi [31]

Painoindeksi	Luokitus
< 18,5	Alipaino
18,5 - 25	Normaalipaino
25 <	Ylipaino



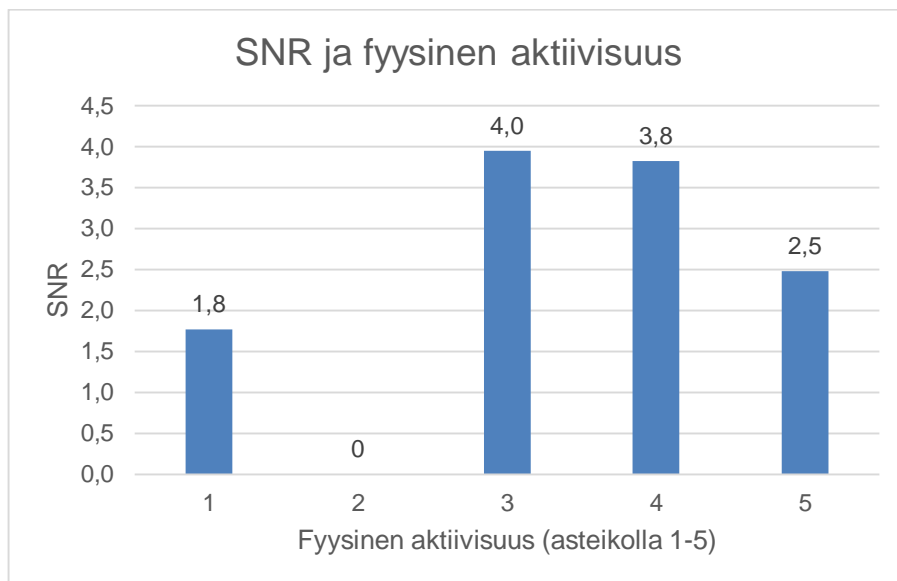
Kuvio 5. Painoindeksin vaikutus signaali-kohina-suhteeseen

Vertailtaessa iän vaikutusta signaali-kohina-suhteeseen (kuvio 5) ei voi havaita yhtäläisyyttä iän ja signaalin voimakkuuden välillä. Matalin signaali-kohinasuhde, 1,6, oli 80-vuotiaalla naisella. Hänen sängyssään oli vaahtomuovipatja, eli sähkötoiminen ilmapatja ei aiheuttanut häiriötä kyseisiin mittaustuloksiin. Kyseinen signaali-kohinasuhde ei ollut poikkeava ja myös häntä nuoremmilla oli lähes vastaava signaali-kohinasuhde (1,8, 74-vuotiaalla naisella). Suurin suhdeluku 10,2, saatiin ryhmän iäkkäimpiin kuuluvalta mieheltä, joka oli 93 vuotta. Hänen lisäksi myös toinen testihenkilö oli saman ikäinen. Kyseinen suurin suhdeluku on huomattavasti suurempi kuin muut suhdeluvut. Lähin pienempi suhdeluku on 6,7, joka saatiin 79-vuotiaalta naiselta.



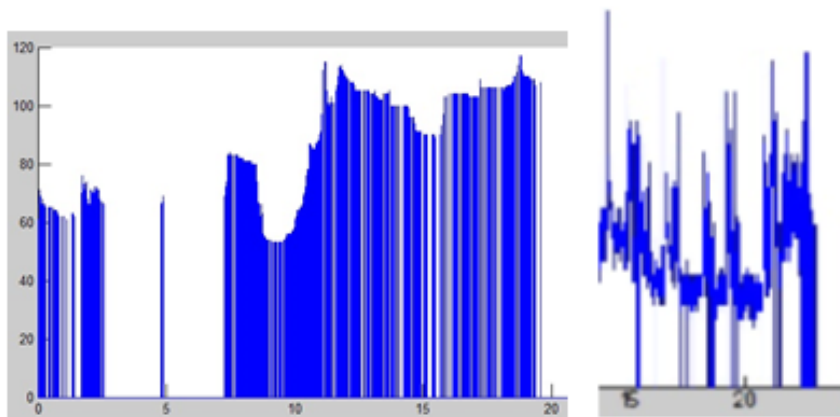
Kuvio 6. Iän vaikutus signaali-kohinasuhteeseen

Vaikka suurin signaali-kohinasuhde saatiin henkilöltä, joka kykenee itsenäiseen liikkumiseen, ei fyysisellä aktiivisuudella ja suhdeluvulla ole huomattavaa yhtäläisyyttä, ellei henkilö ollut täysin vuodepotilas. Kuviossa 7 on nähtävillä signaali-kohinasuhteiden keskiarvot fyysisten aktiivisuustasojen mukaan. Testihenkilöitä, joilla aktiivisuustaso oli 2, oli vain yksi henkilö, jolta ei saatu lainkaan tyhjän sängyn signaalitasoa. Näin ollen kyseisen testihenkilön signaali-kohinasuhdetta ei pystytty määrittämään eikä fyysisen aktiivisuustason 2 signaali-kohinasuhdetta pystytty määrittämään. Matalin signaali-kohinasuhde, 1,8, oli vuodenpotilailla (fyysinen aktiivisuus 1), jotka olivat täysin autettavia. Aktiivisuustason kolme ja neljä signaali-kohinasuhde oli lähes sama (4,0 ja 3,8).

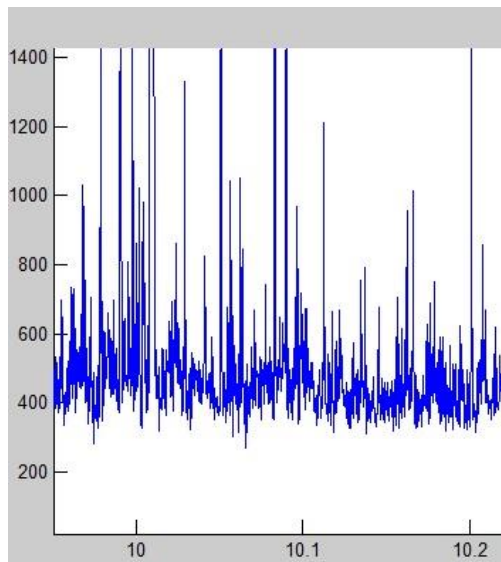


Kuvio 7. Fyysisen aktiivisuuden suhde signaali-kohinasuhteeseen

Tutkimalla BCG-tilan mittausdatoja silmämääräisesti voi havaita laadullisia eroavaisuuksia signaalin voimakkuuden ja muiden parametrien välillä. Osaksi tämä johtuu huonosta kalibroinnista, jolloin mittausparametrit näyttävät epätodennäköisiltä, tai niitä ei havaita, mutta signaali on voimakasta. Näin on tapahtunut testihenkilöllä kuusi, jonka sängyssä oli sähköllä toimiva ilmapatja, joka todennäköisesti on aiheuttanut häiriötä signaaliin jo kalibroinnissa, jolloin se ei ole onnistunut. Kuvassa 25 vasemmalla puolella on nähtävillä kyseisen henkilön sykesignaali ja oikealla vertailun vuoksi sykesignaali tapauksesta jossa kalibrointi on onnistunut. Kuvassa 26 on signaalin voimakkuuden kuvaaja testihenkilöltä kuusi.



Kuva 25. Vasemmalla sykesignaali jossa epäonnistunut kalibrointi, oikealla hyvä sykesignaali



Kuva 26. Testihenkilön 6 signaalin voimakkuuden kuvaaja

6 Johtopäätökset

Mittausten johtopäätöksiä voi havaita SCA11H-vuodeanturin soveltuvan hyvin mitausolosuhteisiin, joissa käytössä on metallinen sairaalasänky pyörillä. Mittauksissa signaalin voimakkuuden kannalta hyviä vaihtoehtoja ovat vaahtomuovinen, sekä ilmatäytteen, pumpaten täytettävä patja. Vuodeanturin signaaliin aiheuttaa häiriötä sähkötoi-

minen makuuhaavoja ehkäisevä patja. Kyseistä patjaa käytettäessä mittaustulosten perusteella näyttää siltä, että häiriöttömän ja tarpeeksi voimakkaan signaalin saaminen on haastavaa tai mahdotonta.

Anturin sijainnilla sängyssä ei ole oleellista merkitystä. Eroa ei havaita tarkasteltaessa silmämääräisesti signaalin laatua, eikä signaalin voimakkuuksien tarkastelussa. Ainoa poikkeus on puusängyn runko, josta sängyn jäykkyyden ja värähtelemättömyyden vuoksi ei signaalia pystytä mittaamaan.

Testihenkilöiden ominaisuuksissa anturin voimakkuuteen vaikuttaa henkilön painoindeksi. Normaalipainoisella testihenkilöllä saa voimakkaampaa signaalia verrattuna ali- ja ylipainoisiin henkilöihin, muiden mittausolosuhteiden ollessa signaalille suotuisat. Mittaustulosten perusteella anturia ei voi suositella vuodepotilaille. Signaalin voimakkuus vuodepotilaasta mitattuna on heikompaa kuin fyysisesti aktiivisemmalla henkilöllä. Testihenkilön iällä ei mittaustulosten perusteella ole vaikutusta signaalin voimakkuuteen tai silmämääräiseen laatuun. Ainakaan tässä tutkimuksessa tehtyjen mittausten perusteella ei anturin käytölle tarvitse asettaa yläikärajaa.

7 Yhteenveto

Tutkimuksen tarkoituksena oli selvittää, minkälaisia mittaustuloksia saadaan Murata Electronics Oy:n SCA11H-vuodeanturilla rajatulta ryhmältä iäkkäistä testihenkilöistä. Tutkimuksessa myös perehdyttiin erilaisten patjojen ja sänkyjen vaikutukseen anturin mittaussignaalin suhteen. Tutkimuksen perusteella oli tarkoitus selvittää, minkälaiset mittausolosuhteet ovat anturille suotuisia ja minkälaisissa olosuhteissa mittaaminen tuottaa heikkoa signaalia tai signaalin saaminen on täysin mahdotonta. Työssä suoritettiin kaksi mittausta Muratan tiloissa, joilla tutkittiin erilaisten patjojen ja sänkyjen vaikutusta vuodeanturin tuottamaan signaaliin. Lisäksi mittausten perusteella haluttiin selvittää, onko anturin sijainnilla merkitystä. Työn toisena osana suoritettiin tutkimus iäkkäillä testihenkilöillä Palomäen palvelukeskuksessa, Porvoossa. Tutkimuksella haluttiin selvittää, minkälaisia mittaustuloksia vanhuksilta saadaan ja miten elintoimintojen mittaaminen anturin avulla soveltuu vanhuksille.

Opinnäytetyössä käytetty vuodeanturi perustuu ballistokardiografiaan, joka on sydämen ja verenkierron aiheuttamien voimien mittausta. Työn teoriaosuudessa taustoitettiin sydämen rakennetta ja toimintaa, sekä hengityksen toimintaa. Lisäksi teoriaosuudessa selvitettiin ballistokardiografian toimintaperiaatetta. Viimeisimpänä teoriaosuudessa selvitettiin SCA11H-vuodeanturin, sekä sen graafisen käyttöliittymän toimintaperiaatetta ja anturin sisällä olevan kiihtyvyyssanturin mittauseriaatteen ja tekniikkaan.

Tutkimus sujui pääpiirteittäin suunnitelmien mukaan. Suunnitellussa aikataulussa pysyttiin, vaikka mittaukset päästiin aloittamaan suunniteltua myöhemmin. Testihenkilöiden otos oli kuitenkin toivottua pienempi, joten mittausten aikataulu ei venynyt. Muita pulmia työn aikana olivat palvelutalon mittauksiin tulleet datakatkokset, joiden takia viisi mittausta jouduttiin uusimaan. Datakatkojen syyt eivät selvinneet mittausten aikana, eikä niitä pyritty selvittämään tässä työssä sen tarkemmin.

Tutkimustulosten käsittely ja analysointi oli haastavaa. Jo suuren datamäärän avaaminen tuotti ongelmia. Valmiita työkaluja datan käsittelyyn ei ennen tutkimusta ollut ja niitä täytyi kehittää. Koska datamäärä oli suuri, ei pienten yksityiskohtien tarkastelu ollut mahdollista.

Raakasignaalien laadullinen määrittäminen tuotti haasteita, sillä laadun määrittäminen silmämääräisesti yhden henkilön toimesta on hyvin subjektiivista, ja siihen tulee suhtautua hyvin kriittisesti. Signaalien voimakkuuksien ja niiden tulosten vertailu sen sijaan oli helpompaa. Myös kyseisten mittausten tulokset ovat luotettavampia, koska ne on määritetty numeerisesti ja mittaristo oli mahdollista pitää muuttumattomana.

Tuloksien avulla Murata voi jatkossa suositella tietyn tyyppisiä mittaolosuhteita anturia käyttäville asiakkailleen. Tuotteella ei ole aiemmin Muratan toimesta suoritettu mittauksia vanhuksilla, joten tutkimuksen avulla he saivat ennennäkemätöntä tietoa anturin käytöstä pidemmän aikavälin mittaukseen iäkkäimmillä henkilöillä. Työn tilaaja sai tutkimuksesta myös tietoja, miten erilaiset patjat ja sängyt vaikuttavat anturin tuottamaan signaaliin. Tietojen avulla Muratalla voidaan ohjeistaa tuotteen käyttäjiä laadukkaimman ja voimakkaimman signaalin saamiseksi.

Koska tutkimuksessa ei voitu analysoida vanhuksilta kerättyä mittausdataa tarkasti, voisi mittausdataa vielä hyödyntää ja käyttää jatkotutkimuksessa. Etenkin raakasignaalien analysoinnille voisi kehitellä mittariston tai menetelmän, jotta myös sen analysointi olisi objektiivisempää.

Lähteet

- 1 Suomen virallinen tilasto (SVT): Väestöennuste, ISSN=1798-5137. 2015, Liite-
taulukko 1. Väestö ikäryhmittäin koko maa 1900-2060 (vuodet 2020-2060: en-
nuste) . Helsinki: Tilastokeskus.
http://www.stat.fi/til/vaenn/2015/vaenn_2015_2015-10-30_tau_001_fi.html (luettu
29.3.2016).
- 2 Suomen virallinen tilasto (SVT): Väestöennuste, ISSN=1798-5137. 2015. Hel-
sinki: Tilastokeskus. http://www.stat.fi/til/vaenn/2015/vaenn_2015_2015-10-30_tie_001_fi.html (luettu 29.3.2016).
- 3 Laatikainen, Tanja. 2009. Vanhustenhuollon ammattilaisten kokemuksia vanhus-
ten kotona asumisen vaikeutumisesta ja tukemisesta 16 kunnassa. Helsinki:
Kela.
- 4 Murata. History. <http://www.murata.com/en-eu/about/company/history> (luettu
23.2.2016).
- 5 Martinlaakso. (VTI Hamlin Oy) 1.7.2002 alkaen VTI Technologies Oy.
<http://www.martinlaakso.net/VTI-Technologies.htm> (luettu 23.2.2016).
- 6 Nienstedt W., Hänninen O., Arstila A. & Björkqvist S-E. 2008. Ihmisen fysiologia
ja anatomia. Helsinki: WSOY.
- 7 Vierimaa H. & Laurila M. 2010. Keho, Anatomia ja Fysiologia. Helsinki: WSOY.
- 8 (Kuva) http://www.terveyskirjasto.fi/terveyskirjasto/tk.koti?p_artikkeli=dlk00081
(luettu 23.2.2016).
- 9 Task Force of the European Society of Cardiology and the North American Soci-
ety of Pacing and Electrophysiology. Heart rate variability: standards of measure-
ment, physiological interpretation and clinical use. Circulation, 1996:93. 1043-
1065.
- 10 Heikkilä J., Kupari M., Airaksinen J., Huikuri H., Nieminen M. S. & Peuhkurinen K.
2008. Kardiologia. Jyväskylä: Gummerus Kirjapaino Oy.
- 11 Acharya U.R., Joseph K.P., Kannathal N., Lim C.M., Suri J.S. 2006. Heart rate
variability: a review. Medical & Biological Engineering & Computing 44(12). 1031-
1051.
- 12 (Kuva) <https://peda.net/oppimateriaalit/e-oppi/verkkokauppa/ihminen/hengitys> (lu-
ettu 23.2.2016).
- 13 Suvanto K. 2010. Tekniikan fysiikka 1. Helsinki: Edita Prima Oy.

- 14 Murata. SCA61T Inclinometers. <http://www.murata.com/products/sensor/inclinometer/sca61t> (luettu 28.3.2016).
- 15 Kazuhiro Yoshida. 2012. Murata Combines Precision, Reliability in MEMS Sensor. Murata Electronics Oy. <http://www.murata.com/~media/webrenewal/about/newsroom/tech/sensor/mems/ta1292.ashx?la=en-us> (luettu 28.3.2016).
- 16 Petri Kärhä. Anturit ja vahvistintekniikka -kurssimateriaali, 28/01/2008. Anturit ja mittausvahvistimet.
- 17 Pollock Piney, Ballistocardiography: A clinical review, Can Med Assoc J., vol. 76(9), s. 778-783, 1957.
- 18 Toivanen Tapani. 2009. Ballistokardiografisen mittaustuolin anturivahvistimen kehitys ja toteutus. Teknillinen korkeakoulu. Diplomityö.
- 19 Rantanen Samuli. 2012. Kiihtyvyyssanturien soveltuvuus henkilövaakaan integroituihin ballistokardiografisiin mittauksiin. Aalto Yliopisto. Diplomityö.
- 20 Kurumaddali Bharath, Marimuthu Ganesan, Venkatesh S. Mayur, Rohit Suresh, Syam BS., Suresh Vyshak, The 15th International Conference on Biomedical Engineering, Cardiac Output Measurement Using Ballistocardiogram, Volume 43, s. 861-864.
- 21 Meriheinä U. 2016. BCG Measurement in bed. Murata Electronics Oy.
- 22 Murata Electronics Oy. Product Specification 1322 Rev.1 SCA10H Product Datasheet ENG.
- 23 Murata Electronics Oy. Product Specification 1323 Rev.1 SCA11H Product Datasheet ENG.
- 24 Murata Electronics Oy. Product Specification 1324 Rev.1 SCA11H Operation Modes ENG.
- 25 Suomen perustuslaki 731/1999.
- 26 (Kuva) http://www.paltamonfysioterapia.fi/pdf/AuroraPlus_fi_1.pdf (luettu 5.4.2016).
- 27 (Kuva) http://www.merivaara.fi/MerivaaraCom/Products/Nursing%20Home%20and%20Home%20Care/Saga/Saga_Standard_6044FI-1_LR.pdf?DownloadFile=1 (luettu 5.4.2016).
- 28 (Kuva) <http://www.lojer.com/fi/tuote/hella-hoitovuode> (luettu 5.4.2016).

- 29 (Kuva) <http://www.lojer.com/fi/tuote/scanafia-pro-hoitosanky> (luettu 5.4.2016).
- 30 Murata Electronics Oy. 16.10.2015. BCG in short.
- 31 Pertti Mustajoki. 2015. Painoindeksi (BMI). Lääkärikirja Duodecim. http://www.terveyskirjasto.fi/terveyskirjasto/tk.koti?p_artikkeli=dlk01001 (luettu 18.4.2016).

Testi	Kuva	Patia	Anturin paikka sängyssä	SS (tyhjä sänky) *	SS (täysi sänky) *	Delta	SNR	Laatu **
A	1SV	Vaahtomuovi	Sängyn runko	206	578	372	2,805825	2
A	2SV	Vaahtomuovi	Patijalla, keskellä, magneetti patiapus	308	588	280	1,909091	1,5
A	3SV	Vaahtomuovi	Patijalla, lähellä päätä, magneetti patiapussin sisällä	365	749	384	2,052055	2
A	4SV	Vaahtomuovi	Patijalla, lähellä jalkoja, magneetti patkapussin sisällä	678	546	-132	0,80531	2
B	1SI	Ilmapatja	Rungossa, keskellä	224	698	474	3,116071	0
B	1SI (B)	Ilmapatja	Rungossa, keskellä	224	1000	776	4,464286	3
B	2SI	Ilmapatja	Patijalla, keskellä	252	697	445	2,765873	2
B	2SI (B)	Ilmapatja	Patijalla, keskellä	252	748	496	2,968254	2
B	3SI	Ilmapatja	Patijalla, lähellä päätä	252	864	612	3,428571	2,25
B	4SI	Ilmapatja	Patijalla, lähellä jalkoja	252	674	422	2,674603	2
B	5SI	Ilmapatja	Rungossa, patjan alla, lähellä päätä	220	850	598	3,863636	2,25
B	6SI	Ilmapatja	Rungossa, patjan alla, lähellä jalkoja	220	588	368	2,672727	2
C	1PV	Vaahtomuovi	Rungossa, keskellä	224	234	10	1,044643	0
C	2PV	Vaahtomuovi	Patijalla, keskellä	293	511	218	1,744027	1,25
C	3PV	Vaahtomuovi	Patijalla, lähellä päätä	293	561	268	1,914676	1,5
C	4PV	Vaahtomuovi	Patijalla, lähellä jalkoja	293	606	313	2,068259	1,75
D	1PI	Ilmapatja	Patijalla, keskellä	202	364	162	1,80198	1,25
D	2PI	Ilmapatja	Patijalla, lähellä päätä	202	474	272	2,346535	1,5
D	3PI	Ilmapatja	Patijalla, lähellä jalkoja	202	419	217	2,074257	1,25
E	1R		Rungossa, keskellä	217	608	391	2,801843	2
E	2R		Sijauspatjan alla, keskellä	336	1026	690	3,053571	2,5
E	3R		Sijauspatjan alla, lähellä päätä	336	899	563	2,675595	2,25
E	4R		Sijauspatjan alla, lähellä jalkoja	336	932	596	2,77381	2
* ka, 30 arvoa								
** Asteikko 0-3								
0 = Ei signaalialia				Mittaus samasta paikasta toistettu kaksi kertaa, ei tietoista muutosta mittausten välillä				
1 = Matala				Arvio, ei mitattu tulos				
2 = Hyvä								
3 = Korkea								



1SV



2SV



3SV



4SV



1SI



2SI



3SI



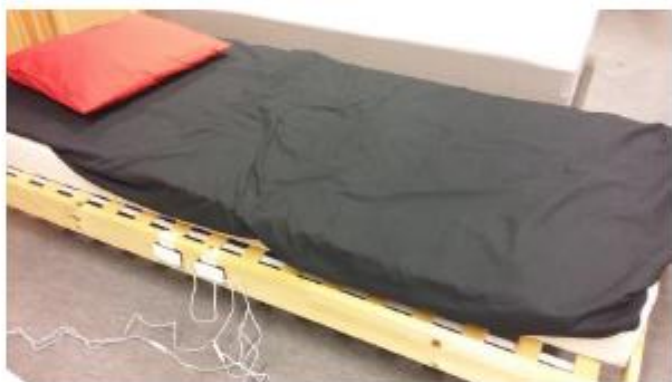
4SI



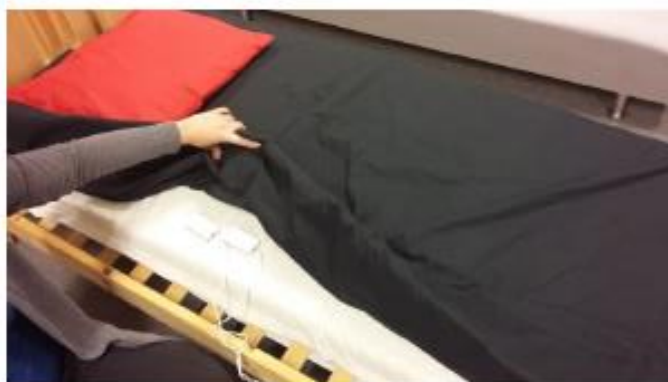
5SI



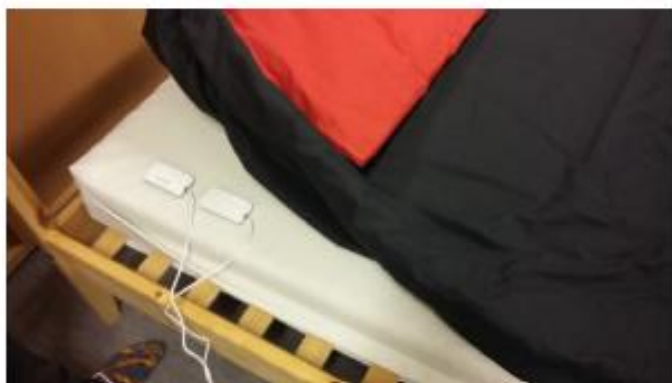
6SI



1PV



2PV



3PV



4PV



1PI



2PI



3PI



1R



2R



3R

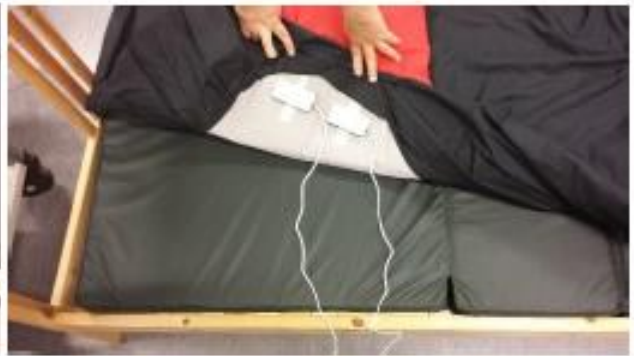


4R

2.3.2016	Testi	Sänky	Patja	Paikka	SS (tyhjä)	SS (täysi)	Delta	SNR	Laatu	Huomi		
	AP1	Puu		A	1	361	469	108	1,3	1,5	Patja kova puoli ylöspäin (muissa mittauksissa pehmeä ylöspäin)	
	AP1_2	Puu		A	1	361	468	107	1,3	1,5		
	AP2	Puu		A	2	361	417	56	1,2	1,5		
	AP3	Puu		A	3	361	595	234	1,6	1,25		
	AP4	Puu		A	4	361	554	193	1,5	1,25		
	AP5	Puu		A	5	361	531	170	1,5	1,5		
	AP6	Puu		A	6	361	593	232	1,6	1,5		Testattava lähellä sängyn jalkopäätä
	AP_2	Puu		A	6	361	568	207	1,6	1,75		Testattava kauempana jalkopäätä ja anturista
	BP1	Puu		B	1	361	631	270	1,7	1,5		
	BP2	Puu		B	2	361	843	482	2,3	2		
	BP3	Puu		B	3	361	1162	801	3,2	2		
	CP1	Puu		C	1	361	908	547	2,5	1,5		
	CP2	Puu		C	2	361	1016	655	2,8	1,5		
	CP3	Puu		C	3	361	879	518	2,4	1,5		
	CP4	Puu		C	4	361	1211	850	3,4	1,5		
	AS	Sairaala		A	Rungossa,	279	1193	914	4,3	2		
	BS	Sairaala		B	Rungossa,	279	1335	1056	4,8	2		
	CS	Sairaala		C	Rungossa,	279	1118	839	4,0	2		
Ka.					347,3333	805,0556	457,7222	2,394981	1,625			
	P = puusänky, S = sairaaläsänky, A, B & C = patjat											



AP1



AP2



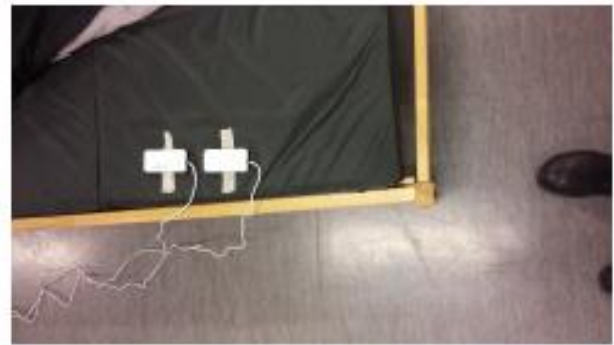
AP3



AP4



AP5



AP6



BP1



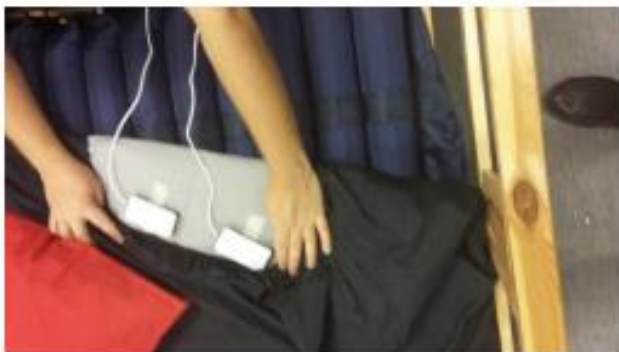
BP2



BP3



CP1



CP2



CP3



CP4



Anturit sairaalasängyssä



Sosiaali- ja terveystoimi
Tutkimuslupa-hakemus

1 (3)

Hakijan tiedot	Nimi Anni Liljeqvist		
	Katuosoite Teknobulevardi 3	Postinumero 01530	Postitoimipaikka Vantaa
	Puhelin 0405245257	Sähköpostiosoite anni.liljeqvist@metropolia.fi	
	Tutkimuslaitos, oppilaitos tai muu yhteisö Metropolia Ammattikorkeakoulu	Hakijan tehtävä/virka-asema Insinööriopiskelija	
Tutkimuksen ohjaaja	Nimi Sampo Nurmentaus		Oppiarvo ja ammatti Tutkimuspäällikkö
	Toimipaikka ja osoite Teknobulevardi 3, Vantaa		
	Puhelin 040-7769772	Sähköpostiosoite sampo.nurmentaus@metropolia.fi	
Päiväys ja allekirjoitus	Paikka ja päivämäärä 2 2 2016	Hakijan allekirjoitus 	
Päätätjä täyttää	Tutkimusluvan myöntäminen <input type="checkbox"/> Tutkimuslupa myönnetään <input type="checkbox"/> Tutkimuslupaa ei myönnetä		
	Myöntämisen ehdot <input type="checkbox"/> Tutkimuksen myöntämisen ja tietojen luovuttamisen ehtona on, että tutkimuksen tekijä sitoutuu huolehtimaan tietojen käsittelystä ottaen huomioon henkilötietojen käsittelyä koskevan lainsäädännön. Tutkimuksen tekijä on velvollinen käyttämään tietoja luottamuksellisesti ja ainoastaan tämän tutkimuksen tekemiseksi. Tutkimuksen valmistuttua tiedot on hävitettävä asianmukaisella tavalla. <input type="checkbox"/> Hakijan tulee toimittaa valmis raportti tutkimuksen valmistuttua <input type="checkbox"/> Muut ehdot Perustelut myöntämättä jättämiselle		
Päiväys ja päätäjän allekirjoitus	Paikka ja päivämäärä _/_/	Allekirjoitus	



Sosiaali- ja terveystoimi
Tutkimuslupa-hakemus

2 (3)

TIIVISTELMÄ TUTKIMUSSUUNNITELMASTA

Tutkimuksen tekijä/ -t	Anni Liljeqvist
Tutkimuksen nimi	SCA11H – vuodeanturin karakterisointi
Tutkimuksen tausta	Elintoimintojen jatkuvalla mittaukselle on tarvetta. Vuodemonitorointi on kustannustehokas ja turvallinen tapa seurata potilaiden yleiskuntoa ja elintoimintoja. Potilan fyysisen liikkeen jatkuvalla seurannalla voidaan ennaltaehkäistä makuuhaavoja.
Tutkimuksen tavoitteet ja tutkimus-ongelmat	Tutkimuksen tavoitteena on selvittää Murata Electronics Oy:n SCA11H -vuodeanturin soveltuvuutta iäkkäiden henkilöiden käyttöön ja tarkastella, millä tuloksilla SCA11H-vuodeanturilla saadaan vanhuksia monitoroitaessa. Tutkimuksella myös selvitetään millä tavalla mittaustuloksista muodostuu koehenkilöiden esitietojen vaikutuksesta, sekä millä tavalla SCA11H-vuodeanturi ei sovellu.
Tutkimuksen aikataulu	Helmi-maaliskuu 2016
Liittyykö tutkimukseen tutkimus-eettisiä ongelmia? Jos liittyy, mitä?	Ei liity.
Porvoon kaupungin sosiaali- ja terveystoimen rooli tutkimuksessa (vastuut, velvollisuudet ja hyöty)	Porvoon kaupungin sosiaali- ja terveystoimi saa käyttökokemuksen vuodeanturista palvelutalon asukkaiden käytössä, sekä näkee sen hyödyt yleiskunnon seurannassa ja makuuhaavojen ennaltaehkäisyssä. Sosiaali- ja terveystoimi hyödyttää tutkimusta, joka antaa tietoa vanhusten kotona pärjäämistä edistävistä tuotteista.



3 (3)

Sosiaali- ja terveystoimi
Tutkimuslupa-hakemus

Tutkimuksen budjetti ja rahoittajat	Tutkimuksen budjetti on 10 000 euroa ja sen rahoittaa Murata Electronics Oy.
--	--

Liitteet

- Tutkimussuunnitelma
- Rekisteriseloste
- Tutkimuseettinen ennakoarviointilausunto
- Muut liitteet (esim. kyselylomake) *esittelylomake, saatekirje, ilmoitus tutkimukseen osallistumisesta*

SUOSTUMUS TUTKIMUKSEEN OSALLISTUMISESTA:

Tutkimuksen monitorointi tehdään SCA11H-vuodeanturilla. Olen saanut sekä suullista että kirjallista tietoa vuodeanturiin liittyvästä tutkimusprojektista ja mahdollisuuden esittää niistä kysymyksiä projekti-päällikölle (tutkijalle). Ymmärrän, että monitorointiin osallistuminen ja esitietojen vastaaminen on va-paaehtoista ja että minulla on oikeus kieltäytyä niistä milloin tahansa syytä ilmoittamatta.

Ymmärrän että tiedoistani ei selviä henkilöllisyyttäni ja mittaustuloksia käsitellään luottamuksellisesti.

Annan luvan esitietolomakkeen ja mittausdatan käyttöön ammattikorkeakoulun opinnäytetyössä ja yhteistyöprojektissa.

Paikka ja aika:

Suostun osallistumaan tutkimukseen / Annan luvan tutkimukseen osallistuvan puolesta:

Allekirjoitus

Nimen selvennys

TIEDOTE TUTKIMUKSEEN OSALLISTUVILLE

Arvoisa vastaanottaja,

Teitä pyydetään osallistumaan tutkimukseen, jonka tarkoituksena on mitata fyysisen liikkeen, sydämen, verenkierron, sekä hengityksen aiheuttamia voimia vuodeanturin avulla. Tutkimus kuuluu Metropolia Ammattikorkeakoulun ja asiakasyrityksen yhteistyöprojektiin. Projektissa pyydetään osallistujien lupaa kerätä mittausdataa kahdella anturilla kahden vuorokauden ajan. Anturi sijoitetaan testihenkilön sän-kyyn, eikä tutkimuksen aikana olla fyysisessä kosketuksessa mitattavaan, eikä siitä aiheudu haittaa tai kipua hänelle.

Kaikkia Teiltä kerättyjä tietoja käsitellään luottamuksellisesti ilman nimeänne tai muita tietoja henkilölli-syydestänne. Tutkimuksen mittaustulokset kerää Metropolia Ammattikorkeakoulun insinööriopiskelija opinnäytetyönään. Projektin tutkimusryhmä julkaisee myös tieteellisen artikkelin kerätystä aineistosta. Tutkimukseen osallistuminen on täysin vapaaehtoista ja tutkimuksen kuluessa Teillä on oikeus missä vaiheessa tahansa kieltäytyä osallistumasta siihen. Ennen mittauksen aloittamista Teiltä pyydetään kirjallinen suostumus tutkimukseen osallistumisesta.

Lisätietoja tutkimuksesta voitte kysyä projektipäälliköltä (tutkijalta)

Sampo Nurmentaus

p. 040 776 9772

sampo.nurmentaus@metropolia.fi

Metropolia Ammattikorkeakoulu

Esitietolomake

Testihenkilö numero: _____

(Tutkija täyttää)

Sukupuoli Nainen Mies

Ikä _____ Paino _____

Pituus _____

Onko sinulla verenpainelääkitystä? Kyllä Ei

Onko sinulla sydänsairaus /-sairauksia? Kyllä Ei

Mikä / Mitkä, jos on _____

Liikkuminen asteikolla 1-5 (1 = vuodepotilas, täysin autettava 2 = vuodepotilas, kääntyy itse, ei riskiä makuuhaavoista, 3 = liikun avustettuna 4 = liikun itsenäisesti apuvälineitä käyttäen 5 = liikun täysin itsenäisesti) _____

Käytän liikkuessani apuvälineitä En käytä Joskus Aina liikkuessani

Liikkumiseen käyttämäni apuvälineet _____

Henkilö nro.	Sänky i	Sukupuoli	Ikä (a)	Pituus (m)	Paino (kg)	Painoindeksi	Verenpainelääkitys	Sydänsairaus	Mikä sydänsairaus?	Liikkuminen (1-5)	Apuvälineikäyttö	Apuväline	Muuta
1 C2		nainen	62	1,7	79	27,3	Ei	Ei		3	Aina	Pyörätuoli	
2 A		nainen	67	1,6	67	26,2	Ei	Ei		3	Aina	Pyörätuoli	Sängyssä sähkötoiminen linapaþa
3 C2		mies	65	1,74	90	29,7	Ei	Ei		4	Aina	Pyörätuoli	Sängyssä sähkötoiminen linapaþa, paþa usein päällä
4 A		nainen	58	1,68	84	29,8	Ei	Ei		4	Aina	Pyörätuoli/Sähkömopo	
5 B		nainen	85	1,55	56	23,3	Kyllä	Kyllä	Määrittämätön flimmeri, sydämen vajaatoiminta	4	Aina	Rollaattori	
6 B		nainen	90	1,55	50	20,8	Kyllä	Ei	Sydämen vajaatoiminta	5	Eikäyt		
7 C1		nainen	93	1,53	60	25,6	Ei	Kyllä	Sydämen vajaatoiminta	1			Sängyssä sähkötoiminen linapaþa
8 C2		nainen	91	1,67	44	15,8	Ei	Ei		3	Aina	Rollaattori / pyörätuoli	Sängyssä sähkötoiminen linapaþa
9 D		nainen	84	1,59	73	28,9	Ei	Ei		2			
10 A		nainen	92	1,68	76	26,9	Ei	Ei		3 ja 5	Eikäyt		
11 B		nainen	74	1,62	34	13,0	Ei	Ei		1			Sängyssä sähkötoiminen linapaþa
12 D		mies	87	1,74	56	18,5	Ei	Kyllä	Sepelvaltimotauti	5	Eikäyt		
13 B		nainen	90	1,52	63	27,3	Kyllä	Ei		4	Aina	Rollaattori	
14 A		mies	87	1,67	77	25,8	Ei	Ei		5	Eikäyt		
15 B		mies	93	1,7	65	22,5	Ei	Kyllä		4	Aina	Rollaattori	
16 D		nainen	88	1,49	62	27,9	Kyllä	Ei		4	Jokius	Rollaattori	
17 C2		nainen	80	1,47	76	35,2	Kyllä	Ei		4	Aina	Rollaattori	
18 B		mies	82	1,73	82	27,4	Ei	Ei		4	Aina	Rollaattori / pyörätuoli	
19 C1		nainen	86	1,6	85	33,2	Kyllä	Kyllä	Määrittämätön iskeeminen sydänsairaus	3	Aina	Rollaattori / pyörätuoli	
20 D		nainen	92	1,75	55	18,0	Kyllä	Kyllä	Sydämen vajaatoiminta	3	Aina	Pyörätuoli	sydämentahdistin

Henkilö nro.	Voimakkuus tyhjä	Voimakkuus täysi	Delta	Suhde	BCG Dataa (h)	Datakatkokset (h)	Datakatkojen osuus ajasta	Wi-Fi antennit	Raakadataa
1	277,8695652	1855,695652	1577,826	6,678298	71,5	0,28	0,4 %	2	73
2	248,4347826	1234,717391	986,2826	4,969986	32	2,85	8,9 %	1	
3	241,2608696	634,9347826	393,6739	2,631735	73,5	0,33	0,5 %	2	75
4	272,2391304	967,8043478	695,5652	3,554979	5,5	0,00	0,0 %	1	6
5	264,5217391	617,8043478	353,2826	2,335552	44	0,25	0,6 %	1	
6	265,6521739	794,5434783	528,8913	2,990917	48	0,02	0,0 %	2	49
7		409,3478261			47	0,23	0,5 %	2	48
8	323,7608696	922,5869565	598,8261	2,849594	25	13,20	52,8 %	1	6
9								2	49
10	253,0652174	841,3913043	588,3261	3,3248	45	0,17	0,4 %	2	47
11	373,0217391	660,7826087	287,7609	1,771432	47	0,02	0,0 %	1	49
12	340,0869565	1591,434783	1251,348	4,679494	45	0,02	0,0 %	2	46
13	252,2173913	489,5434783	237,3261	1,940958	45	0,05	0,1 %	1	
14	267,8695652	527,1304348	259,2609	1,967862	74	0,45	0,6 %	2	74
15	274,2173913		2808	2533,783	10,24005	2	1,20	60,0 %	21
16	216,8913043	1213,086957	996,1957	5,593064	62	11,88	19,2 %	2*	44
17	258,5	422,7173913	164,2174	1,63527	0,45	0,00	0,0 %	2*	74
18	266,8695652	715,8695652		449	44	6,03	13,7 %	2*	
19	592,5434783	1004,5	411,9565	1,695234	74	0,03	0,0 %	2*	76
20	225,9347826	806,0869565	580,1522	3,567786	11,5	11,50	100,0 %	2	17
Ka.	289,7198068	974,6304348		3,617193					

* Kahden henkilön mittauslaitteet samassa verkossa