

Lappeenrannan-Lahden teknillinen yliopisto LUT  
School of Engineering Science  
Tietotekniikan koulutusohjelma

## **ÄLYTEKNOLOGIAN HYÖDYNTÄMINEN LIIKUNTAHARRASTUKSISSA**

Masi Kähkönen

Työn tarkastaja: Ass. Prof. Ari Happonen

# TIIVISTELMÄ

Lappeenrannan-Lahden teknillinen yliopisto LUT

School of Engineering Science

Tietotekniikan koulutusohjelma

Masi Kähkönen

## Älyteknologian hyödyntäminen liikuntaharrastuksissa

Kandidaatintyö 2020

35 sivua, 5 kuvaa, 2 taulukkoa

Työn tarkastaja: Apulaisprofessori Ari Happonen

Hakusanat: puettava teknologia, sensori, älyteknologia, älykello

Keywords: wearable technology, sensor, smart technology, smartwatch

Puettavaa teknologiaa näkyy nykyaikana joka puolella. Mukana kannettava teknologia on mullistanut ihmisten käyttäytymismallit. Tässä työssä tarkastellaan teknologian nykytilaa kuntoiluharrastajan näkökulmasta pysyen kuluttajahintaisissa ratkaisuissa. Millaista teknologiaa on markkinoilla tässä segmentissä? Mitä dataa näistä laitteista saadaan ja millaisista komponenteista laitteet rakentuvat? Kuluttajahintaiset laitteet pystyvät parhaimmillaan hyvään tarkkuuteen mitattavissa suureissa. On kuitenkin pitkälti käyttäjästä kiinni, haluaako tai jaksaa näitä laitteita käyttää loppupeleissä kuntoilun apuna.

## **ABSTRACT**

Lappeenranta-Lahti University of Technology LUT  
School of Engineering Science  
Degree Programme in Software Engineering  
Masi Kähkönen

### **Using smart technology in exercising**

Bachelor's Thesis 2020

35 pages, 5 figures, 2 tables

Examiner: Ass. Prof. Ari Happonen

Keywords: wearable technology, sensor, smart technology, smartwatch

Wearable technology is visible everywhere in modern times. The portable technology has revolutionized human behaviour patterns. In this work, the current state of technology is examined from the perspective of a fitness enthusiast, remaining in consumer-priced solutions. What kind of technology is on the market in this segment? What data is obtained from these devices and what components the devices are made of? At best, consumer-priced devices are capable of good accuracy in measurable quantities. However, it is largely up to the user to decide whether to use these devices in the end games as an aid to exercise.

## **ALKUSANAT**

Lyhyesti ja ytimekkäästi: olipahan projekti. Kiitokset äärettömästä kärsivällisyydestä ja neuvoista työn ohjaaja Ari Haposelle.

# SISÄLLYSLUETTELO

<b>1</b>	<b>JOHDANTO.....</b>	<b>3</b>
1.1	TAUSTA .....	3
1.2	TAVOITTEET JA RAJAUKSET .....	4
1.3	TYÖN RAKENNE .....	4
<b>2</b>	<b>PUETTAVA TEKNOLOGIA .....</b>	<b>5</b>
2.1	PUETTAVAN TEKNOLOGIAN HISTORIA.....	5
2.2	MIKSI KÄYTTÄÄ PUETTAVAA ÄLYTEKNOLOGIAA?.....	6
2.3	PUETTAVAN TEKNOLOGIAN KÄSITE .....	6
2.4	PUETTAVAN TEKNOLOGIAN KÄYTTÖ URHEILUSSA/KUNTOILUSSA.....	7
2.5	PUETTAVISSA TEKNOLOGIOISSA HYÖDYNNETTÄVÄT SENSORIT .....	11
2.6	LANGATTOMAT KOMMUNIKAATIOTEKNIIKAT PUETTAVISSA TEKNOLOGIOISSA.....	15
2.7	ÄLYPUHELINSOVELLUKSET URHEILUHARRASTAJALLE .....	17
2.8	URHEILUKELLOT HARRASTAJAN APUNA .....	20
2.9	MOVESENSE – SUUNNON LIPPULAIVATUOTE PUETTAVAAN TEKNOLOGIAAN .....	25
<b>3</b>	<b>ANALYYSI JA TULOKSET .....</b>	<b>29</b>
<b>4</b>	<b>POHDINTA JA TULEVAISUUS .....</b>	<b>30</b>
<b>5</b>	<b>YHTEENVETO.....</b>	<b>31</b>
	<b>LÄHTEET.....</b>	<b>32</b>

## **SYMBOLI- JA LYHENNELUETTELO**

ANT	Adaptive Network Topology
API	Application Programming Interface
BLE	Bluetooth Low Energy
ECG	Electrocardiogram
GLONASS	Global Navigation Satellite System
GNSS	Global Navigation Satellite Systems
GPS	Global Positioning System
IMU	Inertial Measurement Unit
IoT	Internet of Things
LPS	Local Positioning Systems
MEMS	Micro-Electro-Mechanical Systems
MIMU	Magnetic and Inertial Measurement Unit
NFC	Near Field Communication
REST API	Representational State Transfer Application Programming Interface
UV	Ultraviolet
VR	Virtual Reality
Wi-Fi	Wireless Fidelity

# 1 JOHDANTO

## 1.1 Tausta

Älykännyköiden ja älykellojen aikana tekniikka kulkee jatkuvasti mukana mahdollistaen oman suorituksen/hyvinvoinnin seuraamisen. Kaikenlainen mukana kannettava teknologia on mullistanut ihmisten käyttäytymismallit uudella vuosituhannella. Teknologian miniatyrisoitumisen ja yksityiselämän, sekä työelämän ympärillä olevan toiminnan digitalisoitumisen myötä [1], tuotteet ovat muuttuneet pelkistä laitteista paljon enemmän kokonaisvaltaisemmiksi tuote-, sekä palvelukokonaisuuksiksi. Tätä muutosta ovat edesauttaneet uusien sensortechnologioiden nopea kehittyminen ja jo pidemmän aikaa markkinoilla olevien sensoreiden kuten esim. GPS tuottaman tiedon tarkentuminen [2,3].

Puettava teknologia on vakaasti kasvava ala ja käyttökohteet ovat lähes rajattomat. Segmentin tuoton odotetaan olevan vuonna 2020 noin 19 miljardia dollaria. Tällä hetkellä laitteiden hinta, oikeudelliset sääntelyt sekä mahdollinen uhka yksityisyyden suojalle suitsivat markkinoiden kasvua [4].

Ihmisiä kiinnostaa saada tietoa omasta toiminnastaan ja ala on myös erittäin mielenkiintoinen. Itselleni lähtökohtana tähän kaikkeen toimi tutustuminen Suunnon Movesenseen, joka tarjoaa erittäin monipuolisen ratkaisumallin monipuoliseen seurantaan ja omaa valtavasti potentiaalia nousta yhdeksi alan kärkiteknikoista.

Työn avulla haluttiin saada kokonaiskuva puettavan teknologian alasta vuonna 2020 urheilu/kuntoiluharrastajan näkökulmasta. Onko puettavasta teknologiasta hyötyä tavan harrastajalle, vai onko asia pelkästään hieno tekninen kuriositeetti? Millaisia laitteita ja sovelluksia on tarjolla harrastajakäyttöön? Mistä komponenteista laitteet rakentuvat? Dataa kerättiin työtä varten Google Scholarista, verkkokirjallisuudesta, sekä alan nettisivuilta, että tekniikan uutissivuilta.

## **1.2 Tavoitteet ja rajaukset**

Tässä työssä on tarkoitus esitellä puettavaa teknologiaa urheiluharrastajan näkökulmasta, teknologian nykytilaa, sekä syventyä laitteiden tuottamaan dataan. Työssä pohditaan myös tuotetun datan tarkkuutta harrastajakäytön laitteissa. Haittaako mahdollinen pieni epätarkkuus mittausdatassa harrastajan näkökulmasta vai motivoiko mukana kulkeva seurantalaitte aktiivisempaan liikkumiseen ja voiko omaa suoritustasoa parantaa teknologian avulla, riippumatta datan absoluuttisesta oikeellisuudesta.

Lisäksi työssä tarkastellaan puettavaa teknologiaa rautatasolla, laitteiden käyttämiä tiedonsiirtotekniikoita sekä esitellään muutamia nykyisiä älypuhelinsovelluksia sekä laitteita, joita voi hyödyntää datan ja kokonaiskuvan saamiseen treenistä.

Puettava teknologia käsitteenä on niin laaja ja monipuolinen, niin työssä päätettiin keskittyä ainoastaan yksityiseen harrastekäyttöön urheilussa sekä kuntoilussa ja kaikenlaiset ammattimaiset seuranta-/valmennuskokonaisuudet jätettiin työn ulkopuolelle.

## **1.3 Työn rakenne**

Luvussa 2 käsitellään puettavan teknologian käsitettä, teknologiaan liittyviä tuotteita kuntoilusegmentissä, teknisiä yksityiskohtia, sekä aiheeseen liittyviä sovelluksia.

Luvussa 3 analysoidaan kasattua materiaalia.

Luvussa 4 pohditaan alan tulevaisuutta visioimalla, millainen tilanne voisi olla mahdollinen tulevaisuuden frisbeegolfkierroksella älyteknologiaa hyödyntämällä.

Luvussa 5 on yhteenveto työstä.

## 2 PUETTAVA TEKNOLOGIA

Tässä kappaleessa käydään lävitse puettavan teknologian historiaa, puettavan teknologian käsitettä, tarkemmin teknologian käyttöä liikuntaharrastuksissa, käytettävää sensoritekniikkaa ja älylaitteiden kommunikointitekniikoita. Lisäksi esitellään esimerkkinä muutamat älypuhelinsovellukset sekä urheilukellot liikuntaharrastuksiin. Kappaleen loppuksi on vielä katsaus Suunon lupaavaan Movesense-kokonaisuuteen.

### 2.1 Puettavan teknologian historia

Puettavan teknologian historian voi katsoa alkaneen noin vuonna 1286 ensimmäisten silmälasien keksimisestä. 1510 Peter Henlein keksi taskukellon ja 1644 päivänvalon näki ”The Abacus Ring”, sormus, joka toimi myös laskimena. Ensimmäinen puettava kamera keksittiin 1907 Julius Neubronnerin toimesta (käytettiin ilmakuvaukseen pulujen avulla). Ensimmäinen puettava tietokone keksittiin 1961. Se oli tupakka-askin kokoinen analoginen laite, jota käytettiin ennustamaan ruletin lopputulemaa. Ensimmäinen digitaalinen kello keksittiin 1975. Kellossa oli myös laskinominaisuudet, jossa pieniä näppäimiä käytettiin erityisellä kynällä. Tätä kelloa seurasi 1977 Hewlett-Packardin oma versio laskinkellosta. 1979 esiteltiin Sony Walkman, kannettava kasettisoitin. 1987 julkaistiin kuulolaite, jossa vartaloon kiinnitettiin prosessori, joka yhdistyi kaapelilla korvanappiin.

1999 julkaistiin Blackberry 850 (kaksisuuntainen hakulaite), yksi ensimmäisistä langattomista laitteista. Ensimmäinen kuluttajakäyttöön tarkoitettu Bluetooth-laite julkaistiin vuonna 2000 (Ericsson T36 -kännykkä). Ensimmäinen massamarkkinoille suunnattu älykello julkaistiin 2004 (Microsoft SPOT Smartwatch). 2014 markkinoille saapui Google Glass, silmäläseihin kiinnitettävä Android-näyttö. 2016 Oculus VR julkaisi Oculus Rift -virtuaalilasit. [5]

Viimeistään 1990-luvun lopulla puettavan tietokoneen konsepti alkoi nousta kunnolla esiin. Aikaisemmat puettavat tietokoneet käyttivät reppuja suhteellisten suurten tietokonekomponenttien kuljettamiseen. 1990-luvulla tutkijoilla oli jo käytössään pään

puettavia näyttöjä (Google Glassin edeltäjiä), joilla silmien eteen saatiin visuaalista informaatiota. [6]

## **2.2 Miksi käyttää puettavaa älyteknologiaa?**

Oman suorituksen seurantaan ja analysointiin on lähdetty entisaikojen kynällä ja paperilla suoritettavasta seurannasta automaattisen monitoroinnin ja helpommin puettavien laitteiden kautta nykyiseen tilanteeseen, missä erilaiset anturit ja älypuhelinohjelmistot tarjoavat kattavasti tietoa suorituksesta.

Puettavan teknologian laitteet suunnitellaan huomaamattomiksi ja jokapäiväiseen käyttöön. Visuaalinen kiinnostavuus, sujuva integraatio kehoon, sekä älypuhelimeen, palautteen saaminen suorituksesta, helppo kustomoitavuus ja verrattain helppo käyttöönotto vetoavat kuluttajiin. Pidempiaikainen käyttö ja omaksuminen on valmistajien haasteena mahdollisten toteutumattomien lupauksen lisäksi. Eräässä tutkimuksessa havaittiin, että 30% käyttäjistä lopetti laitteen käytön kuuden kuukauden jälkeen. [7]

Tutkimuksen mukaan käyttäjäkokemuksen kolme avainaihealuetta ovat: data, pelillistäminen, sekä sisältö. Graafiset visualisoinnit ovat hyödyllisiä käyttäjille. Pelillistämiseen liittyy reaaliaikainen seuranta ja monipuolinen infografiikka käyttäjän tavoitteiden saavuttamisesta. Useista nykyisistä sovelluksista löytyvistä sosiaalisen median toiminnallisuuksista mukaan saadaan vielä uusi ulottuvuus. Käyttäjän on mahdollista ”kilpailla” kavereiden ja/tai tuntemattomien kanssa jopa maailmanlaajuisesti. Toisaalta on havaittu, että jopa pelkkä askelmittarin käyttäminen kasvattaa huomattavasti käyttäjän aktiivisuutta. [8, 9]

## **2.3 Puettavan teknologian käsite**

Puettava teknologia viittaa elektronisiin teknologioihin tai tietokoneisiin, jotka on sisällytetty vaatteisiin tai asusteisiin. Nämä laitteet voivat suorittaa samoja tehtäviä kuin älypuhelimet tai tietokoneet ja joissain tapauksissa jopa toimia niitä tehokkaammin. Jos kännykkää käyttää askelmittarina, voidaan älykelloa ranteessa kantamalla saada lisäksi

esimerkiksi tietoa sykkeestä. Puettava teknologia on hienostuneempaa älypuhelimiin verrattuna laitteiden monipuolisempien sensoriominaisuuksien ja mm. sykkeenseurantaominaisuuksien takia. Puettava teknologia käyttää vuorovaikutukseen tiettyä kommunikointiväylää ja päästää käyttäjän kiinni kerättyyn tietoon reaaliajassa. Kellot, silmälasit, rannekkeet, älykankaat, sormukset ovat vain muutamia esimerkkejä koko skaalasta. Itsessään termi ”puettava teknologia” viittaa tuotteisiin, jotka on helppo pukea tai ottaa pois. Tähän on poikkeuksena mm. älytatuoinnit. Puettavan teknologian tarkoituksena on luoda jatkuva, miellyttävä, saumaton, kannettava ja useimmiten kädet vapaana ohjattava yhteys elektroniikkaan ja tietokoneisiin. [10]

Puettavat teknologiat ovat Iot:n (Internet of Things) osajoukko, joka koostuu mikrosiruista, sensoreista ja langattoman yhteyden omaavista verkottuneista älylaitteista. Puettavat teknologiat on nopeasti kasvava Iot-segmentti. Puettava teknologia on käsitteenä laaja ja erilaiset käyttökohteet voidaan jaotella kahdeksaan osa-alueeseen. Nämä ovat [11,12]:

- liiketoiminta
- turvallisuus
- terveydenhoito
- hyvinvointi
- urheilu/kuntoilu
- elämäntapa
- kommunikointi
- glamouri

## **2.4 Puettavan teknologian käyttö urheilussa/kuntoilussa**

Tässä työssä tarkastellaan lähemmin urheilu/kuntoilu -segmenttiä puettavien teknologioiden laajasta skaalasta. Puettavan teknologia urheilussa ja kuntoilussa voidaan edelleen jakaa seuraaviin osa-alueisiin [12]:

- urheilusuorituskyky
- kuntoiluseuranta
- virtuaalivalmennus
- ulkoilmanavigointi, reitinseuranta

- kehon lämmitys/viilennys

Ja edelleen seuraaviin toimintoihin:

- suorituskyvyn seuranta/harjoittelu
- aktiivisuusseuranta
- liikkeen suuntatieto/sijainnin jakaminen
- tavoitteiden seuranta/hallinta

Harjoituksen keston ja frekvenssin arvoja on helppo monitoroida urheilukelloilla. Useimmilla valmistajilla tiedot tallentuvat pilveen, jolloin datan kerääminen, kokoaminen ja visualisointi on simppeleä sekä suoraviivaista. Kuljetun matkan mittaaminen ja erilaisilla nopeusalueilla vietetty aika mahdollistaa treenin rasituksen mittaamisen hyödyntäen maailmanlaajuisia satelliittinavigointijärjestelmiä, (GNSS, Global Navigation Satellite Systems) tai paikallisia paikannusjärjestelmiä (LPS, Local Positioning Systems). GNSS-paikannus ei toimi sisätiloissa tai veden alla ja lisäksi tarkkuus saattaa kärsiä ahtaasti rakennetuilla alueilla. Verrattuna ammattilaisjärjestelmien korkeampaan näytteenottotaajuuteen, nopeuden mittaus näyttää toimivan hyvin myös halvoissa laitteissa. Sijainnin, vauhdin ja etäisyyden mittaus antaa luotettavan kuvan varsinkin maltillisissa nopeuksissa (<20km/h). [13]

Tekniikan pidempiaikaisen menestyksen kannalta tärkeäksi seikaksi nousee laitteen kyky generoida dataa luotettavasti ja prosessoida se tehokkaasti käyttäjälle merkitykselliseen muotoon. Sensorien laatu laitteissa, algoritmien tehokkuus raakadatan käsittelyyn, sekä miten sovellukset esittävät informaation loppukäyttäjälle vaikuttavat lopputulokseen. Varsinkin askelmittauksessa kuluttajaluokan laitteet voivat päästä tutkimusten mukaan hyvinkin lähelle oikeita arvoja verrattuna tutkimuskäyttöön tarkoitettuihin mittareihin [14]. Tutkimuksissa on saatu tietoa, että vaikkakin puettava teknologia tarjoaa paljon mahdollisuuksia, ainoastaan pieni osa teknologioista on vahvistettu virallisesti. Valmistajien siis tulisikin panostaa tutkimukseen laitteiden tehokkuudesta. Esimerkkinä suurin osa testatuista ranteessa pidettävistä laitteista tuottivat hyväksyttävän tuloksen askelten mittauksessa, kun taas kuljetun matkan ja energiankulutuksen suhteen laitteiden tuottamassa datassa oli puutteita [15].

Yksilön harjoituksen työmäärän kuvaamiseen voidaan käyttää erilaisia parametreja. Taulukossa 1 esitellään tärkeimmät mitattavat ulkoiset parametrit, joita pystytään mittaamaan useimmissa nykyisissä sovelluksissa, sekä älylaitteissa.

**Taulukko 1.** Tärkeimmät ulkoiset parametrit, joita mitataan sovelluksilla tai puettavilla laitteilla. [16]

Parametrin tyyppi	Yksittäinen parametri	Sensori	Lisätiedot
Harjoituksen kesto ja frekvenssi	Aika Numerot	Urheilukello	Urheilukello mahdollistaa automaattisen tallennuksen pilveen
Matkan mittaus (eri nopeusalueilla)	Absoluuttinen arvo	Maailmanlaajuiset satelliittinavigointijärjestelmät	Ainoastaan ulkokäyttöön
	Suhteellinen arvo		Tarvitaan korkea näytteenottotaajuutta
	Pitkäaikainen työmäärä	Paikalliset paikannusjärjestelmät	Ulko- ja sisäkäyttöön
Lyhyet ”räjähtävät” aktiviteetit	Absoluuttinen kiihtyvyys Suhteellinen kiihtyvyys	Inertial measurements units, IMU	Sulautettu satelliittinavigointilaitteeseen
Uni	Määrä Elimistön sisäinen vuorokausirytmii	Actigraphy (henkilön liikkeiden tallentamiseen unen aikana ja unen vaiheiden analysointi)	
Ympäristötekijät	Lämpötila	Lämpötila-anturi	
	Korkeus	Ilmanpainemittari	
	UV-säteily	Kosteusmittari	
	Ilmankosteus		

Lyhyet ”räjähtävät” aktiviteetit tarkoittavat mm. muutosta suunnassa, taklausta, pyrähdystä tai heittämistä. Tämän mittaamiseen käytetään kolmiulotteisia kiihtyvyysantureita ja gyroskooppeja. Unen kesto ja sen suhdetta vuorokausirytmiiin voidaan arvioida sovelluksista ja puettavien laitteiden sensoreista saaduilla tiedoilla. Tutkimuksen mukaan

uni ja suorituskyky/terveys vaikuttavat toisiinsa. Ulkoiseen kuormitukseen vaikuttavia ympäristötekijöitä ovat [16]:

- korkeus
- kaltevuus
- jyrkkyys
- lämpötila
- UV-altistus
- kosteus

Yleinen puettava laite urheilu/kuntoilukäytössä on aktiivisuusranneke. Rannekkeella voidaan seurata omaa aktiivisuutta ja elämäntapoja, harjoitteita, sykettä ja vaikkapa stressitasoja. Markkinoilla on lisäksi tarjolla mm. älykenkiä, joiden nauhoitus kiristyy/löystyy tarpeen mukaan, joissakin kengissä on lämmitystoiminto ja kengät voivat myös laskea askeleita [17,18]. Sykemittarivyötä käytetään sykkeen mittaukseen. Alan teknologioihin liittyy myös lämpötilaa säätelevä vaatetus, esimerkkinä kangasmateriaali, joka voi automaattisesti säännellä läpikulkevan lämmön määrää auttaen käyttäjää pysymään viileänä tai lämpimänä tilanteen mukaan [19]. Älylasit voivat yhdistyä treeniohjelmistoon tarjoten suoraan tietoa linsseihin vaikkapa käytetystä ajasta ja vauhdista reaaliajassa [20].

Suosituin puettavan teknologian tyyppi nykyhetkellä on ranteessa kannettava laite (esim. älykello tai aktiivisuusranneke). Mittaava sensori voidaan myös asentaa itse urheiluvälineeseen. Erilaisilla ratkaisumalleilla pyritään mahdollisimman kattavan monitoroinnin saavuttamiseen, ilman että laitteet haittaavat suoritusta/liikettä. Sensorin asennuspaikka riippuukin haluttavasta datasta. Urheiluvälineeseen (esim. amerikkalainen jalkapallo) asennettu sensori voi antaa tähdellisempää dataa, kuin ranteessa oleva sensori, riippuen mitä dataa halutaan mitata [21]. Kuvassa 1 nähdään eräs Suunnon valmistamista urheilukelloista.



**Kuva 1.** Suunto Spartan Sport Wrist HR -urheilukello [22]

## **2.5 Puettavissa teknologioissa hyödynnettävät sensorit**

Puettavan teknologian käyttäjälle tuotettu data perustuu erilaisten sensorien antamaan tietoon. Sensoriteknologiasta haettiin tietoa alan verkkokirjallisuudesta, sekä alan nettisivuilta. Osiossa esitellään yleisimmät käytettävät sensorit, sekä useamman sensorin muodostamat yksiköt. Esitellyt sensorit kattavat pitkälti kuluttajakäyttöön tarkoitettujen ratkaisujen vaatimukset. Tarkoituksena on lisäksi esitellä, millaisista komponenteista markkinoilla olevat ratkaisut koostuvat.

Sensoriteknologian kehitykseen on suuresti vaikuttanut MEMS-teknologia (Micro-Electro-Mechanical Systems), mikä on mahdollistanut pienikokoisten, suhteellisen halpojen sekä virtatehokkaiden sensoreiden valmistamisen. Sensori itsessään voi olla joko 1-, 2- tai 3- akselinen [23].

Gyroskoopin, kiihtyvyyssanturin ja magnetometrillä mitataan kulmanopeutta. Näiden kolmen sensorin mittaamia suureita voidaan käyttää myös vartalon suunnan havaitsemiseen. Yhdellä sensorilla kerrallaan mitattaessa tulos on usein epätarkka, joten tilanteen parantamiseen käytetään gyroskoopin ja kiihtyvyyssanturin yhdistämistä Inertial Measurements Unitiksi (IMU). Näin saadaan tietoa suunnasta kaksiulotteisessa ympäristössä. Jos halutaan tietoa kolmiulotteisessa ympäristössä, lisätään joukkoon magnetometri (Magnetic and Inertial Measurement Unit, MIMU) [23].

Gyroskoopin, kiihtyvyyssanturin ja magnetometrillä sensoridataa voidaan käyttää arvioimaan erilaisia parametreja. Sensoreista johdetut parametrit voidaan jakaa kolmeen osaan:

### **Temporaaliset parametrit**

Temporaalisissa parametreissa havainnoidaan esimerkiksi maksimi, minimi, kaltevuuden vaihtelu mitatuissa kulmanopeudessa tai kiihtyvyyssignaaleissa. Esimerkkejä parametreista [23]:

- liikkeen alku tai loppu, jalan tai käden kontakti, pallon irtoaminen
- vaiheen identifiointi ja segmentointi näiden avulla
- aikaintervallit, kuten askeleen kesto, vedon kesto uinnissa
- poljentataajuus pyöräilyssä

### **Motoriset parametrit**

Motoriset parametrit viittaavat liikkeen kulmaan, sekä lineaariseen sijaintiin, nopeuteen, että kiihtyvyyteen. Tällöin saadaan selville kolmiulotteisen suunnan estimaatti MIMUn avulla. Tämä on tärkeää, kun halutaan tietää tarkasti urheiluvälineen sijainti (golfmaila, tennismaila) tai kun halutaan tietää kehonosan sijainti verrattuna toiseen [23].

### **Dynaamiset parametrit**

Myös dynaamiset parametrit viittaavat sekä kulma-, että lineaarisiin muuttujiin. Vaikkakin teoriassa ulkoiset voimat, momentit yms. voidaan arvioida MIMU-mittauksista, parametrien tarkkuus ja luotettavuus riippuvat kinemaattisten muuttujien (mm. ajalliset parametrit, suunta ja sijainti) tarkasta arvioinnista [23].

Puettavan teknologian laitteet perustuvat erilaisten sensorien antamaan dataan. Seuraavassa esitellään tärkeimmät sensorikomponentit [21].

### **Mikrokontrolleri**

Puettavan teknologian pääkomponentti, mahdollistaa useiden toiminnallisuuden yhdistämisen yhteen siruun. Mikrokontrolleri on helppo ohjelmoida, kustannustehokas ja tarpeeksi pienikokoinen. Perinteisesti mikrokontrollerin ohjelmointiin käytetään Visual basicia, kannettavassa teknologiassa taas käytössä on enemmänkin C, C++, Arduino, Java, Swift (Apple IOS) sekä Python, riippuen puettavan laitteen toiminnallisuudesta.

### **Kiihtyvyysanturi**

Kiihtyvyysanturi on yleinen sensori puettavassa teknologiassa. Käytetään sekä lineaariseen, että painovoiman havainnointiin. Esimerkkinä juostessa kiihtyvyysanturista saadaan tietoa sekä huippunopeudesta, että kiihtyvyydestä. Kineettinen liike muutetaan digitaaliseksi mittaustulokseksi. Tämä voidaan toteuttaa joko piezosähköisesti (mikroskooppiset kristallirakenteet joutuvat rasitukseen liikkeestä, jolloin havaittu jännite muuttuu). Toinen tapa on mitata kapasitanssiero kahden mikrorakenteen välillä.

### **Gyroskooppi**

Gyroskooppi eroaa kiihtyvyysanturista siten, että se mittaa ainoastaan kulmakiihtyvyyttä. Luotettavamman lopputuloksen saamiseksi gyroskooppia käytetään usein yhdessä kiihtyvyysanturin kanssa. Gyroskooppia käytetään, kun halutaan tietoa, joihin liittyy kulma tai asemointi. Tämä on tärkeää, varsinkin jos tarkoituksena on liittää anturi urheiluvälineeseen (esim. tennis- tai golfmaila).

### **Magnetometri**

Magnetometrin toiminta vastaa kompassia ja täydentää kiihtyvyysanturia ja gyroskooppia filteröimällä liikkeen suuntaa.

## **Global Positioning System (GPS)**

GPS-sensori löytyy monista laitteista, älypuhelimet esimerkkinä. Sitä käytetään navigointiin järjestelmän kertoessa käyttäjän sijainnin. Käytetään esimerkiksi välimatkojen ilmoittamiseen. Laitetta suunniteltaessa pitää ottaa huomioon GPS:n virrankulutus.

## **Sykesensorit**

Sykkeen seurantaan on erilaisia tekniikoita. Kapasitiivisessa sensorissa elektrodi ja iho muodostavat kondensaattorin (esim. perinteinen sykevyö). Toinen vaihtoehto on käyttää valoa veren virtauksen mittaamiseen. Tämä tekniikka on tuttu älyrannekkeista/kelloista, joissa käytetään usein vihreää valodiodia mittamaan valon imeytymistä. Mitä enemmän verta virtaa kehossa, sitä enemmän diodi imee valoa. Tämä data voidaan muuntaa pulssin mittaukseksi.

## **Askelmittari**

Askelmittaria käytetään askelmäärän mittaukseen sekä kävellessä, että juostessa. Askelmittareita on sekä mekaanisia, että elektronisia.

## **Painesensorit**

Painesensoreita käytetään seuraamaan ulkopuolisia vaikutuksia, esimerkiksi pallokontaktia. Ilmanpainesensoreita taas käytetään mittaamaan korkeutta.

Yleisesti, sensorien tuottaman datan tarkkuus on suurempi matalan kohtuullisen intensiteetin harjoituksissa tai johdonmukaista liikettä sisältävissä harjoituksissa (kuten hölkkääminen). Näin on myös, kun sensorit mittaavat ainoastaan yhtä attribuuttia. Kun taas alati liikettä muuttavissa korkean intensiteetin harjoitteissa sensorien tarkkuus heikkenee. Tällöin käyttäjän näkemät lukemat eivät enää välttämättä ole haluttuja tuloksia, ainoastaan tuloksia, mitä ohjelmiston on käsketty tuottaa saadulla datalla. Muunnokset, algoritmit, sekä monitoroidun lukeman dataprosessointi vaikuttavat kaikki sensorien antamien lukemien tarkkuuteen. [21]

## **2.6 Langattomat kommunikaatiotekniikat puettavissa teknologioissa**

Älyteknologian laitteiden pienen koon takia järjestelmien välinen kommunikaatio halutaan hoitaa mahdollisimman virtatehokkaasti. Useimmat laitteet perustuvat kuitenkin samoihin perustekniikoihin ja sensoreihin. Laitteiden väliseen kommunikaatioon on kehitetty useita eri tekniikoita, joista yleisimmät on esitelty alla [24].

### **Bluetooth Low Energy (BLE)**

Nykyään useimmat puettavat laitteet käyttävät BLE:ä (Tunnettiin ennen nimellä Bluetooth Smart). Teknologia on helppo implementoida, edullinen, sekä virrankulutukseltaan vähäinen. Esimerkkinä tuotteessa voidaan päästä nappiparistolla kuukausien, jopa vuosien toiminta-aikaan. Kompromissina datansiirtoa on rajoitettu, mutta useimmat laitteet käyttävät hyvin vähän dataa tiedonsiirtoon, joten tämä ei nouse useimmille ongelmaksi. BLE-siru on pienikokoinen, jolloin tuotteesta saa esteettisesti miellyttävän ja helpon pukea päälle. Kantomatka näköyhteydellä on aina 100 metriin asti. Jos tarvitaan suurempaa tiedonsiirtokapasiteettia (esimerkiksi äänen tai videon siirtoon), BLE ei taivu tähän.

### **ANT/ANT+**

Langaton verkkoteknologia, joka on yleisesti käytössä urheilusegmentissä sykkeen mittaukseen, sekä pyöräilysovelluksissa (pyöräilyteho, nopeus, välimatka). Sensorit ja muut solmut toimivat joko masterina tai slavena langattomassa verkossa. Jokainen solmu voi lähettää, vastaanottaa tai toimia toistimena kasvattamaan verkon kantamaa. Verkko voidaan konfiguroida vähävirtaiseen sleep-moodiin, jolloin se kuluttaa erityisen vähän virtaa.

### **Near Field Communication (NFC)**

Toimii parhaiten tuotteissa, jotka vaativat pientä virrankulutusta ja pientä tiedonsiirtomäärää lähietäisyydeltä.

### **Bluetooth Classic, alun perin pelkkä Bluetooth**

Perustandardi langattomaan kommunikointiin. Verrattuna BLE:yn tarjoaa huomattavasti suuremman kaistanleveyden, mutta vaatii samalla enemmän virtaa. Lisäksi verkon topologia on rajoitettu, joten tekniikka ei sovellu laajoihin sensoriverkkoihin.

## Wi-Fi

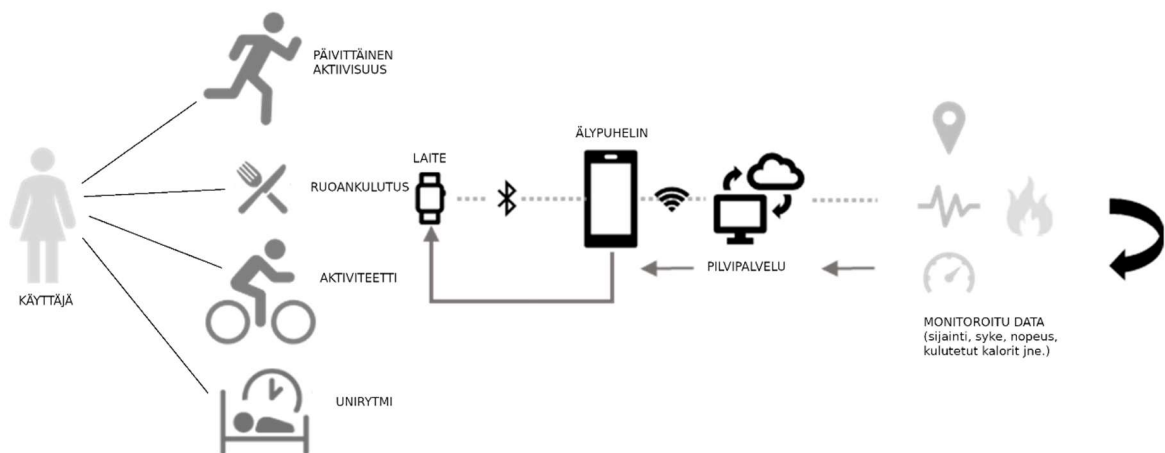
Paras vaihtoehto tilanteisiin, joissa pitää siirtää paljon dataa mahdollisimman pienellä viiveellä. Korkea virrankulutus, aiheuttaa jatkuvaa akkujen lataamistarvetta.

## Matkapuhelinradio

Puettava laite voi kommunikoida myös suoraan matkapuhelinverkon kanssa. Tämä ei ole kovin kätevä teknologia pieniin puettaviin laitteisiin suuren virrankulutuksen takia. Myös fyysinen koko nousee ongelmaksi.

Jotkut puettavat laitteet yhdistelevät näitä teknologioita, hyödyntäen kunkin erityispiirteitä. Esimerkkinä Apple Watch käyttää seuraavia teknologioita: Bluetooth Classic, BLE, Wi-Fi ja NFC.

Yksinkertaistettu esimerkki puettavan teknologian toiminnasta esitellään kuvassa 2. Esimerkissä käyttäjän aktiivisuutta mitataan sensoreilla. Tieto siirtyy älypuhelimeen, josta eteenpäin pilvipalveluun. Data prosessoidaan käyttäjän ymmärtämään muotoon ja lähetetään takaisin joko älypuhelimeen tai puettavan teknologian laitteeseen itsessään.



**Kuva 2.** Kommunikointi laitteiden välillä [21].

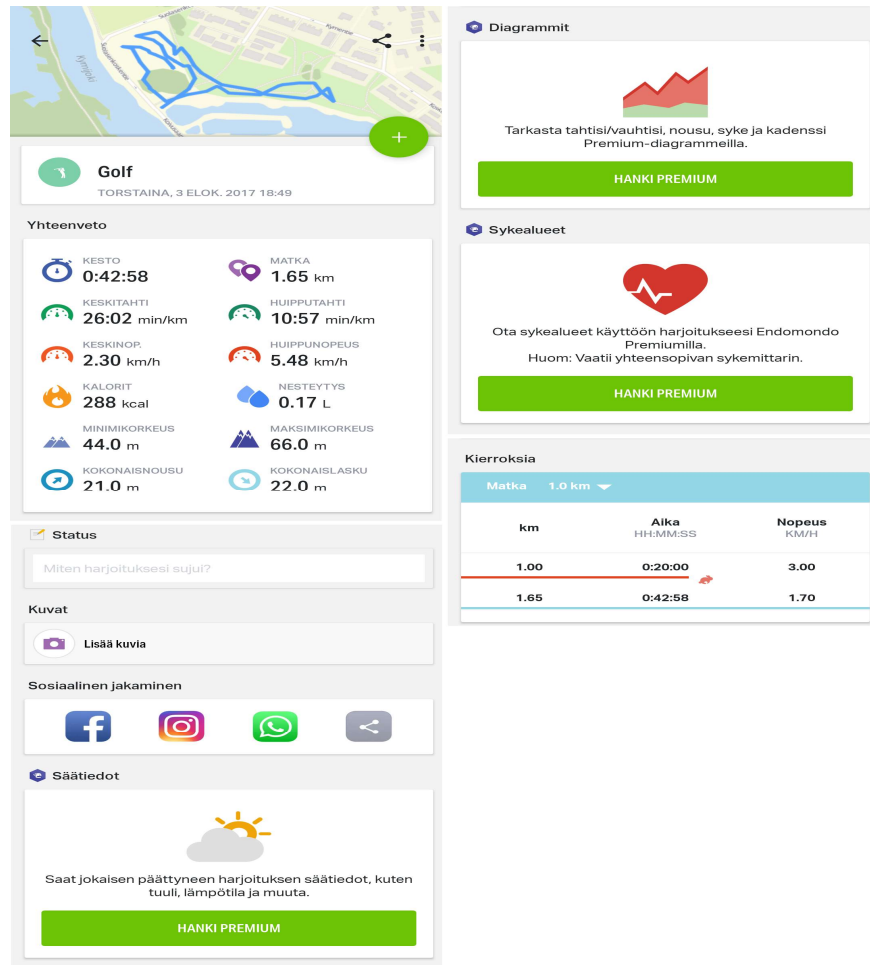
## 2.7 Älypuhelinsovellukset urheiluharrastajalle

Kun halutaan tarkastella sensorien tuottamaa dataa laajemmin, tarvitaan mukaan sovellus älypuhelimeen. Urheilukellojen mukana tulevien ohjelmistojen lisäksi markkinoilla on lukuisia sekä maksullisia, että maksuttomia sovelluksia, joko yleiseen urheilusuoritusten seurantaan, tai spesifisempiä yhteen lajiin keskittyviä sovelluksia. Perusharrastaja pääsee jo pitkälle pelkillä ilmaisilla sovelluksilla, mutta tarkempaan dataan ja analyysiin päästäkseen useat sovellukset vaativat maksullisuutta.

Esitellyt ohjelmistot on valittu pitkälti sen mukaan, että näitä ohjelmistoja on tullut käytettyä henkilökohtaisesti.

Esimerkkinä Endomondo [25] on tarkoitettu harjoitusten seurantaan, se tarjoaa palautetta suorituksen aikana sekä neuvoja tavoitteen saavuttamiseen. Endomondo käyttää hyväkseen myös sosiaalista interaktiota. Valittavana on useita kymmeniä lajeja, kuten aerobic, golf, juoksu, laskettelu, pyöräily, uinti ja soutu.

Kuvassa 3 nähdään Endomondon ilmaisen version näyttämät tiedot frisbeegolf-kierroksella. Kuljettu reitti piirtyy karttaan ja harjoituksen lopussa käyttäjä saa yhteenvedon harjoituksesta. Kuukausimaksullisella Premium-palvelulla lisäksi saisi mm. yksityiskohtaisemmat tilastot, säätiedot, sekä sykealueet käyttöönsä.



**Kuva 3.** Endomondon ilmaisen, kuukausimaksuttoman version näkymä

Enemmän yhteen lajiin keskittyvästä ohjelmistosta on esimerkkinä frisbeegolfiin tarkoitettu Udisc [26]. Udisc mahdollistaa esimerkiksi:

- uusien ratojen löytämisen
- tulosten kirjaamisen
- kehityksen seuraamisen (keskiarvotulokset, paras tulos jokaisella väylällä, kilpailemisen muita pelaajia vastaan maailmanlaajuisella tulostaululla)
- heittojen pituuden mittaamisen

Udisc mahdollistaa myös tulosten syöttämisen suoraan älykellosta, jolloin kännykän voi pitää taskussa frisbeegolf-kierroksella. Kuvassa 4 näkyy Udiscin tuottama tulokortti frisbeegolfkierrokselta.

## Masi

Koivusaari discgolfpark -2 (25)

Main



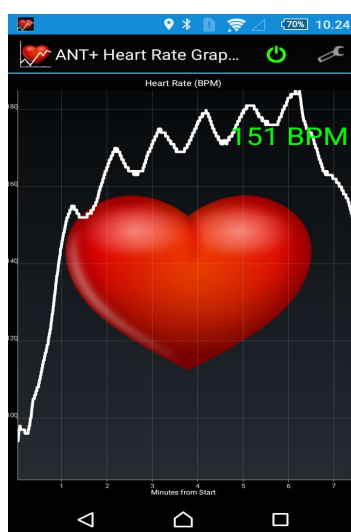
VÄYLÄ	1	2	3	4	5	6	7	8	9
ETÄI	54	83	86	62	81	108	56	65	55
PAR	3	3	3	3	3	3	3	3	3
Tulos	2	3	3	2	3	3	3	3	3

13.7.2017 17.48, Kouvola, Finland  
21 °C ⇒ 3 m/s S



**Kuva 4.** Tulokortti Udiscissa.

Kuvassa 5 nähdään ANT+ Heart Rate Grapher Android-sovelluksen tuottama sykekäyrä. Sykkeen mittaukseen on käytetty Garminin valmistamaa rinnan ympärille kiinnitettävää sykevyötä.



**Kuva 5.** ANT+ Heart Rate Grapher-sovelluksen tuottama sykekäyrä

## 2.8 Urheilukellot harrastajan apuna

Urheilukelloja voidaan käyttää suosituimpien lajien seurantaan. Tietoa saadaan mm. treenin kestosta, kuljetusta matkasta, erilaisia analyysjä tekniikasta, syketietoja, tietoa vaikutuksista treeniin ja tarjolla on jopa valmennusominaisuuksia. Juoksijalle ja pyöräilijälle GPS on tärkein käytettävä tekniikka. Uinnissa taas laitteen vedenkesto nousee tärkeimmäksi. Myös ohjelmistotuki on tärkeää, toisin sanoen kuinka kätevä urheilukellon valmistajan omaa softaa on käyttää ja pystyykö tiedot synkronoimaan helposti kolmannen osapuolen sovelluksiin. Kaikkia asioita ei voi kuitenkaan seurata ranteesta. Tästä esimerkkinä pyöräilijöillä kadenssianturi pyörässä. Akkukesto vaihtelee, varsinkin GPS-käytössä jopa päivittäisistä lataustarpeista muutamien päivien, jopa viikkojen akkukeston. Useimpia älykelloja voidaan käyttää myös treeniseurantaan. Lisäksi niihin voidaan asentaa sovelluksia, lukea sähköposteja/Whatsapp-viestejä yms. Kokoaikainen käyttö tarkoittaa kuitenkin myös jatkuvampaa lataustarvetta, lisäksi hinta on usein suurempi kuin simppeleimmässä urheiluseurantaratkaisussa. Seuraavassa esitellään joitakin vaihtoehtoja kuluttajakäyttöön [27].

### **Garmin Forerunner 245 Music: Urheilukello juoksuun**

Juoksijoille löytyy eniten valikoimaa urheilukelloista. Aina budjettivaihtoehtoista (Garmin Forerunner 45) premiumvaihtoehtoihin (Garmin Fenix 6 Pro). Garmin Forerunner 245 Music tarjoaa kaikki tärkeimmät ominaisuudet juoksijalle ja lisäksi muutaman erityisemmän ominaisuuden. Reitit seurantaan on tarjolla GPS, GLONASS, sekä Galileo, lisäksi kellosta löytyy optinen sykkeenmittaus. Musiikkia voi synkata kelloon, sekä linkittää sen Spotify Premium -tiliin. Ominaisuuksista löytyy myös esim. kokonainen harjoitussuunnitelma 5000m, 10000m, tai puolimaratonin varten.

Akkukesto 24h (GPS), 6h (GPS + musiikki), 7 päivää (kellomoodissa)

GPS: Kyllä

Vedenkestävä: Kyllä

Sykkeenseuranta: Kyllä

Bluetooth/ANT+: Bluetooth & Ant+

### **Polar Ignite: hinta/laatusuhteeltaan hyvä urheilukello**

Ignite sisältää tärkeimmät anturit useimpien kuviteltavissa olevien lajien seurantaan, mm. triathlon ja avovesiuinti. Lisäksi löytyy jokaiselle päivälle harjoitusehdotuksia (voima, kardio ja tukitoiminnot). Ignite ehdottaa vaihtoehtoja ja käyttäjän valittua treenin Ignite neuvoa suorituksessa (mitä harjoituksia tehdä, millä sykealueella pitäisi pysyä). Igniten ehdotukset perustuvat käyttäjän kuntopohjan tilaan palautumisen arvioinnin avulla (unen laadun ja sykevälivaihtelun seuranta).

Akkukesto: 17h (GPS), 5 päivää (kellomoodi)

GPS: Kyllä

Vedenkestävä: Kyllä

Sykkeenseuranta: Kyllä

Bluetooth/ANT+: Bluetooth

### **Garmin Forerunner 945: Paras urheilukello triathloniin ja pyöräilyyn**

Forerunner 945 on monipuolinen joka paikan urheilukello, joka tarjoaa luotettavan ja yksityiskohtaisen seurannan useisiin lajeihin. Lisäksi valikoimasta löytyy perustavanlaatuisen harjoittelun ja palautumisen analyysi, musiikkitoisto ja navigointi. Muotoilu on ohut ja kello kevyt, joten kelloa on miellyttävä pitää pitkissä treenisessioissa. 945 on yhteensopiva useiden sensorien kanssa (pyöräilyn tehomittarit, juoksusensorit jne.).

Akkukesto: 36h (GPS), 10h (GPS + musiikki), 14 päivää (kellomoodi)

GPS: Kyllä

Vedenkesto: Kyllä

Sykkeenseuranta: Kyllä

Bluetooth/ANT+: Bluetooth & ANT+

### **Withings Steel HR: Huomaamattomin urheilukello**

Withings Steel HR näyttää aivan tavalliselta kellolta, sisältäen kuitenkin jokapäiväisen aktiivisuuden seurannan sekä perustoiminnot kuntoilutietojen tallettamiseen. Steel HR seuraa automaattisesti kävelyä, juoksua, uintia ja unta ja antaa tietoa, miten käyttäjä edistyy. Käytössä ei ole GPS-seuranta tai yksityiskohtaista treeni-infoa.

Akkukesto: 25 päivää

GPS: Ei

Vedenkesto: Kyllä

Sykkeenseuranta: Kyllä

Bluetooth/ANT+: Bluetooth

### **Apple Watch Series 5: älykello myös urheiluun**

Kellossa on tarkka sykkeen seuranta, GPS-seuranta, uintiseuranta (automaattinen uintiliikkeen tunnistus ja kierroslaskin. Käytettävissä on laaja valikoima sovelluksia App Storesta: Strava, Runkeeper, Cyclemeter, vaihtoehtoja on monia.

Akkukesto: 18h

GPS: Kyllä

Vedenkesto: Kyllä

Sykkeenseuranta: Kyllä

Bluetooth/ANT+: Bluetooth

### **Fitbit Charge 4: yksi parhaimmista aktiivisuusrannekkeista markkinoilla**

Sisäänrakennettu GPS mahdollistaa seurannan ilman puhelinta. Fitbit Paylla voi maksaa lähimaksua hyödyntäen ja jos puhelin on mukana, rannekkeella voi kontrolloida Spotifyn soittolistoja. Uutena ominaisuutena on Active Zone Minutes. Tämä tarkoittaa mitä tahansa normaalia kävelyä nopeampaa aktiviteettia. Käytössä on simppeleitä sykeharjoite, joka kannustaa viettämään aikaa eri syketasoilla perustuen käyttäjän ikään ja kuntotason (kellon määrittelemä). Ei värillistä näyttöä, mutta ikonit ja menukuvat ovat selkeät. Charge 4 toimii siltana perusaktiivisuusrannekkeiden ja urheilukellojen välimaastossa [28].

Akkukesto: jopa 7 päivää

GPS: Kyllä

Vedenkesto: Kyllä

Sykkeenseuranta: Kyllä

Bluetooth/ANT+: Bluetooth

Älykellon urheiluominaisuudet kannustavat aktiiviseen elämään, mutta tärkeäksi nousee myös mobiililaitteeseen kerätyt terveys-, sekä aktiivisuustiedot. Kun data esitellään havainnollistavasti ja mielenkiintoisesti, syntyy aktiivisuudesta mielenkiintoisempi yleiskuva. Stressitasoista, kehon energiatasoista ja palautumisesta kertovat käyrät tarjoavat

suuntaa antavan kuvan käyttäjän terveydestä. Tietojen keräämisen kannalta on tärkeää, että älykelloa pidetään mahdollisimman aktiivisesti ranteessa. Päivittäinen käyttö onnistuu parhaiten silloin, kun akkukesto ja käyttömukavuus on mahdollisimman hyvä. Mitä suppeammat ominaisuudet älykellossa on, sitä vähemmän ne kuluttavat virtaa. Älykelloissa kellon kotelon taustapuolelle asennetut sensorit työntyvät ulospäin, jolloin ne painavat rannetta. Laitteen muotoilu vaikuttaakin paljon käyttömukavuuteen [29].

Suurin ero äly- ja urheilukellojen välillä tulee esiin urheilutoimintojen helppokäyttöisyydessä. Urheilukellot voivat keskittyä tiettyyn harrasteeseen tai suoritukseen. Kaiken kaikkiaan voidaankin sanoa, että *”lähes kaikki älykellot ovat enemmän tai vähemmän urheilukelloja, ja lähes kaikki urheilukellot ovat enemmän tai vähemmän älykelloja”*. Urheilukelloista saattaa puuttua tiettyjä älykellojen ominaisuuksista (mm. lähimaksaminen, sovellusten asennus, musiikin kuuntelu, viesteihin/puheluihin vastaaminen) [29].

Mikrobitti testasi älykellojen paikannustarkkuutta juoksulenkillä. Kaikki testissä mukana olleet kellot kelpaisivat ominaisuuksiltaan *”kevyttä urheilua harrastavalle”*, mutta vaativampaan tai ammattimaiseen käyttöön halvimpien kellojen keräämät suppeammat tiedot eivät riitä. Testissä parhaimmat kellot pystyivät kertomaan jopa kummalla puolella tietä juoksija oli liikkunut, kun huonoimmillaan paikannus oli pätkivää ja hieman epätarkkaa [30].

Sykevyötä käytettäessä sensorin läheisyys sydämeen antaa nopeasti tietoa sykevaihteluista, kun taas ranteesta mitattuna tiedot saapuvat pienellä viiveellä. Harrastajatarkoituksessa tällä on kuitenkin vain vähän merkitystä. Mikrobitin testissä älykellot ilmoittivat syketiedot hyvinkin tarkasti verrattuna sykevyön antamiin tietoihin. Testi suoritettiin juoksulenkillä. Esim. uinnissa kellon ja ranteen väliin pääsevä kosteus voi haitata optista sykkeenmittausta. Tosin sykevyön kanssa uudessa veden sähkönjohtavuus aiheuttaa ongelmia laitteiden elektrodeille [31].

Jokaisella on henkilökohtainen lepo-, minimi- ja maksimisyke. Erilaiset sykealueet vastaavat harjoituksen intensiteettiä ja harjoituksesta saatavia hyötyjä. Henkilökohtaiset

sykealueet voi määrittää eri tavoin, yksinkertainen tapa on määritellä ne prosentteina maksimisykkeestä. Suuntaa antava arvio omasta maksimisykkeestä saadaan kaavalla: 220-ikä = maksimisyke. Taulukossa 2 esitellään sykealueet vaikutuksineen [32].

**Taulukko 2.** Sykealueet [32]

	<b>SYKE- ALUE</b>	<b>HARJOITUSVAI- KUTUS</b>	<b>TUNTEMUK- SET</b>	<b>HARJOITUS- TYYPPI</b>
5 MAKSI- MI	90-100%	Kehittää maksimisuorituskykyä parantaa maitohapon sietokykyä	Tuntuu erittäin raskaalta, voimakasta hengästymistä, uupumusta lihaksissa	Vain lyhyitä intervalleja
4 RASKAS	80-90%	Lisää maksimisuorituskykyä parantaa anaerobista kestävyyttä	Tuntuu raskaalta, hengästymistä, väsymistä lihaksissa	Lyhyempiä harjoituksia tai intervalleja
3 KESKI- RASKAS	70-80%	Parantaa aerobista kuntoa	Tuntuu miellyttävältä, lievää hikoilua	Kohtalaisen pitkiä harjoituksia
2 KEVYT	60-70%	Parantaa peruskestävyyttä ja polttaa rasvaa	Tuntuu kevyeltä	Pidempiä ja usein toistettavia lyhyitä harjoituksia
1 ERIT- TÄIN KEVYT	50-60%	Terveysliikunnan perustaso, nopeuttaa palautumista	Tuntuu erittäin kevyeltä	Palautumis- ja jäähdyttelyharjoi- tuksia

## 2.9 Movesense – Suunnon lippulaivatutuote puettavaan teknologiaan

Movesense valikoitui tarkempaan esittelyyn tekniikan monipuolisuuden takia. Lisäksi tietoa on kattavasti saatavilla Movesensen verkkosivuilta. Movesense-sensortechnikkaa käydään läpi hieman tarkemmin lupaavan potentiaalin takia. Suunnon tavoitteena on saada avoin tekniikka leviämään mahdollisimman laajalle yhteistyökumppaneille verrattuna yksityisiin suljettuihin järjestelmiin. Suunnon valmistama Movesense tarjoaa markkinapuheiden mukaan yhden monipuolisimmista sensoriratkaisuista markkinoilla.

Suunto sai alkunsa vuonna 1936, jolloin Tuomas Vohlonen keksi tavan valmistaa aiempaa tarkempia kompasveja. Urheilukellot, sukellustietokoneet ja urheiluinstrumentit kuuluvat Suunnon ydinosaamiseen. Nestetäytteisen kompassin massatuotantomenetelmän keksimisestä on kuljettu pitkä matka nykyhetkeen. [33]

Kun usein käytettävä anturi toimii vain tietyssä käyttöympäristössä, Movesense tarjoaa yhden sensorin ratkaisun, sekä avoimen kehitysalustan puettavan tekniikan hyödyntämiseen niin liikkeentunnistuksessa kuin biometriikassakin. [34]

Mahdollisia Movesensen käyttökohteita ovat:

- urheilu
- terveys
- laitteet
- koneet
- käytännössä kaikki, mikä liikkuu

Suunnolla oli alussa lähtökohtana rakentaa uusi sykesensori. Insinöörit kokeilivat lisätä täyden liikkeentunnistuksen yhteen prototyypeistä ja Suunnolla huomattiin, että tästä aukeaa aivan uusia mahdollisuuksia, ei pelkästään urheilumonitorointiin vaan myös Suunnon ydinosaamisen ulkopuolelle. Suunto ei halunnut pitää näin monipuolista sensoriratkaisua itsellään, vaan he päättivät tehdä siitä avoimen jokaisen halukkaan työstää ideoitaan tuotteeksi Movesensen avulla.

Movesense mahdollistaa eri tahojen sensorikonseptien tuonnin markkinoille nopeasti ja kustannustehokkaasti. Tämä on mahdollista, koska näin toimien ei tarvita resursseja omaan rautatason tuotekehitykseen ja valmistukseen. Movesensessä tuotteen valmistaja voi suoraan keskittyä omaan ideaansa (sensoriohjelmisto ja mobiiliohjelmisto), jolloin käyttäjä saa suoraan lisäarvoa valmistajan omasta ydinsaamisesta. Kasvava Movesense-ekosysteemi tarjoaa yhteistyömahdollisuuksia, minkä lisäksi tukea kehityksessä, tunnettavuuden rakentamisessa sekä tuotteen uskottavuudessa.

Movesensessä sensori itsessään voi ajaa kehitettyjä applikaatioita. Movesense on ensimmäisiä kaupallisesti tarjolla olevia kuluttajatason tuotteita, joka tarjoaa hallittavan API:n kolmannen osapuolen ohjelmistoihin mikrokontrolleriympäristössä. Mitattavaa dataa voidaan prosessoida sensorin sisällä. Movesensessä sensori lähettää valmiiksi prosessoitua dataa puhelimeen, jolloin kaistan tarve vähenee.

### **Movesense-sensori**

Movesense on ensimmäinen kaupallisesti saatavilla oleva mikrokontrollereihin perustuva laite, joka tarjoaa REST API:n (Representational State Transfer Application Programming Interface). Konsepti on tuttu web-applikaatioiden kehittäjille. Tällöin ohjelmistokehitys yksinkertaistuu huomattavasti, koska omat palvelut voi rakentaa API:n päälle ja näitä palveluja voi käyttää ohjelmistossa yhtäläisesti firmwaren tarjoamien palvelujen lisäksi.

REST API on symmetrinen, joten sekä sensori, että puhelin voivat käyttää toistensa palveluja. Movesense ei olekaan pelkkä piirilevy, vaan kokonainen tuote, joka on veden- ja iskunkestävä, pienikokoinen, sekä erittäin virtatehokas. Sensori on tällä hetkellä massatuotannossa.

### **Movesense-liitin (connector)**

Movesense-liitintä käytetään Movesense-sensorin liittämiseen vaatteisiin tai välineisiin. Vanhastaan sensorit upotettiin haluttuun välineeseen, nyt riittää liittimen lisääminen haluamaansa tuotteeseen ja sensorin kiinnittäminen siihen.

Movesense-ympäristössä kehittämien on nopeaa ja suoraviivaista. ja kehitysympäristö on avoinna kaikille kiinnostuneille osapuolille (tosin nykyhetkellä Movesense Developer kit on tarjolla ainoastaan yritysasiakkaille). Movesense tarjoaa liikkeentunnistuksen ja muita älykkäitä ominaisuuksia mihin tahansa urheiluun tai aktiviteettiin. Sensorin voi kiinnittää niin henkilöön itsessään, kuin vaatteisiin tai välineisiin. Sama sensori toimii erilaisissa tilanteissa. Movesense-ratkaisuiden määrän kasvaessa on mahdollista löytää juuri omiin tarpeisiin soveltuva seurantaratkaisu. Aktiviteetin muuttuessa voidaan käyttää samaa sensoria applikaation vaihtuessa.

Sensori pähkinänkuoressa:

- 9-akselinen liikkeentunnistus
- sisäänrakennettu muisti datan tallennukseen
- BLE
- vaihdettava paristo
- paino vain 10g paristo mukaan lukien
- veden ja iskunkestävä
- yleiset, edulliset kehitystyökalut (C++ GCC open source toolchain)

Movesense-sensori on paristokäyttöinen (CR2032) laite, joka käyttää langattomaan viestintään BLE:ä. Muovikuori on vedenkestävä 50 metriin asti. Sensorin sydän on Nordic Semiconductorin RF52832 controlleri, jossa on ARM M4 ydin. Samalla sirulla hoidetaan sekä bluetooth-yhteys, että Movesense-alustan ohjelmisto.

Muu laitteisto:

- kiihtyvyyssanturi
- gyroskooppi
- magnetometri
- lämpötila-anturi
- mahdollisuus sykkeen ja ECG:n mittaukseen
- 1-Wire -rajapintaa käyttävät sensorit
- kustomoitava ledi merkinantoon

Patentoidusta matalan profiilin liittimestä on kaksi vaihtoehtoa, jolla sensori liitetään vaatteeseen tai välineeseen.

- perusmalli (snap connection)
- älykäs malli (digitaalinen ID, jonka avulla sensori osaa käynnistää juuri tietyn applikaation)

Connectori voidaan liittää vaatteisiin normaaleilla vaatevalmistusmetodeilla ja välineillä.

Tarjolla on myös pehmeä malli elektrodeilla, jolloin vaatteeseen voidaan liittää myös sykkeentunnistus.

Movesensessä ohjelmistorajapinta tuo lisäarvoa tuotteeseen, koska näin ei olla sidottu pelkästään anturiin, vaan lisäksi voidaan luoda uusia toiminnallisuuksia ohjelmistorajapinnan avulla. Ratkaisussa, jossa anturien toimintaa voi kontrolloida ohjelmallisesti, helpottuu teknologian sovellettavuus huomattavasti. Movesensessä yksi anturi taipuu moneksi, eikä tarvitse tyytyä vain yhteen toiminnallisuuteen. [35]

Movesensen ohjelmistoalusta koostuu kahdesta pääkohdasta [36]:

1. Sensoriohjelmistopino
2. Mobiiliohjelmistopino

Kumpikin ovat vapaasti käytettävissä Movesense-yhteisön Bitbucket-tilillä [37]. Movesensessä on valikoima sensoreita, jotka ohjelmisto voi ottaa käyttöön. Oletusarvoisesti kaikki sensorit ovat tarjolla Whiteboard-nimisen mikropalveluarkkitehtuurin viitekehysten kautta (microservice architecture framework).

### 3 ANALYYSI JA TULOKSET

Vaikka kuluttajaluokan puettava teknologia nykyisellään ei pystykään välttämättä tarjoamaan täysin eksaktia dataa kuntoilijan näkökulmasta, saadaan tuotteista irti kuitenkin harrastajaa hyödyttävää tietoa. Treenien visualisointi ja mahdolliset valmennukselliset ominaisuudet hyödyntävät käyttäjää tilanteessa, jossa treenistä halutaan saada mahdollisimman suuri hyöty irti. Sykemittausta hyödyntämällä voidaan harjoittelusta puristaa lisähyötyä treenaamalla tietyillä sykealueilla.

Käytettävän ohjelmistorajapinnan tuomat mahdollisuudet esim. Suunnon Movesensessä mahdollistavat alati kehittyvän ympäristön. Juoksuun, pyöräilyyn ja muihin yleisiin aktiviteetteihin räätälöidyt ratkaisut tarjoavat kuitenkin jo nykyisellään tavan käyttäjälle paljon informaatiota harjoitteista. Sensoriteknologian kehittyminen ja useamman sensorin yhdistelmät tuottavat tarkempaa dataa verrattuna yksittäiseen sensoriin.

Laitteiden kehittyminen ja käytön helppous mahdollistaa jatkuvan käytön ilman, että laite jää pölyttymään kaapin pohjalle. Tässä nousee tärkeäksi seikaksi sekä käytön mukavuus, että riittävä akkukesto, jolloin laitetta voi kantaa ympärivuorokautisesti.

Movesensemäinen yksi sensori, monta käyttökohdetta -lähestymistapa tarkoittaa, että suurimmat haasteet valmistajilla ovat ohjelmistoihin ja algoritmeihin liittyviä. Tarkasti tiettyyn asiaan suunniteltu kokonaisuus toimii tarkemmin, kuin yleismallinen ratkaisu. Tulevaisuuden lupaavin kehityskohde onkin juuri laitteen/sensorin muunneltavuus ohjelmallisesti.

Puettavan teknologian laitteiden lisäksi myös älypuhelinohjelmistoilla on merkittävä rooli käyttäjäkokemuksen luomisessa. Markkinoilla on lukuisia sekä ilmaisia, että maksullisia vaihtoehtoja tarpeeseen kuin tarpeeseen. Onkin käyttäjästä kiinni, mikä ohjelmisto miellyttää eniten käytössä ja huomionarvoista on, haluaako yksityiskohtaisemmasta treenianalyysistä maksaa. Monipuolinen ja havainnollistava ohjelmisto älylaitteen yhteydessä parantaa käyttökokemusta, sekä auttaa saamaan enemmän tietoa käyttäjän treenistä.

## 4 POHDINTA JA TULEVAISUUS

Jos pohditaan puettavan teknologian laitteiden ja ohjelmistojen kehitystä ja tulevaisuudennäkymiä, niin sensorien pienentyessä, virtatehokkuuden ja akkuteknologian parantuessa, sekä käytön mukavuuden ja helppouden kasvaessa puettava teknologia tulee entisestään yleistymään. Kun teknologiaa pystyy kantamaan käytännössä jatkuvasti mukana mahdollisimman huomaamattomasti, kynnys teknologian käytölle pienenee niin urheilukäytössä kuin aivan arkisessakin käytössä.

Ajatellaan esimerkkinä frisbeegolfia. Tulevaisuudessa kiekkoista voi löytyä sensorit, joiden avulla voidaan mitata tarkasti heittotekniikkaa (kiekon lähtönopeus, heittokulma, tuotetut g-voimat, lennon stabiliteetti, kiekon lennonaikaiset parametrit jne.) sekä tavan harrastajalle se kriittisin: paikantaa suoraan pöheikköön kadonnut kiekko.

Jokainen heitto voidaan rekisteröidä ranteessa olevalla älykellolla ja heittojen pituudet, sekä sijainnit tallentuvat karttapohjaan. Säätietojen (mm. tuulen suunta) avulla saadaan lisää tietoa kierroksen analysointia varten ja kehittymistä pelaajana voidaan tarkastella nykyistäkin kattavammin. Hienostuneimmissa analyyseissä huomioidaan myös ilmanpaine, sekä -kosteus ja auringon UV-säteilyn voimakkuus.

Pelaajan älyvaatteet viilentävät lämpimillä keleillä ja vastaavasti lämmittävät viileällä. Pelaajan kenkien nauhoitus säätyy automaattisesti tilanteen mukaan ja älylasit kertovat ajantasaista dataa kierroksen tunnusluvuista. Ja tämä pelkästään harrastajan näkökulmasta.

Tekniikka kehittyy ja harrastaminenkaan ei tule olemaan entisensä. Toisaalta voidaan miettiä, tuleeko harrastamisesta liian teknistä ja niin sanotusti ”välineurheilua”. Jo nykyisellään teknologia tarjoaa mahdollisuuden parempaan ja laadukkaampaan tekemiseen. ”Kehitys loppuu tyytyväisyyteen”. Ainakin välineet kehitykseen ovat halukkaille tarjolla.

## 5 YHTEENVETO

Puettava teknologia kuntoilijan näkökulmasta lepää pitkälti tiettyyn sensorijoukkoon (mikrokontrolleri, kiihtyvyysanturi, gyroskooppi, magnetometri, GPS, sykesensori, askelmittari ja painesensori), joka toimii enemmän tai vähemmän tarkasti juuri suunnitellussaan käyttötarkoituksessa. Älyvaatteet/kengät, älylasit ynnä muut laitteet tuovat lisämausteensa yhdistettynä ranteessa kulkevaan urheilukelloon tai vastaavaan. Virtapihit kommunikaatiotekniikat (BLE, ANT) mahdollistavat pitkän käyttöajan ja erilaiset paikannustekniikat tuottavat jo nykyisellään kohtuullisen tarkkaa sijaintitietoa.

Markkinoilta löytyy tällä hetkellä harrastajalle lukuisia äly-/urheilukello-, sekä aktiivisuusrannekevaihtoehtoja kuntoilijan käyttöön. Käyttömukavuus, akkukesto ja oman harrastelajin vaatimukset määrittävät, millainen laite kannattaa hankkia. Perusratkaisut riittävät nykyiselläänkin hyvin harrastekäyttöön, mutta tarkempaa analyysiä suorituksestaan haluavan kannattaa valita spesifisempi vaihtoehto.

Ohjelmistoja puettavan teknologian tueksi löytyy myös paljon, sekä ilmaisia, että maksullisia. On pitkälti käyttäjästä kiinni, kuinka kaikkea saatavilla olevaa dataa haluaa hyödyntää ja kuinka mukavaa treenaamisesta haluaa tehdä. Movensensen avoin ohjelmistorajapinta esimerkkinä tarjoaa kätevän mahdollisuuden myös kehittää itse ohjelmistoja kehittyvään ekosysteemiin. Vaikka nykyisellään kehitysympäristö on saatavilla ainoastaan yrityskäyttäjille, mahdollisesti tulevaisuudessa, niin halutessaan, jokainen voi olla luomassa uutta.

## LÄHTEET

1. Kortelainen, H., Happonen, A. & Hanski, J. (2019), "From asset provider to knowledge company - transformation in the digital era", In Lecture Notes in Mechanical Engineering, ISSN: 2195-4356, pp. 333-341, doi: 10.1007/978-3-319-95711-1\_33
2. Lehtinen, M., Happonen, A. & Ikonen, J. (2008), Accuracy and Time to First Fix Using Consumer-grade GPS Receivers, In 16th International Conference on Software, Telecommunications and Computer Networks, Split, pp. 334-340, doi: 10.1109/SOFTCOM.2008.4669506
3. Jahkola, O., Happonen, A., Knutas, A. & Ikonen, J. (2017), What should application developers understand about mobile phone position data, In CompSysTech'17, ACM, ISBN: 978-1-4503-5234-5/17/06, pp. 171-178, DOI: 10.1145/3134302.3134346
4. Statista: Wearables – worldwide [verkkodokumentti]. [Viitattu 27.7.2020] Saatavilla: <https://www.statista.com/outlook/319/100/wearables/worldwide>
5. Baiju, NT. (2019). The complete history of wearable technology: A timeline [verkkodokumentti]. [Viitattu 19.7.2020] Saatavilla: <https://roboticsbiz.com/the-complete-history-of-wearable-technology-a-timeline/>
6. Dunne, L. Wearable Technology [verkkodokumentti]. [Viitattu 19.7.2020] Saatavilla: <https://www.britannica.com/topic/Wearable-Technology-2008498>
7. Coorevits, L. & Coenen, T. (2016). The Rise and Fall of Wearable Fitness Trackers, Conference paper [verkkodokumentti]. [Viitattu 19.7.2020] Saatavilla: <https://biblio.ugent.be/publication/8055995/file/8510819>
8. Asimakopoulos, S., Asimakopoulos, G. & Spillers F. Motivation and User Engagement in Fitness Tracking: Heuristics for Mobile Healthcare Wearables. Informatics. 2017; 4(1):5. Saatavilla: <https://www.mdpi.com/2227-9709/4/1/5/pdf>
9. Bravata, DM., Smith-Spangler, C., Sundaram V., et al. Using pedometers to increase physical activity and improve health: a systematic review. JAMA. 2007;298(19):2296-2304. doi:10.1001/jama.298.19.2296 Saatavilla: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/18029834/>

10. Wearable Technology and Wearable Devices - Everything You Need to Know [verkkodokumentti]. [Viitattu 19.7.2020] Saatavilla: <http://www.wearabledevices.com/what-is-a-wearable-device/>
11. Thierer, AD. (2015). The Internet of Things and Wearable Technology: Addressing Privacy and Security Concerns without Derailing Innovation, 21 Rich. J.L. & Tech 6 (2015). Saatavilla: <https://scholarship.richmond.edu/cgi/viewcontent.cgi?article=1409&context=jolt>
12. Beecham Research: Wearable Technology Application Chart [verkkodokumentti]. [Viitattu 19.7.2020] Saatavilla: <http://www.beechamresearch.com/article.aspx?id=20>
13. Düking, P., Hotho, A., Holmberg, HC., Fuss, FK. & Sperlich, B. Comparison of Non-Invasive Individual Monitoring of the Training and Health of Athletes with Commercially Available Wearable Technologies. *Front Physiol.* 2016;7:71. Published 2016 Mar 9. doi:10.3389/fphys.2016.00071 Saatavilla: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC4783417/>
14. Pal, D., Vanijja, V., Arpnikanondt, C., Zhang, X. & Papsatorn, B. "A Quantitative Approach for Evaluating the Quality of Experience of Smart-Wearables From the Quality of Data and Quality of Information: An End User Perspective," in *IEEE Access*, vol. 7, pp. 64266-64278, 2019, doi: 10.1109/ACCESS.2019.2917061. Saatavilla: <https://ieeexplore.ieee.org/document/8715744>
15. Sperlich, B., Aminian, K., Düking, P. & Holmberg, HC. Editorial: Wearable Sensor Technology for Monitoring Training Load and Health in the Athletic Population, *Frontiers in Physiology* (2020). DOI=10.3389/fphys.2019.01520 ISSN=1664-042X
16. Düking, P., Achtzehn, S., Holmberg, HC. & Sperlich, B. Integrated Framework of Load Monitoring by a Combination of Smartphone Applications, Wearables and Point-of-Care Testing Provides Feedback that Allows Individual Responsive Adjustments to Activities of Daily Living. *Sensors (Basel)*. 2018;18(5):1632. Published 2018 May 19. doi:10.3390/s18051632 Saatavilla: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC5981295/>

17. Virtanen, J. (2019). Turhuuden multihuipentuma vai urheilijan unelma? Älykengät jalkaan kännykän avulla [verkkodokumentti]. [Viitattu 19.7.2020] Saatavilla: <https://www.tivi.fi/uutiset/turhuuden-multihuipentuma-vai-urheilijan-unelma-alykengat-jalkaan-kannykan-avulla/180c4334-c444-331e-af7b-2fe8d9634589>
18. Finug.fi: Älykenkiä on saatavilla jo moniin tarpeisiin[verkkodokumentti]. [Viitattu 19.7.2020] Saatavilla: <http://finug.fi/alykenkia-on-saatavilla-jo-moniin-tarpeisiin/>
19. The Week (2019). Temperature regulated smart clothes that keeps you cool [verkkodokumentti]. [Viitattu 19.7.2020] Saatavilla: <https://www.theweek.in/news/sci-tech/2019/02/11/Temperature-regulated-smart-clothes-that-keeps-you-cool.html>
20. Sharma, R. (2020) The 8 Best Smart Glasses of 2020 [verkkodokumentti]. [Viitattu 19.7.2020] Saatavilla: <https://www.lifewire.com/best-smart-glasses-4172796>
21. Arogam, G., Manivannan, N. & Harrison, D. Review on Wearable Technology Sensors Used in Consumer Sport Applications. Sensors 2019, 19, 1983. Saatavilla: <https://www.mdpi.com/1424-8220/19/9/1983/htm>
22. SUUNTO SPARTAN SPORT WRIST HR All Black [verkkodokumentti]. [Viitattu 28.7.2020] Saatavilla: <https://www.suunto.com/fi-fi/Tuotteet/Urheilulaitteet-ulkoiiluun/suunto-spartan-sport-wrist-hr/Suunto-Spartan-Sport-Wrist-HR-All-Black/>
23. Camomilla, V., Bergamini, E., Fantozzi, S. & Vannozzi, G. Trends Supporting the In-Field Use of Wearable Inertial Sensors for Sport Performance Evaluation: A Systematic Review. Sensors 2018, 18, 873. Saatavilla: <https://www.mdpi.com/1424-8220/18/3/873/htm>
24. Sørderholm, T. (2016). Get connected blog: 6 wireless technologies for wearables [verkkodokumentti]. [Viitattu 19.7.2020] Saatavilla: <https://blog.nordicsemi.com/getconnected/wireless-technologies-for-wearables>
25. Endomondo [verkkodokumentti]. [Viitattu 19.7.2020] Saatavilla: <https://www.endomondo.com/>
26. Udisc [verkkodokumentti]. [Viitattu 19.7.2020] Saatavilla: <https://udisc.com/>
27. Harris-Fry, N.& Munn, E. (2020) Best sports watch 2020: Track your training with the best sports watches [verkkodokumentti]. [Viitattu 19.7.2020] Saatavilla:

- <https://www.expertreviews.co.uk/wearable-technology/1406874/best-sports-watch-track-your-training-with-the-best-sports-watches>
28. Ellis, C. (2020) Best fitness tracker 2020: the top 10 activity bands on the planet [verkkodokumentti]. [Viitattu 19.7.2020] Saatavilla: <https://www.techradar.com/news/wearables/10-best-fitness-trackers-1277905>
  29. Leppälä, S. (2020). Älyä Ranteeseen. Mikrobitti 08/2020, 14-23
  30. Leppälä, S. (2020). Kuinka tarkka älykellon paikannus todellisuudessa on? Juoksemalla se selvisi [verkkodokumentti]. [Viitattu 20.9.2020] Saatavilla: <https://www.mikrobitti.fi/uutiset/kuinka-tarkka-alykellon-paikannus-todellisuudessa-on-juoksemalla-se-selvisi/77cd96a7-788a-40fe-8598-1c2373a65c6e>
  31. Leppälä, S. (2020). Sykevyö vai älykello – miten tarkkoja syketietoja älykello todellisuudessa antaa? [verkkodokumentti]. [Viitattu 20.9.2020] Saatavilla: <https://www.mikrobitti.fi/uutiset/sykevyo-vai-alykello-miten-tarkkoja-syketietoja-alykello-todellisuudessa-antaa/872f7f4b-9f63-4d5a-9963-0f492ebcf72c>
  32. Intersport (2019). Eri sykealueilla juoksemisen perusteet [verkkodokumentti]. [Viitattu 20.9.2020] Saatavilla: <https://www.intersport.fi/fi/laji/juoksu/juoksublogi/eri-sykealueilla-juoksemisen-perusteet/>
  33. Suunto [verkkodokumentti]. [Viitattu 19.7.2020] Saatavilla: <https://www.suunto.com/fi-fi/>
  34. Movesense: Open Wearable Tech Platform [verkkodokumentti]. [Viitattu 19.7.2020] Saatavilla: <https://www.movesense.com/>
  35. Movesense: Home [verkkodokumentti]. [Viitattu 19.7.2020] Saatavilla: <http://www.movesense.com/docs/>
  36. Movesense system overview [verkkodokumentti]. [Viitattu 19.7.2020] Saatavilla: [http://www.movesense.com/docs/system/system\\_overview/](http://www.movesense.com/docs/system/system_overview/)
  37. Movesense-community: Repositories [verkkodokumentti]. [Viitattu 19.7.2020] Saatavilla: <https://bitbucket.org/account/user/suunto/projects/MOVC>