

Heta Virkki

# KÄYTTÄJÄN HUOMIOIMINEN TERVEYDENHOITOON TARKOITETTUIJEN ÄLYVAATTEIDEN SUUNNITTELUSSA

Informaatioteknologian ja viestinnän tiedekunta  
Kandidaattitutkielma  
Toukokuu 2024

# TIIVISTELMÄ

Heta Virkki: Käyttäjän huomioiminen terveydenhoitoon tarkoitettujen älyvaatteiden suunnittelussa  
Kandidaattitutkielma  
Tampereen yliopisto  
Tietojenkäsittelytieteiden tutkinto-ohjelma  
Toukokuu 2024

---

Älyvaatteista odotetaan uutta innovatiivista apuvälinettä terveydenhoitoon, sillä niiden käytöllä nähdään olevan monia hyötyjä liittyen esimerkiksi hoidon laatuun ja kustannuksiin. Potentiaalisia käyttökohteita löytyy monia, mutta älyvaatteiden omaksumista laajempaan käyttöön kuitenkin hidastaa muun muassa puutteet niiden suunnittelussa erityisesti käyttäjien huomioinnin osalta. Jotta käyttäjä olisi valmis hyväksymään älyvaatteen käyttöönsä, sen tulisi vastata tämän tarpeita ja toiveita. Näin ollen älyvaatteen hyväksyttävyyden varmistamiseksi on tärkeää, että kohdekäyttäjät otetaan huomioon vaatteen suunnittelussa ja heitä osallistetaan suunnitteluprosessiin. Tutkielman tavoitteena on selvittää, miten käyttäjän huomiointi toteutuu terveydenhoitoon tarkoitettujen älyvaatteiden suunnittelussa. Käyttäjällä tässä työssä viitataan henkilöön, joka pukee älyvaatteen päälle.

Tutkielma toteutettiin kirjallisuuskatsauksena. Tarkastelun kohteena oleva aineisto koostuu kahdeksasta tieteellisestä julkaisusta, joissa kuvataan jonkin terveydenhoitoon tarkoitettujen älyvaatteen suunnitteluprosessi. Aineistoon pyrittiin valitsemaan laajasti eri käyttötarkoituksiin tarkoitettuja älyvaatteita.

Käyttäjän huomioinnin arviointia varten työssä kehitettiin käyttäjätarpeiden käsitteellinen viitekehys, jossa on kolme osa-aluetta: esteettisyys, päälläpidettävyyden ja käytettävyyden. Osa-alueet muodostettiin ryhmittelemällä erilaisia älyvaatteisiin kohdistuvia käyttäjätarpeita, joita löydettiin aineistosta sekä muista aihepiiriä käsittelevistä julkaisuista. Näillä käyttäjätarpeiden osa-alueilla voidaan nähdä olevan merkittävä vaikutus käyttäjäkokemukseen ja sitä myötä älyvaatteen hyväksyttävyyteen. Aineiston älyvaatteita arvioitiin sen perusteella, miten niiden suunnittelussa huomiointiin kyseiset kolme osa-aluetta käyttäjän näkökulmasta.

Tuloksena saatiin, että tarkastelluissa älyvaatehankkeissa eniten käyttäjätarpeita huomioitiin suunnittelussa vaatteen käytettävyyden sekä päälläpidettävyyden osalta, kun taas esteettisyys jäi selvästi vähemmälle huomiolle. Kaikissa älyvaatteissa huomioitiin käyttäjätarpeet vähintään yhden osa-alueen osalta.

Aineiston perusteella tutkielmassa tunnistettiin lisäksi neljä hyvää käytäntöä käyttäjän huomioimiseksi älyvaatteen suunnitteluprosessissa. Nämä ovat käyttäjätarpeiden kartoitus, käyttäjätarpeisiin vastaaminen suunnittelulla, älyvaatteen testaus kohdekäyttäjällä sekä eettisyys käyttäjän osallistamisessa. Joitain puutteita havaittiin käyttäjän huomioimisessa koskien käyttäjätestausta ja suunnitteluratkaisujen perustamista käyttäjätarpeisiin. Suurinta osaa aineiston älyvaatteista kuitenkin testattiin kohderyhmään kuuluvilla henkilöillä ja kohdekäyttäjiltä kartoitettuja tarpeita käytettiin suunnittelun tukena puolella aineiston suunnitteluprosesseista. Vaihtelua oli siinä, miten monia eri käyttäjätarpeita huomioitiin arvioitavien älyvaatteiden suunnittelussa. Eettisen osallistamisen osalta tutkituista julkaisuista ei useinkaan löytynyt tietoa osallistujien rekrytoinnin eettisistä toimintatavoista ja tietoisesta suostumuksen pyytämisestä osallistujilta.

Tutkielmassa kehitettyä käyttäjätarpeiden käsitteellistä viitekehystä sekä tunnistettuja hyviä huomiointikäytäntöjä voidaan hyödyntää apuna suunnitteluprosessissa käyttäjän huomioimisen varmistamiseksi esimerkiksi tulevaisuuden älyvaatteiden kehityshankkeissa.

Avainsanat: Älyvaate, terveydenhoito, käyttäjätarpeet, osallistaminen, käyttäjäkeskeinen suunnitteluprosessi.

Tämän julkaisun alkuperäisyys on tarkastettu Turnitin Originality Check -ohjelmalla.

# SISÄLLYSLUETTELO

1. JOHDANTO .....	1
2. TUTKIMUSMENETELMÄ .....	3
3. ÄLYVAATTEET TERVEYDENHOIDOSSA .....	4
3.1 Älyvaatteen määrittely .....	4
3.2 Älyvaatteita terveydenhoitoon .....	5
4. KÄYTTÄJÄN HUOMIOIMINEN ÄLYVAATTEEN SUUNNITTELUSSA .....	9
4.1 Käyttäjän osallistaminen .....	9
4.2 Suunnittelussa huomioitavia tekijöitä .....	10
4.3 Viitekehys käyttäjän huomioinnin arvioimiseksi .....	11
5. TULOKSET JA POHDINTA .....	13
5.1 Käyttäjätarpeiden huomiointi aineiston älyvaatteissa .....	13
5.2 Hyviä huomiointikäytäntöjä .....	15
5.3 Puutteellista huomiointia .....	18
5.4 Pohdinta .....	19
6. YHTEENVETO .....	21
LÄHTEET .....	22

# 1. JOHDANTO

Kiinnostus päälle puettavien teknologioiden soveltamiseen terveydenhoidossa on lisääntynyt viime vuosina (Elo et al., 2022). Erityisesti älykkäät e-tekstiilit ja älyvaatteet ovat saaneet osakseen huomiota niiden monipuolisten käyttömahdollisuuksien vuoksi, mikä näkyy esimerkiksi aiheeseen kohdistuvien tutkimusartikkeleiden määrän huomattavana kasvuna viimeisen kymmenen vuoden aikana. Elektroniikkakomponentteja sisällyttämällä saadaan luotua vaatteeseen uudenlaista toiminnallisuutta, joka tuottaa lisäarvoa. Älyvaatteita voidaan hyödyntää muun muassa terveydentilan monitorointiin. (Meena et al., 2023.)

Toisin kuin monet muut päälle puettavat laitteet, vaatetus on jo valmiiksi osa päivittäistä elämää, joten fysiologisen datan kerääminen vaatteita hyödyntämällä mahdollistaa pitkäaikaisen monitoroinnin mukavuudesta ja elämän laadusta tinkimättä (Lai et al., 2021). Älyvaatteet myös kattavat kehosta laajemman alueen monitorointia varten (Ahsan et al., 2022). Pitkällä aikavälillä kerätyn datan avulla voidaan esimerkiksi oppia ymmärtämään kroonisia sairauksia entistä paremmin. Myös käynnit sairaalassa vähenevät, kun potilaasta voidaan tehdä mittauksia etänä, jolloin aikaa ja vaivaa säästyy niin potilaalta kuin hoitohenkilökunnaltakin. Mittausdata voidaan siirtää langattomasti hoitavan tahon nähtäville ja käyttää hyödyksi diagnosoinnissa sekä hoidon suunnittelussa. Potilaan seuranta voidaan myös automatisoida siten, että järjestelmä ilmoittaa kriittisistä muutoksista potilaan mittausdatassa. (Malmivaara, 2023.)

Uuden päälle puettavan teknologian omaksumista laajempaan käyttöön terveydenhoidossa vaikeuttaa muun muassa laitteen käytettävyyteen ja mukavuuteen liittyvät tekijät. Laitteiden käyttö edellyttää teknistä osaamista, jonka puutteet voivat tehdä käytöstä liian hankalaa ja siten vaikuttaa halukkuuteen ja kykyyn ottaa laite käyttöön. Tilannetta voitaisiin parantaa testaamalla laitteita loppukäyttäjillä, panostamalla niiden mukavuuteen ja tekniseen suorituskykyyn sekä keräämällä palautetta käyttäjiltä liittyen käyttökokemukseen ja halukkuuteen ottaa uusi teknologia käyttöön. (Bryson, 2023b.) Saatujen tietojen perusteella voitaisiin kehittää laitteita siihen suuntaan, että niiden omaksuminen käyttöön olisi helpompaa ja houkuttelevampaa.

Käyttökelpoisuuden varmistaminen edellyttää käyttäjän huomioimista, sillä käyttäjien halukkuudesta käyttää laitetta riippuu, voidaanko uutta teknologiaa integroida osaksi terveydenhoitoa. Tämän varmistamiseksi suositus on, että käyttäjiä osallistetaan laitteen suunnitteluun ja arviointiin. (Alt Murphy et al., 2019.)

Käyttäjän huomioimista voi olla esimerkiksi käyttäjävaatimusten kartoittaminen kohdekäyttäjiltä tai käyttäjäpalautteen kerääminen käyttäjätestauksen yhteydessä. Terveystieteiden suunnittelussa käyttäjän huomioimisella voi olla erityinen merkitys myös siitä syystä, että vaatetta käyttävät potilaat saattavat olla terveydentilansa puolesta epämuodollisissa ja haavoittuvaisissa asemassa. Älyvaatteiden mukavuuteen ja turvallisuuteen on siis tärkeää kiinnittää erityistä huomiota, jotta potilaille ei koituisi haittaa eikä heidän kärsimystään ainakaan lisättäisi tarpeettomasti.

Tässä työssä tutkin sitä, miten käyttäjän huomiointi toteutuu terveydenhoitoon tarkoitettujen älyvaatteiden suunnitteluprosesseissa. Tutkimusaineistona on joukko tieteellisiä julkaisuja, joissa esitellään jonkin terveydenhoitoon tarkoitettua älyvaatteen prototyyppiä ja kuvataan sen kehitysprosessia. Aineistosta pyrin selvittämään, miten käyttäjä on huomioitu kunkin älyvaatteen suunnittelussa, minkä arvioinnissa hyödynnän tässä työssä kehittämäni käyttäjätarpeiden käsitteellistä viitekehystä.

Älyvaatteen kohdekäyttäjryhmä voi sisältää monenlaisia käyttäjiä, joiden huomioinnissa on eroja. Käyttäjällä voidaan viitata sekä älyvaatetta päällään pitävään henkilöön että hoitohenkilöstöön, joka vastaa vaatteesta. Vaatetta päällään pitävän henkilön kannalta oleellisia asioita ovat muun muassa vaatteen mukavuus ja ulkonäkö. Hoidosta vastaavan henkilön puolestaan tarvitsee tuntea älyvaatteen toiminta ja osata ohjeistaa potilasta älyvaatteen käytössä, jolloin käytettävyyttä korostuu. Älyvaatteen käyttöön voi osallistua myös vaatetta päällään pitävän henkilön omainen tai muu avustaja, jonka tulee kyetä auttamaan vaatteen käytössä. Tässä työssä käyttäjä rajataan tarkoittamaan henkilöä, joka pukee älyvaatteen päälleen. Myös tämä käyttäjäryhmä on moninainen joukko, jossa tarpeet voivat vaihdella huomattavasti.

Seuraavassa luvussa esitellään tutkielmassa käytetty tutkimusmenetelmä sekä aineiston hankinta. Kolmannessa luvussa määritellään älyvaate käsitteenä sekä tutustutaan yksityiskohtaisemmin älyvaatteiden terveydenhoidollisiin käyttömahdollisuuksiin aineiston älyvaatteiden kautta. Neljännessä luvussa pureudutaan käyttäjäkeskeisyyteen ja sen merkitykseen älyvaatteiden suunnittelussa. Siinä esitellään myös viitekehys, jonka perusteella työssä on arvioitu käyttäjän huomioimista aineiston älyvaatteiden suunnittelussa. Viidennessä luvussa esitetään tutkielman tulokset ja viimeisessä luvussa on tutkielman yhteenveto.

## 2. TUTKIMUSMENETELMÄ

Tämä tutkielma on toteutettu kirjallisuuskatsauksena. Aineisto koostuu kahdeksasta tieteellisestä julkaisusta, kuten tutkimusartikkeleista ja konferenssijulkaisuista, joissa on esitelty jokin terveydenhoitoon liittyvä älyvaate sekä sen kehitysprosessi. Aineiston julkaisujen lisäksi työssä on hyödynnetty muita aihepiiriä käsitteleviä julkaisuja taustamateriaalina.

Aineiston hankinnassa on käytetty Tampereen yliopiston kirjaston Andor-hakupalvelua. Hakuja tehtiin erikseen myös ACM Digital Library -tietokantaan sekä Google Scholariin. Koska tarkoituksena oli löytää älyvaatteita, käytin hakusanoja "smart clothing" ja "smart garment", sillä ne ovat yleisimmin käytetyt älyvaatteeseen viittaavat termit. Niitä käyttämällä saatiin myös rajattua pois julkaisut, joissa keskityttiin älykkäisiin tekstiilimateriaaleihin yleisemmin eikä niitä hyödyntäviin älyvaatteisiin, kuten oli tavoitteena. Rajaus terveydenhoitoon toteutettiin yksinkertaisesti käyttämällä hakusanaa "health care", koska tavoitteena ei ollut keskittyä mihinkään tiettyyn terveydenhoidon osa-alueeseen. Terveydenhoitoon suunniteltu älyvaate on sovellusalueena vielä sen verran nuori, että kapeammalla rajauksella olisi ollut vaikeuksia saada kokoon riittävästi julkaisuja kirjallisuuskatsausta varten. Julkaisuja löytyi myös helmenkasvatusmenetelmän kautta eli jo löydettyjen julkaisujen sisällöstä.

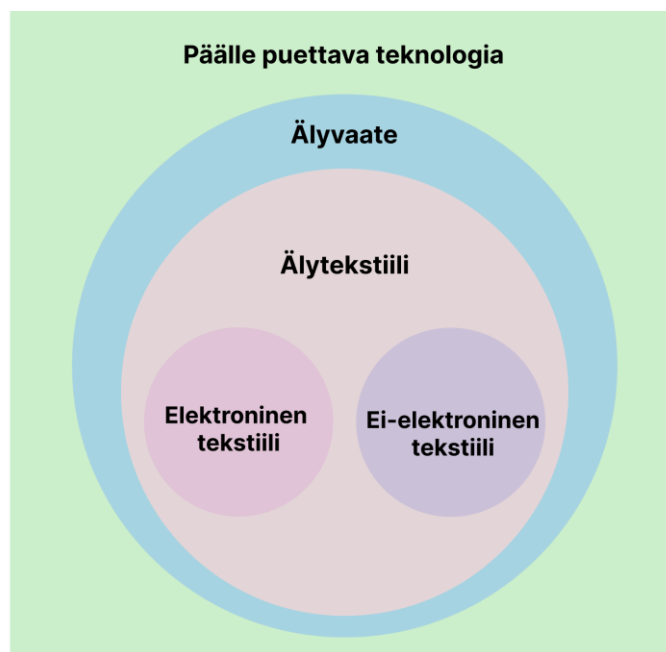
Aineistoon hyväksyttiin mukaan julkaisuja, jotka olivat vertaisarvioituja ja sisälsivät terveydenhoitoon tarkoitettun älyvaatteen kehitysprosessin kuvauksen. Älyvaate saattoi olla mikä tahansa vaatekappale, jolla oli älykkäitä ominaisuuksia ja jonka käytöllä pyrittiin vaikuttamaan terveydentilaan joko suoraan tai välillisesti. Kyseiseen joukkoon voitaisiin lukea kuuluvaksi myös urheilukäyttöön kehitetyt älyvaatteet sillä perusteella, että niidenkin voidaan katsoa tukevan terveyttä ja niitä voitaisiin myös käyttää apuna terveydenhoidossa. Ne on kuitenkin rajattu tutkielman ulkopuolelle, koska on katsottu, että niiden kehityksen päätavoitteena ei ole terveydenhoito. Ulkopuolelle on jätetty myös sellaiset julkaisut, joissa testataan ainoastaan sensoreiden ja muun elektroniikan toimintaa esimerkiksi kiinnittämällä ne valmiiseen tavanomaiseen vaatteeseen. Julkaisuja valittaessa pyrittiin valitsemaan mukaan ensisijaisesti tuoreimpia julkaisuja. Lisäksi esimerkeiksi pyrittiin valitsemaan älyvaatteita erilaisilta terveydenhoidon osa-alueilta. Kaikki aineistossa kuvatut älyvaatteet ovat vasta prototyyppejä.

### 3. ÄLYVAATTEET TERVEYDENHOIDOSSA

Tämä luku käsittelee älyvaatteita terveydenhoidon kontekstissa. Aluksi määritellään älyvaate ja tutustutaan muihin aihepiiriin keskeisiin käsitteisiin. Luvussa 3.2 esitellään aiheiston älyvaatteet, joita tullaan myöhemmin arvioimaan sen perusteella, miten käyttäjä on huomioitu niiden suunnittelussa.

#### 3.1 Älyvaatteen määrittely

Aiheeseen perehtyessä huomaa, että siihen kytkeytyy monenlaisia käsitteitä, kuten älytekstiili, e-tekstiili, älyvaate ja päälle puettava laite tai teknologia. Näitä saatetaan välillä käyttää osittain synonyymeinä toisilleen, vaikka ne tarkoittavatkin hieman eri asioita. Kuvasssa 1 on havainnollistettu eri käsitteiden suhdetta toisiinsa.



**Kuva 1. Aihepiiriin liittyvien käsitteiden suhde toisiinsa.**

Älyvaate (*engl. smart clothing / smart garment*) kuuluu päälle puettavan teknologian (*engl. wearable technology*) piiriin, johon kuuluvat myös erilaiset elektroniset asusteet, kuten älykellot. Älyvaatteella tarkoitetaan vaatetta, joka on valmistettu käyttäen joko elektronisia komponentteja sisältäviä tekstiilejä eli e-tekstiilejä (Postolache et al., 2017) tai muunlaisia älytekstiilejä. Älyvaatteessa yhdistyvät perinteiset vaateen ominaisuudet, kuten pestävyys ja kehon peittävyys, johonkin ei-perinteiseen vaateen toiminnalliseen ominaisuuteen, kuten terveydentilan monitorointiin (Malmivaara, 2023).

Älytekstiili (*engl. smart textile*) määritellään kuitumaiseksi tai säiemäiseksi tekstiilituotteeksi, jolla on kudottu, neulottu tai ei-kudottu rakenne sekä kyky olla vuorovaikutuksessa ympäristön tai käyttäjän kanssa (Postolache et al., 2017). Älytekstiilit voidaan jaotella passiivisiksi, aktiivisiksi tai erittäin älykkäiksi. Passiivinen älytekstiili kykenee aistimaan ympäristöään ja siinä ilmeneviä ärsykejä. Aktiivinen älytekstiili voi ympäristön aistimisen lisäksi reagoida aistimiinsa ärsykkeisiin. Älytekstiili voi esimerkiksi mitata käyttäjän sykettä ja reagoida tekemällä hälytyksen hoitohenkilökunnalle. Erittäin älykäs älytekstiili kykenee edellisten ominaisuuksien lisäksi vielä mukautumaan ympäristöönsä ulkoisten ärsykkeiden perusteella esimerkiksi muuttamalla väriään. Älytekstiili ei välttämättä sisällä elektroniikkaa vaan sen toiminta voi perustua myös muunlaiseen tekniikkaan. (Younes, 2023.)

Sen sijaan elektronisessa tekstiilissä eli e-tekstiilissä (*engl. electronic textile / e-textile*) oletuksena on, että se sisältää elektroniikkaa, jonka avulla se voi aistia ympäristöstä muun muassa kemiallisia, lämpötilallisia tai mekaanisia ärsykejä. Lisäksi se voi reagoida ja vastata ympäristön ärsykkeisiin ennalta ohjelmoidulla tavalla. (Meena et al., 2023.) Toimiakseen e-tekstiili vaatii myös virtalähteen ja laitteen tietojenkäsittelyyn. Elektronisen toiminnallisuuden tuominen osaksi tekstiiliä voidaan toteuttaa monin eri tavoin. Elektroniikkakomponentit voidaan sisällyttää tekstiiliin tai kiinnittää sen pintaan. Tekstiilimateriaali itsessään voidaan tehdä johtamaan sähköä esimerkiksi sisällyttämällä sähköä johtavaa materiaalia, kuten metallilankaa, tekstiilin rakenteeseen. Sähköä johtavia alueita voidaan luoda myös kirjomalla tai painatustekniikalla. Esimerkiksi virtapiirit ja sensorit voidaan integroida osaksi tekstiiliä, millä voidaan korvata kovat piirilevyt ja laitteistot. (Younes, 2023.) Sähköä johtavaan materiaaliin voidaan kiinnittää suoraan irrotettavia elektronisia laitteita ja komponentteja, jolloin ei tarvita erillisiä johtoja (Komolafe et al., 2021).

### 3.2 Älyvaatteita terveydenhoitoon

Seuraavaksi esitellään työssä tarkastelun kohteena olevat älyvaatteet, jotka kattavat erilaisia terveydenhoidon sovellusalueita, kuten kuntoutuksen, diagnosoinnin ja terveyden monitoroinnin. Älyvaatteista kerrotaan se, mihin tarkoitukseen ne on kehitetty sekä kuvataan lyhyesti niiden toimintaperiaate. Luvun lopusta löytyy aineiston koontitaulukko.

Älyvaatteiden yksi potentiaalinen terveydenhuollon sovellusalue on kuntoutus. Älyvaatteiden avulla voidaan tuottaa täydentävää tietoa kuntoutuksen vaikuttavuuden arvioinnin tueksi. Niiden avulla tehtyjen mittauksen perusteella voidaan saada tietoa kuntoutettavan toiminnallisesta kyvykkyydestä, aktiivisuustasosta tai kyvystä suorittaa liikkeitä tehokkaasti. Huomaamattomat sensorit välittävät hoitohenkilöstölle tietoa esimerkiksi potilaan

liikeradoista, sykkeestä ja hengitystiheydestä. Niiden ansiosta potilaan tilaa voidaan seurata etänä ja mittausten perusteella arvioida hoidon vaikuttavuutta. Hoitoa voidaan optimoida sen mukaan, miten potilas reagoi kuntoutukseen, jolloin voidaan päästä parempaan lopputulokseen kuntoutusprosessissa. Kuntoutuspotilaan seuranta myös kotiympäristössä voi tarjota hyödyllistä tietoa kuntoutuksen vaikutuksesta potilaan toimintakykyyn jokapäiväisessä elämässä ja siten auttaa myös vertailemaan eri kuntoutustapoja. (Postolache et al., 2017.)

Buffagni (2023) on suunnitellut iäkkäille naisille suunnatun kokovartalopuvun, jonka tarkoituksena on auttaa kuntoutumaan kaatumisen jälkeisestä kaatumisen pelosta ja siitä seuranneista fyysisistä muutoksista, jotka altistavat uusille kaatumisille. Tavoitteena on asentokontrollin, lihasvoiman ja tasapainon palauttaminen korjaamalla huonoja kehon asentoja paineilmaärsyksiä hyödyntäen. Vaatteen tarkoitus on vaikuttaa käyttäjään myös psykologisesti minäpystyvyyttä vahvistamalla sekä edistää fyysistä aktiivisuutta liikkeen tunnistuksen avulla. Kokonaisuuteen kuuluu myös potilaille ja terapeuteille suunnattu puhelinsovellus.

Li ja muut (2023) ovat kehittäneet älyliivin, joka on tarkoitettu selkärangan rappeutumisesta seuraavan skolioosin hoitoon. Liivi monitoroi selkärangan asentoa ja antaa käyttäjälle värinän avulla herätteitä asennon korjaamiseksi. Tarkoituksena on harjoittaa ja aktivoida lihaksia oikean kehon asennon saavuttamiseksi.

Älyvaatteiden hyödyntämistä terveydenhoidossa perinteisten teknologioiden sijaan puoltaa myös niiden mukavuus. E-tekstiilien ominaisuudet, kuten joustavuus, verrattuna perinteiseen elektroniikkaan mahdollistavat mukavan käytön lähellä ihoa (Goncu-Berk et al., 2021) sekä huomaamattomamman yhtäjaksoisen monitoroinnin (Ahsan et al., 2022). Esimerkiksi sydämen toiminnan monitoroinnin perinteisissä menetelmissä, joissa EKG-elektrodeja kiinnitetään suoraan iholle, on riski allergisille reaktioille ja elektrodit iholla voivat muutenkin aiheuttaa epämukavuutta. Lisäksi elektrodien kiinnittämiseen käytetyn geelin kuivuminen on ongelma pitkäkestoisessa mittauksessa. (Chang et al., 2023.)

Lai ja kollegat (2021) nostivat esiin lisäksi EKG-elektrodien kertakäyttöisyyden ja sen myötä niiden käytön korkeat kustannukset. He kehittivät älyvaatteen mittaamaan sydämen toimintaa vaihtoehtona kertakäyttöisille EKG-elektrodeille. Vaatteessa hyödynnetään mittauskohdissa hopeaa sisältävää kangasta, jolla on hyvä sähkönjohtokyky sekä antibakteerisia ominaisuuksia. Älyvaatteen kehittäjät näkevät kyseisessä teknologiassa merkittäviä hyötyjä erityisesti yönaikaiseen elintoimintojen tarkkailuun, koska unen häiriintymisestä voi aiheutua negatiivisia vaikutuksia elämänlaadulle.

Älyvaatteet voivat myös edesauttaa terveysongelmien varhaista havaitsemista (Ahsan et al., 2022). Palpreast on Arcarisin ja muiden (2019) kehittämä rintaliivien kaltainen älyvaate rintojen tutkimiseen rintasyövän havaitsemiseksi. Se jäljittelee itse käsin tehtävää rintojen tarkastusta hyödyntäen paineilmaa ja paineen tunnistavaa tekstiiliä. Sensoreiden käytön etuna käsiin nähden pidetään parempaa luotettavuutta ja toistettavuutta. Lisäksi kannettavuus, säteilyn käytön puuttuminen sekä alhainen kustannus nähdään etuna mammografiaan verrattuna. Vaate on suunniteltu yksityishenkilöiden kotikäyttöön ja siihen liittyy myös graafinen käyttöliittymä, josta näkyy mittauksen tulos sekä mahdollinen kehoitus käydä lääkärissä, jos laite havaitsee epänormaalin löydöksen. Vaate on tarkoitettu apuvälineeksi muiden tekniikoiden ohella parantamaan rintasyövän varhaisen havaitsemisen todennäköisyyttä.

Alt Murphyn ja kollegoiden (2019) mukaan terveydenhuollon älyvaatteiden avulla on mahdollista parantaa diagnosointia. Taudin kehittymistä voidaan seurata tarkemmin potilaan tilan jatkuvalla monitoroinnilla, jolloin myös yksilöllisemmän hoidon tarjoaminen mahdollistuu. He kehittivät monialaisessa yhteistyöprojektissa ylävartalovaatteen, joka tarkkailee liikettä sekä fysiologisia mittareita, kuten sykettä, havaitakseen ja erottaakseen epileptisiä kohtauksia sekä liikkeellisiä ja ei-liikkeellisiä vaihteluita Parkinson-potilaissa. Lisäksi se mittaa aktiivisuutta ja yläraajan toimintaa aivohalvauspotilailla. Laitteen tarkoituksena on jatkuvan monitoroinnin avulla arvioida taudin kehittymistä, räätälöidä hoitoa ja parantaa diagnosointia.

Myös Luo ja muut (2020) ovat kehittäneet kokovartaloasun pitkäkestoiseen kehon monitorointiin. Vaate monitoroi menopausiin liitettyjä kuumia aaltoja sekä niistä seuraavaa hikoilua mittaamalla ihon lämpötilaa ja suhteellista kosteutta eri puolilta kehoa lämpö- ja kosteusantureiden avulla. Älyvaate mittaa kuumien aaltojen toistuvuutta, voimakkuutta ja kestoa, minkä perusteella voidaan tarkemmin diagnosoida menopausiin siirtyminen. Käyttäjä voi saada mittaustulokset esimerkiksi älypuhelimien. Menopausin diagnosointiin ei älyvaatteen kehittäjien mukaan ole testejä, jotka olisivat riittävän luotettavia tai testattavan kannalta käteviä. Tavoitteena on tunnistaa menopausi varhain, jotta elämänlaatua haittaavia oireita voidaan hoitaa.

Älyvaatteet voivat aistimisen, monitoroinnin ja datan keruun lisäksi tuottaa kehoon tunteuksia hyödyntäen mekaanisia, sähköisiä tai lämpötilaan perustuvia ärsykeitä. Tätä ominaisuutta ovat hyödyntäneet muun muassa Goncu-Berk ja muut (2021) kehittämässään aluspaidassa, joka jäljittelee ihmisen halausta hyödyntäen paineilmaa tuntoärsykkeiden tuottamisessa. Vaate reagoi fysiologisiin muuttujiin, kuten sykevälivaihteluun ja ihon sähkönjohtavuuteen, jotka viestivät muutoksesta käyttäjän tilassa. Vaate on suunniteltu

nattu dementiapotilaille, joilla on tunnetusti taipumusta ahdistuneisuuteen ja masentuneisuuteen vähentyneen fyysisen aktiivisuuden sekä sosiaalisen kanssakäymisen myötä. Turvallisen kosketuksen emotionaaliset ja fysiologiset terveyshyödyt tunnetaan hyvin ja terapeuttisen kosketuksen on todettu vaikuttavan rauhoittavasti dementiapotilailla.

Älyvaatteilla voidaan pyrkiä vastaamaan myös laajoihin terveydenhuollon haasteisiin esimerkiksi väestön vanhetessa, jolloin vanhuksiin kohdistuva hoidontarve kasvaa. Tähän tarpeeseen ovat vastanneet Lin kollegoineen (2018) kehittämällä hoitolaitoksessa oleville vanhuksille suunnatun älykkään terveyden monitorointisysteemin älyvaatteen muodossa. Älyvaatteen etuna on myös se, että siihen voidaan sisällyttää monenlaista toiminnallisuutta, kuten Linin ja muiden kehittämässä älyvaatteessa on tehty. Vaatteessa on kahdeksan eri toimintoa: elonmerkkien tarkkailu, fyysisen aktiivisuuden seuranta, aktiivisuusalueen monitorointi, potilaan paikannus, kaatumisen havaitseminen, hätäpuhelutoiminto, vaatteen käytön monitorointi sekä varoitus alhaisesta virtatasosta laitteessa. Tarkoituksena on paremman hoidon tarjoaminen. Systeemiin kuuluu myös hoitajien käyttöön tarkoitettu paikallinen kontrollijärjestelmä sekä mobiililaitte, joilla terveysdataa voidaan seurata ja analysoida.

Oheiseen taulukkoon 1 on koottu keskeisiä tietoja aineiston älyvaatteista.

**Taulukko 1. Yhteenveto tutkielman aineistosta.**

<b>Julkaisu</b>	<b>Vaatetyyppi</b>	<b>Käyttötarkoitus</b>	<b>Kohdekäyttäjät</b>
Lin et al., 2018	Paita	Terveyden monitorointi	Vanhukset hoitokodissa
Alt Murphy et al., 2019	Paita	Neurologisten sairauksien monitorointi	Ihmiset, joilla neurologinen sairaus
Arcarisi et al., 2019	Rintaliivit	Rintasyövän havaitseminen	Naiset
Luo et al., 2020	Kokovartalo-puku	Menopaussoireiden monitorointi	Menopausssi-ikäiset naiset
Lai et al., 2021	Paita	Sydämen toiminnan monitorointi	Terveydenhuollon potilaat
Goncu-Berk et al., 2021	Aluspaita	Terapeuttinen kosketus	lääkkäät, joilla dementia
Li et al., 2023	Liivi	Aikuisiän skolioosin hoito	lääkkäät, joilla skolioosi
Buffagni, 2023	Kokovartalo-puku	Kaatumispelon kuntoutus	lääkkäät naiset

## 4. KÄYTTÄJÄN HUOMIOIMINEN ÄLYVAATTEEN SUUNNITTELUSSA

Tässä luvussa käsitellään käyttäjän huomiointia ja sitä, miten se voidaan käytännössä toteuttaa osana suunnitteluprosessia. Lisäksi tarkastellaan käyttäjälähtöisestä näkökulmasta erilaisia älyvaatteen suunnitteluun ja käyttöön vaikuttavia tekijöitä. Aineiston analysointia varten eri tekijöistä on muodostettu käsitteellinen viitekehys, joka esitellään luvussa 4.3. Viitekehystä on hyödynnetty arvioitaessa sitä, miten käyttäjiä on huomioitu aineistossa esiintyvien älyvaatteiden suunnittelussa.

### 4.1 Käyttäjän osallistaminen

Suunnittelutyön tuloksena tulisi syntyä tuote, joka sopii käyttötarkoitukseensa (McCann, 2023a). Tuotteen onnistumiseen on mahdollista vaikuttaa käyttäjälähtöisellä suunnittelulla ja käyttäjää osallistamalla. Loppukäyttäjän osallistamisella on tärkeä rooli käyttäjän tarpeiden ja odotusten selvittämisessä sekä niiden ymmärtämisessä. Käyttäjältä saadut tiedot ohjaavat suunnittelua ja niiden tarkoitus on tukea päätöksentekoa suunnitteluprosessissa. Loppukäyttäjän konsultointi iteratiivisen suunnitteluprosessin eri vaiheissa auttaa varmistamaan, että käyttäjän vaatimukset täyttyvät ja tuote vastaa käyttäjän tarpeita ja odotuksia. (Lewis, 2023.)

Tapoja huomioida ja osallistaa käyttäjä suunnitteluprosessissa on monia. Suunnitteluprosessin alussa loppukäyttäjää usein haastatellaan ja havainnoidaan (Häkkinä, 2017). Fokusryhmä koostuu kohdekäyttäjistä, joiden kanssa käydään keskustelua ja joilta voidaan esimerkiksi kerätä palautetta olemassa olevasta tuotteesta tai uudesta tuotteesta (Lewis, 2023). Yhteissuunnittelu on menetelmä, jossa suunnitteluprosessiin osallistetaan osapuolia, joilla on jonkinlainen kytkös suunnittelutyön kohteeseen tai tavoitteeseen (McCann, 2023a). Terveystieteiden tarkoitettujen älyvaatteiden kohdalla suunnittelijoiden lisäksi suunnittelutyöhön osallistuvia osapuolia voivat olla loppukäyttäjä, loppukäyttäjän omainen, hoitohenkilö ja eri alojen asiantuntijat.

Yhteissuunnittelua voidaan hyödyntää eri vaiheissa suunnitteluprosessia. Käyttäjä voi osallistua tuotekonseptin ideointiin ja määrittelyyn esimerkiksi materiaalien valintojen sekä elektroniikkakomponenttien sijoittelun osalta, millä on vaikutusta tuotteen helppokäyttöisyyteen. (McCann, 2023a.) Suunnitteluprosessin loppupuolella käyttäjät voivat osallistua tuoteprototyyppien testaukseen, josta saatujen tulosten perusteella prototyyppiä voidaan kehittää edelleen (Häkkinä, 2017).

## 4.2 Suunnittelussa huomioitavia tekijöitä

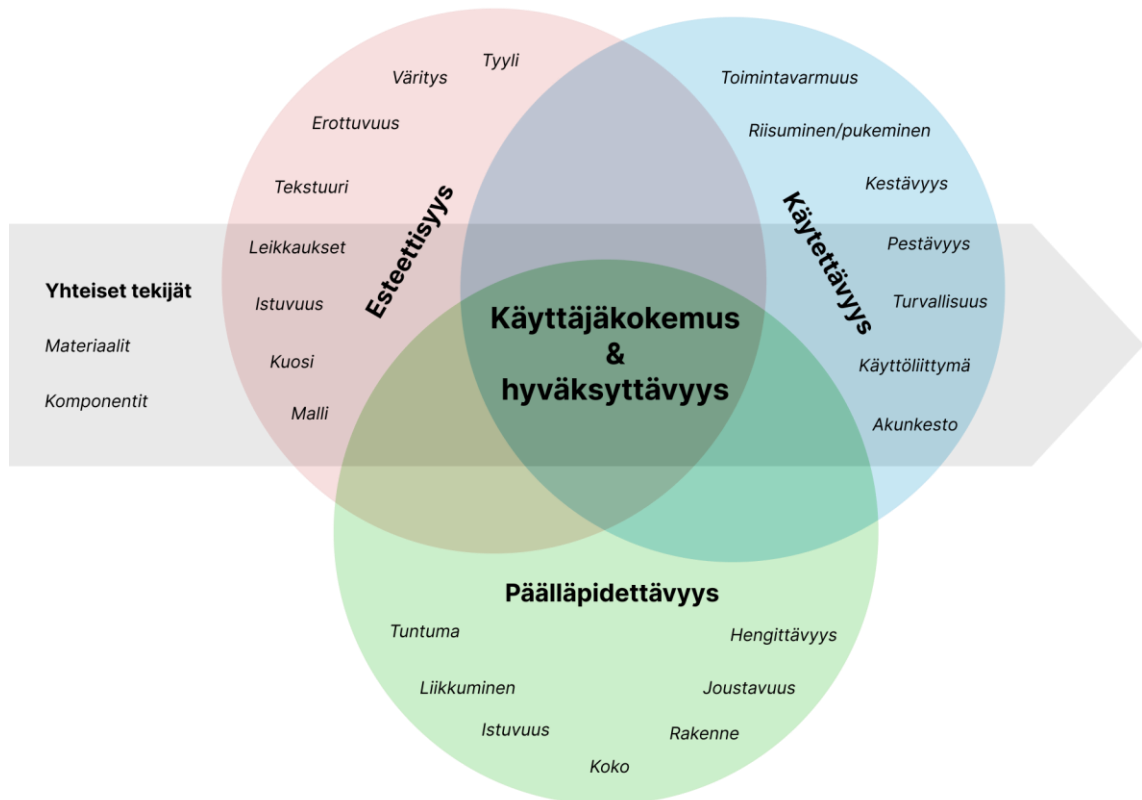
Loppukäyttäjän tarpeita varten suunnittelu edellyttää käyttäjätarpeiden tunnistamista. McCann (2023b) esittää hierarkkista prosessipuukaaviota älyvaatteen kehitysprosessin tueksi ja loppukäyttäjän vaatimuksien selvittämiseksi. Kaavio jakautuu kahteen osaan, jotka käsittävät älyvaatteen toiminnallisuuteen ja muotoon liittyviä vaatimuksia. Toiminnallisuuden kannalta huomioitavina ovat kehoon liittyvät tekijät sekä aktiviteetit, joiden aikana älyvaatetta on tarkoitus käyttää. Muotoon liittyviä huomioitavia tekijöitä ovat esteettiset ja kulttuuriset tekijät. Vaatteen käyttötarkoitus vaikuttaa siihen, mitkä tekijät korostuvat. Esimerkiksi jos älyvaatteella koetaan olevan merkittävää hyötyä terveydelle, vaatteen esteettisyyden merkitys voi olla vähäisempi (Alt Murphy et al., 2019). On oleellista, että vaate suunnitellaan käyttötarkoitus ja käyttäjäryhmä mielessä. Eri tilanteissa käyttäjien tarpeet voivat erota toisistaan merkittävästi esimerkiksi vaatteen suojaavuuden, näkyvyyden tai kestävyyskannalta. Erilaisia tarpeita voi kohdistua myös siihen, miten hyvin älyvaate mahdollistaa käyttäjän liikkuvuuden. Toiminnallisuuteen liittyviä teknologisia vaatimuksia voi kohdistua käytettävyyteen, huollettavuuteen ja päivitettävyyteen. (McCann, 2023b.)

Bryson (2023a) puolestaan tarkastelee suunnittelua yksityiskohtaisemmin kehollisten vaatimusten näkökulmasta, jotka hän jakaa anatomisiin, fysiologisiin ja psykologisiin tarpeisiin. Hän toteaa, että älyvaatteen tarkoituksena on olla lisä kehon toiminnallisuuteen, ei rajoite huonon suunnittelun myötä. Brysonin mukaan vaatteilla voi olla joko positiivisia tai negatiivisia vaikutuksia kehoon, ja hän listaa mahdollisia vaurioita, joita voi ilmetä vaatteen ja kehon kontaktissa. Näitä ovat muun muassa allergiset reaktiot tekstiiliväriaineille sekä esimerkiksi ärsyttävästä materiaalista, kosteudesta ja jatkuvasta hankauksesta johtuvat hiertymät, jotka voivat altistaa ihoa tulehduksille. Lisäksi ikääntymisen myötä kehossa tapahtuu muutoksia, joilla voi olla vaikutusta suunnitteluun. Esimerkiksi iho ohenee ja haurastuu altistaen ihoa vaurioille, minkä vuoksi vaatteessa ei tulisi olla teräviä osia, jotka voisivat aiheuttaa vahinkoa iholle. Bryson nostaa esiin myös yksilöiden väliset erot kehon mittasuhteissa, mikä usein jää vähemmälle huomiolle suunnittelussa.

Materiaalivalinnoilla ja muotoilulla on merkittävä rooli käyttäjäkokemuksen suunnittelussa ja siihen vaikuttamisessa, koska ne vaikuttavat käytettävyyteen ja käytön mukavuuteen (Häkkinen, 2017). Lain ja muiden (2021) mukaan mukavuuden kokemukseen vaikuttavat sekä fysiologiset että psykologiset tekijät. Erilaisia mukavuuteen liittyviä tekijöitä ovat esimerkiksi lämpötila, ihokontakti, paineen tunne ja estetiikka. Vaatteilla on tärkeä rooli lämmönsäätelyssä ja sitä kautta mukavuuden tunteessa. Keho tuottaa ja haihduttaa lämpöä ylläpitääkseen sopivaa lämpötilaa, ja eri materiaalit voivat joko edesauttaa tai haitata lämmönsäätelyä hengittävyytensä avulla.

### 4.3 Viitekehys käyttäjän huomioinnin arvioimiseksi

Aineistosta ja muusta aihepiirin kirjallisuudesta olen tunnistanut älyvaatteisiin liittyviä käyttäjätarpeita, jotka koskevat vaatetta päällään pitävää käyttäjää. Nämä tarpeet olen ryhmitellyt laajemmiksi kategorioiksi, jotka ovat esteettisyys, päälläpidettävyys ja käytettävyys. Kaikki nämä yhdessä vaikuttavat käyttäjäkokemukseen sekä vaatteiden hyväksyttävyyteen. Näistä elementeistä olen muodostanut kuvassa 2 esitetyn käyttäjätarpeiden käsitteellisen viitekehysten, jota hyödyntämällä arvioin käyttäjätarpeiden huomiointia älyvaatteen suunnittelussa. Kuvassa näkyvät käyttäjätarpeet ovat esimerkkejä ja niitä voi olla muitakin. Käyttäjätarpeiden huomioimisen lisäksi aineistoa tutkiessani olen kiinnittänyt huomiota siihen, miten käyttäjä on yleisemmällä tasolla huomioitu suunnittelu-prosessissa esimerkiksi osallistamisen kautta. Seuraavaksi avaan tarkemmin kehittämäni käsitteellisen viitekehysten sisältöä.



**Kuva 2. Käyttäjätarpeiden käsitteellinen viitekehys.**

Käyttäjäkokemus on subjektiivinen kokemus, johon vaikuttavat tuotteen käytännölliset ominaisuudet sekä mielihyvää tuottavat tekijät, kuten esteettisyys (Häkkiä, 2017). Hyväksyttävyydellä viitataan käyttäjän halukkuuteen käyttää älyvaatetta. Se, miten hyvin käyttäjän tarpeiden huomiointi saadaan toteutettua, vaikuttaa siihen, miten käyttäjä hyväksyy tuotteen (McCann, 2023b).

**Päälläpidettävyys** pitää sisällään vaateen fyysiset ominaisuudet ja niiden vaikutuksen kehoon (Ferraro & Ugur, 2011) eli sen taustalla vaikuttavat keholliset vaatimukset, kuten käyttäjän koko ja kehon mittasuhteet. Päälläpidettävyys kytkeytyy vahvasti mukavuuden tunteeseen, johon vaikuttavat muun muassa vaateen koko, istuvuus, malli ja rakenne. Esimerkiksi paksut saumat voivat aiheuttaa hankausta ja siten epämukavuutta. Huonosti istuva vaate taas tuntuu häiritsevältä päällä ja voi rajoittaa liikkumista.

**Käytettävyys** viittaa älyvaateen käytön helppouteen, johon liittyvät esimerkiksi vaateen riisumisen ja pukemisen helppous, pestävyys ja huollettavuus sekä turvallisuus ja toimintavarmuus. Vaatteeseen mahdollisesti kytkeytyvien käyttöliittymien käyttö kuuluu myös käytettävyyteen, samoin se, miten hyvin vaate ylipäättään toimii käyttötarkoituksessaan esimerkiksi teknisen toimintansa puolesta.

**Esteettisyys** muodostuu vaateen ulkonäkötekijöistä, jotka liittyvät esimerkiksi väritykseen, tyyliin, istuvuuteen, malliin ja kankaan kuosiin. Myös vaateen huomaamattomuus voi olla esteettinen vaatimus. Kaikki käyttäjät eivät välttämättä halua, että vaate erottuu tai eroaa merkittävästi tavallisista vaatteista, koska vaate erottuminen voi aiheuttaa stigmatisoitumista. Käyttäjä saattaa esimerkiksi pelätä, että apuvälineeltä näyttävä vaate vaikuttaa siihen, miten muut häneen suhtautuvat.

Vaatteessa käytetyt komponentit sekä materiaalivalinnat voivat vaikuttaa kaikkiin kolmeen ulottuvuuteen. Esimerkiksi komponenttien sijainti sekä koko ovat olennaisia päälläpidettävyyden ja esteettisyyden kannalta, koska ne voivat vaikuttaa vaateen mukavuuteen ja ulkonäköön. Sopivien komponenttien valinnalla ja niiden sijoittelulla on osansa vaateen teknisessä toiminnallisuudessa, mikä vaikuttaa sen käytettävyyteen. Materiaalivalinnoilla voidaan vaikuttaa mukavuuteen valitsemalla materiaaleja, jotka ovat hengittäviä ja ihotuntumaltaan miellyttäviä. Myös materiaalin joustavuudella on vaikutusta päälläpidettävyyteen, koska joustavampi materiaali mahdollistaa paremman liikkuvuuden ja on mukavampi päällä. Eri materiaalit ja niiden kuosit puolestaan voidaan kokea toisia esteettisemmiksi. Käytettävyyteen liittyy taas se, mitä älykkäitä ominaisuuksia materiaaleilla on ja kuinka hyvin nämä materiaalit kestävät käyttöä.

Käyttäjätarpeiden huomioinnin arvioinnissa käyttäjätestaukselle on annettu erityistä painoarvoa. Mukavuus on subjektiivinen kokemus, joten vaateen todellista mukavuutta ja sitä myötä päälläpidettävyyttä ei voida arvioida tai varmistaa ilman sen pitämistä päällä. Sama pätee käytettävyyteen, koska älyvaateen toimivuudesta tai käyttäjän kyvystä käyttää vaatetta ei voida varmistua ilman sen testaamista käyttäjällä. Esteettisyyttä voidaan osittain arvioida myös ilman, että käyttäjä pukee vaateen päälleen, mutta vaateen näkeminen päällä voi myös muuttaa käyttäjän mielipidettä sen esteettisyydestä.

## 5. TULOKSET JA POHDINTA

Tässä luvussa esitellään kirjallisuuskatsauksen tulokset ja vastataan kysymykseen, miten käyttäjän huomiointi toteutuu aineistossa esiintyvien älyvaatteiden suunnittelussa. Käyttäjän huomiointia tarkastellaan luvussa 4.3 esitellyn käyttäjätarpeiden käsitteellisen viitekehyksen valossa, johon kuuluvat päälläpidettävyys, käytettävyys sekä esteettisyys. Lisäksi aineistosta nostetaan esiin esimerkkejä hyvistä käytännöistä käyttäjän huomiointiin liittyen ja pohditaan saatuja tuloksia.

### 5.1 Käyttäjätarpeiden huomiointi aineiston älyvaatteissa

Yhteenveto käyttäjätarpeiden huomioinnista (taulukko 2) osoittaa, että eniten käyttäjätarpeita huomioitiin aineiston älyvaatteissa käytettävyyden ja päälläpidettävyyden osalta, kun taas esteettisyys jäi vähemmälle huomiolle älyvaatteiden suunnittelussa. Kaikissa älyvaatteissa huomioitiin vähintään yksi kolmesta osa-alueesta. Suurinta osaa älyvaatteista myös testattiin oikeilla kohdekäyttäjillä.

**Taulukko 2. Yhteenveto käyttäjätarpeiden huomioinnista aineistossa.**

Sovellusalue	Esteettisyys	Päälläpidettävyys	Käytettävyys	Testaus käyttäjällä
Terveysten monitorointi (Lin et al., 2018)		X	X	Kyllä
Neurologisten sairauksien monitorointi (Alt Murphy et al., 2019)	X	X	X	Kyllä
Rintasyövän havaitseminen (Arcarisi et al., 2019)		(X)		Ei
Menopaussoireiden monitorointi (Luo et al., 2020)			X	Kyllä
Sydämen toiminnan monitorointi (Lai et al., 2021)		X	X	Kyllä
Terapeuttinen kosketus (Goncu-Berk et al., 2021)	(X)	(X)	(X)	Ei
Aikuisiän skolioosin hoito (Li et al., 2023)			(X)	Ei
Kaatumispelon kuntoutus (Buffagni, 2023)	X	X	X	Kyllä

Käyttäjätarpeiden huomiointia koskeva arviointiprosessi eteni siten, että ensin etsin julkaisuista mainintoja eri käyttäjätarpeista, joita älyvaatteen suunnittelussa on huomioitu. Käyttäen apuna luvussa 4.3 esiteltyä käyttäjätarpeiden käsitteellistä viitekehystä, määritin mitä kolmesta osa-alueesta mainittu tarve edustaa. Jos suunnittelussa oli otettu huomioon yksi tai useampi käyttäjätarve tietyistä osa-alueista, katsoin, että kyseinen osa-alue on huomioitu älyvaatteen suunnittelussa. Osa-alueen huomiointi on merkitty taulukossa raksilla.

Vaihtelua oli siinä, miten monia yksittäisiä käyttäjätarpeita eri älyvaatteiden suunnittelussa on otettu huomioon. Arvioinnin kannalta merkitystä oli kuitenkin ainoastaan sillä, onko käyttäjätarpeita huomioitu eri osa-alueissa vähintään yksi vai ei yhtään. Tähän päädyttiin muun muassa siksi, että kaikissa julkaisuissa ei eritelty kovin yksityiskohtaisesti suunnittelussa huomioituja käyttäjätarpeita. Esimerkiksi Buffagnin (2023) tapauksessa suunnittelusta kerrottiin, että älyvaatteessa on käyttäjätestien avulla huomioitu käytettävyyttä ja päälläpidettävyyttä vaatteen hyväksyttävyyden saavuttamiseksi. Lisäksi esteettisyys tuli esiin käyttäjätestien yhteydessä eri komponenttivalintoja vertailtaessa. Näiden tietojen perusteella osa-alueet katsottiin huomioituiksi.

Käytettävyyden huomioinnin oli mahdollista täytyä esimerkiksi sillä, että vaatteen tekninen toimivuus on varmistettu käyttäjätestauksella (Luo et al., 2020), tai jos vaatteessa on huomioitu jokin muu käytettävyyteen vaikuttava tekijä, esimerkiksi sen riisumisen ja pukemisen helppous (Lai et al., 2021). Osassa julkaisuista kehitysprosessista raportoitiiin enimmäkseen vaatteen tekniseen toiminnallisuuteen liittyviä seikkoja. Näin oli esimerkiksi Linin ja muiden (2018) prosessissa, jossa kuitenkin käyttäjätestien yhteydessä huomioitiin myös vaatteen mukavuuden arvioiminen, minkä perusteella päälläpidettävyyden huomiointi täytyi. Esimerkki esteettisyyden huomioinnista aineistossa on vaatteen suunnittelu huomaamattomaksi (Goncu-Berk et al., 2021).

Arvioinnissa ei ole edellytetty sitä, että käyttäjätarpeet perustuisivat käyttäjiltä kerättyihin tietoihin. Tämä johtuu siitä, että osassa aineiston suunnitteluprosesseista jäi epäselväksi, miten käyttäjätarpeisiin oli päädytty.

Käyttäjätestauksen puuttumisen on kuitenkin katsottu alentavan huomioinnin tasoa huomattavasti, mikä on osoitettu taulukossa laittamalla raksi sulkumerkkien sisään. Eli vaikka julkaisusta löytyi maininta jonkin käyttäjätarpeen huomioinnista ja vaatetta ei testattu käyttäjällä, on katsottu, että käyttäjätarpeen täyttymistä ei ole varmistettu ja täten kyseisen tarpeen huomiointi on puutteellinen. Niidenkin älyvaatteiden kohdalla, joita ei testattu käyttäjällä, tarve testaukselle usein kuitenkin tunnistettiin ja sen toteuttamiseksi

tulevaisuudessa saattoi olla myös suunnitelmia. Arvioinnissa kuitenkin huomioitiin vain jo toteutetut toimenpiteet, joista raportoitiin valituissa julkaisuissa.

Jos julkaisusta ei löytynyt mainintaa tietyn osa-alueen käyttäjätarpeiden huomioimisesta suunnittelussa, on katsottu, että kyseinen osa-alue on jäänyt huomiotta, jolloin kohta taulukossa on jätetty tyhjäksi.

## 5.2 Hyviä huomiointikäytäntöjä

Tutkielman toisena tuloksena aineistosta tunnistettiin neljä hyvää käytäntöä käyttäjän huomiointiin liittyen. Kuvaan 3 on koottu tunnistetut huomiointikäytännöt ja niihin liittyviä keskeisiä tekijöitä.



**Kuva 3. Hyviä käytäntöjä käyttäjän huomioimiseksi terveydenhoitoon tarkoitettujen älyvaatteiden suunnittelussa.**

Ensimmäinen tunnistetuista käytännöistä on **käyttäjätarpeiden kartoitus** kohdekäyttäjien avulla eri osa-alueet huomioiden. Kohdekäyttäjiltä voidaan kerätä tietoa tarpeista monin eri tavoin ja useaan otteeseen suunnitteluprosessissa. Erilaisia metodeja käyttäjätarpeiden kartoittamiseksi ovat kyselyt, haastattelut, fokusryhmät, käyttäjien havainnointi sekä aiheesta kirjoitetun tiedon hyödyntäminen. Kohdekäyttäjien osallistaminen suunnitteluprosessiin tukee sopivien suunnitteluratkaisujen tekemistä ja prosessin alussa tehtävä käyttäjätarpeiden kartoitus tarjoaa tietoa suunnitteluratkaisujen pohjaksi. Puolesta aineiston julkaisuista raportoidaan käyttäjätarpeiden selvittämisestä kohdekäyttäjiltä suunnittelun tueksi (Alt Murphy et al., 2019; Buffagni, 2023; Goncu-Berk et al., 2021; Luo et al., 2020).

Toinen hyvä käytäntö on selvitettyihin **käyttäjätarpeisiin vastaaminen suunnittelulla**. Tulee pohtia mitkä käyttäjätarpeista on mahdollista toteuttaa ja miten niihin voidaan vastata suunnittelun keinoin. Tähän liittyy myös se, että tunnistettuja käyttäjätarpeita tarkastellaan osana kokonaisuutta suhteessa muihin älyvaatteen suunnitteluun vaikuttaviin osatekijöihin, kuten käytettävissä olevaan teknologiaan ja valmistuskustannuksiin. Tässä vaiheessa hahmottuvat ja tarkentuvat suuntaviivat älyvaatteen toteutukselle. Aineiston älyvaatteissa oli eroja siinä, miten monia eri käyttäjätarpeita suunnittelussa huomioitiin.

Luo ja muut (2020) selvittivät käyttäjätarpeita kyselyllä, jolla sadalta naiselta tiedusteltiin heidän kokemiaan menopaussioireita sekä sitä, missä päin kehoa ne ilmenevät. Kyselytulosten perusteella valikoitiin mitattavat määreet sekä sensoreiden sijoittelu vaatteessa.

Alt Murphyn ja muiden (2019) neurologisia sairauksia monitoroivan älyvaatteen iteratiivisessa suunnitteluprosessissa selvitettiin käyttäjätarpeita kirjallisuuskatsauksella ja fokusryhmillä, jotka koostuivat kohdekäyttäjistä eli potilaista sekä hoitoalan ammattilaisista. Käyttäjätarpeiden kartoituksessa tunnistettiin monia tarpeita, joita huomioitiin laajasti älyvaatteen suunnittelussa.

Buffagnin (2023) kaatumispelkoa kuntouttavan älyvaatteen suunnittelussa kohdekäyttäjiä osallistettiin useaan otteeseen suunnitteluprosessin aikana. Vaatteen toiminnallisuutta suunniteltiin yhteistyössä kuntoutusalan asiantuntijan kanssa. Muotoilu syntyi useiden käyttäjätestien tuloksena, minkä avulla pyrittiin sovittamaan yhteen käyttäjätarpeet ja toiminnallisuus. Teknistä toimivuutta testattiin erikseen yhdellä 75-vuotiaalla naishenkilöllä, jolla oli asennollisia poikkeavuuksia. Suunnittelun tueksi kerättiin käyttäjiltä palautetta paineilmaärsykkeiden havaittavuudesta testaamalla erilaisia vaihtoehtoja. Lopuksi älyvaatteen yläosan testiversiota testattiin vielä kahdella kuntoutuslaitoksen potilaalla.

Kolmas hyvä huomiointikäytäntö on älyvaatteen **käyttäjätestaus**. Älyvaatteen testausta kohderyhmään kuuluvilla henkilöillä voidaan pitää edellytyksenä hyvälle käyttäjän huomioinnille, koska siten saadaan tietoa älyvaatteen todellisesta toimivuudesta ja hyväksyttävyydestä. Testauksen avulla myös arvioidaan ja validoidaan tehtyjä suunnitteluratkaisuja, jotta varmistutaan siitä, että vaate vastaa käyttäjätarpeisiin. Lisäksi testauksen yhteydessä on mahdollista löytää kehityskohteita vaatteen seuraavaa versiota varten.

Alt Murphyn ja muiden (2019) älyvaatteen toimivuutta ja pestävyyttä arvioitiin käyttäjätestillä, jossa 14 tervettä henkilöä käytti vaatetta 2–48 tuntia. Vaatteen muotoilua, toimivuutta ja käytettävyyttä arviointiin toisella käyttäjätestillä, johon osallistui terveitä henkilöitä sekä Parkinsonin tautia sairastavia henkilöitä ja heidän puolisoitaan. Saadun käyttäjäpalautteen perusteella seuraavaan prototyyppiin tehdään muutoksia.

Kohdekäyttäjillä testaamisen lisäksi on oleellista testata älyvaatetta myös oikeassa käyttöympäristössä, jotta voidaan varmistaa vaatteen sopivuus suunniteltuun käyttötarkoitukseen. Linin ja muiden (2018) terveyttä monitoroivan älyvaatteen kehitysprosessissa systeemiä testattiin 50 kohdekäyttäjällä oikeassa käyttöympäristössä eli vanhusten hoitolaitoksessa. Luon ja muiden (2020) menopaussioireita monitoroivaa älyvaatetta testattiin kahdeksalla 40–60-vuotiaalla naisella tilanteissa, joissa jäljiteltiin normaalin elämän aktiviteetteja. Lain ja muiden (2021) sydämen toimintaa monitoroivaa älyvaatetta käytti kymmenen 20–60-vuotiasta testikäyttäjää kotonaan 12 tunnin ajan.

Käyttäjätestauksen yhteydessä voidaan saada arvokasta tietoa vaatteen käyttökokemuksesta ja hyväksyttävyydestä. Lai ja muut (2021) pyysivät arvioimaan älyvaatteen mukavuutta suhteessa materiaaliin, tuntoaistimuksiin, kosteudensitovuuteen, hengittävyteen ja liikkeen mahdollistavuuteen hyödyntäen Likert-asteikollista kyselyä. Lin ja muut (2018) selvittivät käyttäjätyytyväisyyskyselyllä potilaiden kokemusta terveyttä monitoroivan älyvaatteen mukavuudesta sekä halukkuutta pitää vaatetta päällä pitkän aikaa. Myös Alt Murphy ja muut (2019) keräsivät älyvaatteesta käyttäjäpalautetta käyttäjätestin yhteydessä.

Käyttäjien osallistaminen älyvaatteen suunnitteluprosessiin on oleellinen keino varmistua vaatteen käyttökelpoisuudesta, mutta hyvän käytännön mukaista on huomioida myös **eettisyys osallistamisessa**. On esimerkiksi tilanteita, joissa älyvaatteen toimintaa ei ymmärrettävistä syistä testata loppukäyttäjillä ainakaan kaikilta osin. Tällainen tilanne voi olla sellainen, jossa henkilölle saattaisi aiheutua esimerkiksi fyysistä haittaa testikäyttäjänä toimimisesta. Tämä huomioitiin muun muassa Linin ja muiden (2018) terveyttä monitoroivan älyvaatteen testauksessa. Kun he testasivat älyvaatteen kykyä havaita käyttäjän kaatuminen, testihenkilöinä toimi kaksi vapaaehtoista, jotka eivät kuuluneet kohderyhmään. Myös kyseisen älyvaatteen datankäsittelyyn suunnitellun algoritmin teknistä toimivuutta testattiin ensin samoilla ei-kohderyhmään kuuluvilla henkilöillä.

Käyttäjän osallistamiseen voi liittyä esimerkiksi terveydellisiä rajoitteita ja terveydenhoitoon kehitettävien älyvaatteiden kohdalla tämä on jopa varsin todennäköistä. Näin voi olla esimerkiksi tapauksessa, jossa kohdekäyttäjät ovat heikkokuntoisia tai muuten haavoittuvia henkilöitä, jolloin osallistamisesta mahdollisesti koituisi heille liikaa rasitusta ja vaivaa. Tämän huomion nostivat esiin Alt Murphy ja muut (2019), joiden älyvaatteen kohderyhmänä ovat henkilöt, joilla on neurologinen sairaus. Heidän mukaansa suunniteltuun osallistuville potilaille koitua vaiva tulisi pyrkiä huomioimaan ja minimoimaan osallistamisessa sekä tilanteen mukaan käyttää testauksessa terveitä henkilöitä. Käyttäjän osallistamisen rajoitteiden huomioimisen tulisikin olla osa käyttäjäkeskeisen suunnittelun periaatteita.

Lisäksi käyttäjän eettiseen kohteluun kuuluu tietoon perustuvan suostumuksen pyytäminen prosessiin osallistumisesta. Maininta suostumuksen pyytämisestä osallistujilta tuli vastaan kahdessa aineiston julkaisuista (Alt Murphy et al., 2019; Lai et al., 2021). Käyttäjien on hyvä olla tietoisia muun muassa siitä, minkälaista tietoa älyvaate heistä kerää ja mihin sitä tullaan käyttämään.

### 5.3 Puutteellista huomiointia

Aineistossa yksi merkittävä puute käyttäjän huomioimisessa liittyy käyttäjätestaukseen. Goncu-Berkin ja muiden (2021) älyvaatteen suunnittelussa huomioitiin kattavasti kaikki kolme käyttäjätarpeiden osa-alueita eli esteettisyys, päälläpidettävyys ja käytettävyys. Lisäksi suunnitteluvaatimukset perustuivat verkkotutkimukseen, jossa verkkosivuilta ja keskustelufoorumeilta kerättiin kohdekäyttäjien jakamaa tietoa vastaavaa tuntoaistiin perustuvaa teknologiaa hyödyntävien tuotteiden positiivista sekä negatiivista puolista. Älyvaatteen prototyyppiä ei kuitenkaan testattu kohdekäyttäjillä eikä täten suunnitteluratkaisuja validoitu, minkä vuoksi käyttäjän huomiointi suunnittelussa on arvioitu puutteelliseksi. Toki testejä on voitu suorittaa artikkelin julkaisun jälkeen.

Myöskään Arcarisin ja muiden (2019) rintasyövän havaitsevaa älyvaatetta ei testattu kohdekäyttäjillä vaan kahdella tekoringillä, joista toiseen oli sisällytetty kasvainta jäljittelevä möykky. Tämän ei voida katsoa tarjoavan riittävästi tietoa älyvaatteen toimivuudesta oikeilla käyttäjillä eikä siksi myöskään vaatteen käytettävyydestä.

Li ja muut (2023) tekivät skolioosin hoitoon tarkoitetun älyvaatteen prototyyppistä 3D-visualisoinnin vaatesuunnitteluun kehitetyn ohjelmiston avulla. Digitaalista versiota sovitettiin ja arvioitiin 3D-mallinnuksella iäkkästä naishenkilöstä, jonka mitat määräytyivät kokotaulukon perusteella keskimääräisen kokoisen vanhemman naisen mittojen mukaan. Keskimääräiset mitat eivät ota huomioon eri vartaloiden yksilöllisiä eroja eivätkä näin ollen tarjoa riittävän luotettavaa tietoa kohdekäyttäjistä. Siksi on todettava, että suunnittelun perustaminen näiden tietojen varaan ei huomioi käyttäjää riittäväällä tavalla. Mallinnuksella testaamalla ei myöskään saada tietoa käyttäjäkokemuksesta eikä täten vaatteen hyväksyttävyydestä käyttöön.

Toinen havaittu puute käyttäjän huomioimisessa on se, että suunnitteluratkaisuja ei perusteta käyttäjiltä kerättyyn tietoon. Arcarisi ja muut (2019) selvittivät kyselyllä italialaisilta 15–82-vuotiailta naisilta syitä siihen, miksi rintoja ei tutkita itse. Kyselyn voi nähdä selvittävän kohderyhmän keskuudesta sitä, olisiko rintasyöpää havaitsevalle laitteelle kysyntää, mutta se ei kuitenkaan automaattisesti kerro halukkuudesta käyttää kyseistä laitetta.

Kohdekäyttäjiä ei myöskään osallistettu suunnitteluprosessiin selvittämällä käyttäjätarpeita älyvaatteelle. Vaatteen suunnittelusta kerrotaan, että siinä on huomioitu vaatteen soveltuminen erikokoisille ja muotoisille rinnoille, mutta soveltuvuutta ei kuitenkaan testattu käytännössä, minkä vuoksi päälläpidettävyyden huomioinnin on arvioitu olevan kyseenalainen.

Li ja muut (2023) hyödynsivät toisten tutkijoiden aiemmin kehittämää mallia skolioosin hoitoon suunnitellusta vaatteesta, johon tehtiin muutoksia havaittujen rajoitteiden perusteella. Vaatteen kaavaa muun muassa muokattiin vastaamaan paremmin kohdekäyttäjän eli vanhemman naisen vartalotyyppejä. Julkaisusta ei kuitenkaan selvästi käy ilmi mihin tietoihin heidän versioonsa tehdyt muutokset perustuvat. Minkäänlaista käyttäjien osallistamista ei julkaisussa raportoitu.

Lisäksi kuten jo todettiin luvussa 5.2, vain kahdessa aineiston julkaisuista oli maininta suostumuksen pyytämisestä osallistujilta, mikä on merkittävä puute.

## 5.4 Pohdinta

Käyttäjätarpeiden huomioinnin tärkeyttä älyvaatteen suunnittelussa ei ole syytä kiistää, mutta käyttäjätarpeiden lisäksi suunnittelussa on usein huomioitavana muitakin tekijöitä, kuten käytettävissä oleva teknologia, valmistuskustannukset ja tuotantomahdollisuudet. Saattaa olla, että eri tekijät ovat ristiriidassa keskenään, jolloin suunnittelussa joudutaan tasapainoilemaan eri ratkaisujen välillä ja tekemään kompromisseja. Esimerkiksi mitaustarkkuuden kannalta vaatteen istuvuudella on usein iso merkitys. Tämä voi tarkoittaa käytännössä sitä, että älyvaatteen tulisi olla yksilöllinen ja kullekin käyttäjälle räätälöity, jotta se istuisi hyvin ja toimisi optimaalisesti. Tämä on kuitenkin haaste laajemmalle vaatteen tuotannolle ja käyttöönotolle eikä sitä ole käytännössä mahdollista toteuttaa, koska vaatteen kustannukset nousisivat liian suuriksi.

Lisäksi haasteena on se, että tietty kohdekäyttäjryhmäkin koostuu yksilöistä, joiden tarpeet ja erityisesti mieltymykset usein eroavat toisistaan. Kaikkia tarpeita ja toiveita on mahdotonta huomioida, mutta tärkeää on tunnistaa niistä keskeisimmät, mikä vaatii käyttäjien kuulemista ja osallistamista suunnitteluprosessissa.

Käyttäjän osallistamismahdollisuuksiin voi vaikuttaa käyttäjäkohderyhmän erityisyys tai muut odottamattomat tekijät, jolloin suunnittelijoiden voi olla vaikea löytää riittävästi vapaaehtoisia henkilöitä mukaan suunnitteluprosessiin. Esimerkiksi COVID-19 pandemian mainittiin vaikuttaneen Buffagnin (2023) älyvaatteen kehitysprosessiin siten, että testihenkilöitä oli käytettävissä rajallinen määrä.

Laaja käyttäjien osallistaminen vaatii myös aikaa ja panostusta, mikä voi olla yksi syy sille, miksi sitä ei aina tehdä kaikissa tilanteissa. Jos käyttäjätarpeiden kartoitusta ei tehdä ja älyvaatteen suunnittelu perustuu suunnittelijoiden itsensä määrittämiin vaatimuksiin, vaatteen testaamisesta käyttäjällä ei tulisi kuitenkaan tinkiä. Tällöin saataisiin selville mahdolliset puutteet vaatteen suunnittelussa, mikä mahdollistaisi parannusten tekemisen seuraavaan versioon.

Tutkielman tuloksissa huomiota herätti se, että esteettisyyttä huomioitiin varsin vähän verrattuna muihin käyttäjätarpeiden osa-alueisiin. Mahdollisesti esteettisyys koetaan toissijaisena seikkana terveydenhoitoon tarkoitettujen älyvaatteiden suunnittelussa, koska sillä ei ole suoranaista vaikutusta terveyteen. Esteettisyys tuo ehkä lisäarvoa ja vaikuttaa vaatteen hyväksyttävyyteen, mutta käyttötarkoituksen kannalta vaatteen toimivuudella on suurempi merkitys, koska se on selkeämmin yhteydessä terveyshyötyihin. Toisaalta vaatteen käyttötarkoitus voi vaikuttaa siihen, miten tärkeäksi esteettisyys käyttäjän näkökulmasta muodostuu. Pitkäaikainen monitorointi ja mittaaminen vaativat älyvaatteen käyttämistä pitkään, jolloin myös ulkonäkötekijät todennäköisemmin korostuvat.

Tutkielman rajoitteista on syytä mainita se, että saadut tulokset perustuvat aineiston julkaisuissa kerrottuihin tietoihin. Tietoja on raportoitu eri tavoin eri julkaisuissa ja on mahdollista, että kaikkia käyttäjän huomiointiin liittyviä seikkoja tai suunnitteluvaiheita ei ole selostettu yksityiskohtaisesti, jolloin tämän tutkielman kannalta oleellista tietoa on voinut jäädä pois. Jos näin on, sillä on vaikutusta työssä tehtyyn älyvaatteiden suunnittelun arviointiin ja siinä saatuihin tuloksiin.

## 6. YHTEENVETO

Tutkielmassa etsittiin vastausta siihen, miten käyttäjän huomiointi toteutuu terveydenhoitoon tarkoitettujen älyvaatteiden suunnittelussa. Tutkielma toteutettiin kirjallisuuskatsauksena ja tarkasteltavaksi valikoitu aineisto koostui kahdeksasta tieteellisestä julkaisusta, joista jokaisessa esiteltiin jonkin terveydenhoitoon tarkoitetun älyvaatteen suunnitteluprosessi. Käyttäjän huomioinnin arvioinnissa hyödynnettiin käsitteellistä viitekehystä, joka muodostettiin erilaisista älyvaatteisiin liittyvistä käyttäjätarpeista aineiston sekä muun aihepiirin liittyvän kirjallisuuden perusteella. Aineistosta havainnoitiin lisäksi sitä, miten käyttäjä ylipäätään osallistettiin älyvaatteen suunnitteluprosessiin.

Tutkielmassa tunnistettiin neljä käytäntöä, joiden nähdään kuuluvan hyvään käyttäjän huomiointiin älyvaatteen suunnittelussa. Ensimmäinen on käyttäjätarpeiden kartoitus kohdekäyttäjien avulla. Toinen on käyttäjätarpeisiin vastaaminen älyvaatteen suunnittelussa ja toteutuksessa. Kolmas on älyvaatteen testaaminen ja arviointi käyttäjillä. Neljäntenä on eettisyyden huomioon ottaminen käyttäjien osallistamisessa.

Suurimmassa osassa aineiston julkaisuista kävi ilmi, että älyvaatteen kehitykseen oli osallistettu käyttäjiä käyttäjätarpeiden kartoittamisessa, suunnittelussa ja/tai käyttäjätestauksessa. Ainoastaan kahden älyvaatteen kohdalla oli suuria puutteita käyttäjätarpeiden huomioinnissa ja käyttäjän osallistamisessa. Puutteita löytyi myös osallistamisen eettisyyteen liittyen erityisesti tietoon perustuvan suostumuksen pyytämisen osalta.

Aineiston perusteella havaittiin, että käyttäjätarpeiden osalta eniten huomioitiin päälläpidettävyyttä sekä käytettävyyttä. Esteettisyyteen liittyviä käyttäjätarpeita otettiin suunnittelussa huomioon huomattavasti vähemmän. Kaikissa älyvaatteissa oli huomioitu vähintään yksi kolmesta käyttäjätarpeiden osa-alueesta, mutta eroja oli siinä, miten kattavasti kukin eri osa-alue oli huomioitu suunnittelussa.

Älyvaatteilla nähdään olevan monia hyötyjä ja käyttökohteita terveydenhoidossa, mutta hyötyjen saavuttaminen vaatii sen, että käyttäjä suostuu käyttämään älyvaatetta. Käyttäjätarpeita huomioimalla voidaan vaikuttaa älyvaatteen ominaisuuksiin ja käyttökokemukseen sekä lopulta siihen, että käyttäjä voi hyväksyä älyvaatteen käyttöönsä. Tässä työssä kehitettyä käyttäjätarpeiden käsitteellistä viitekehystä sekä tunnistettuja hyviä huomiointikäytäntöjä voidaan käyttää apuna älyvaatteen suunnittelussa käyttäjän huomioimisen varmistamiseksi.

# LÄHTEET

- Ahsan, M., Teay, S. H., Sayem, A. S. M., & Albarbar, A. (2022). Smart clothing framework for health monitoring applications. *Signals*, 3(1), 113–145. <https://doi.org/10.3390/signals3010009>
- Alt Murphy, M., Bergquist, F., Hagström, B., Hernández, N., Johansson, D., Ohlsson, F., Sandsjö, L., Wipenmyr, J., & Malmgren, K. (2019). An upper body garment with integrated sensors for people with neurological disorders – early development and evaluation. *BMC Biomedical Engineering*, 1(1), 3. <https://doi.org/10.1186/s42490-019-0002-3>
- Arcarisi, L., Di Pietro, L., Carbonaro, N., Tognetti, A., Ahluwalia, A., & De Maria, C. (2019). Palpreast—A new wearable device for breast self-examination. *Applied Sciences*, 9(3). <https://doi.org/10.3390/app9030381>
- Bryson, D. (2023a). Designing smart clothing and wearable technology for the body: Anatomical and physiological considerations. In J. McCann & D. Bryson (Eds.), *Smart Clothes and Wearable Technology* (Second Edition, pp. 259–281). Elsevier. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-819526-0.00012-6>
- Bryson, D. (2023b). Smart clothing and wearable technology in medical and healthcare applications. In J. McCann & D. Bryson (Eds.), *Smart Clothes and Wearable Technology* (Second Edition, pp. 573–581). Elsevier Ltd. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-819526-0.00022-9>
- Buffagni, A. (2023). Designing a soft-actuated smart garment for postural control and fall prevention in elderly women. In *IoT Technologies for HealthCare* (pp. 121–135). Springer Nature Switzerland. [https://doi.org/10.1007/978-3-031-28663-6\\_10](https://doi.org/10.1007/978-3-031-28663-6_10)
- Chang, W.-T., Lin, B.-S., Chen, Y.-L., Chen, H.-Y., Liu, C., Hwang, Y.-T., & Lin, B.-S. (2023). Design of smart clothing with automatic cardiovascular diseases detection. *IEEE Transactions on Human-Machine Systems*, 53(5), 905–914. <https://doi.org/10.1109/THMS.2023.3297603>
- Elo, C., Rauhala, E.-L., Ihalainen, T., Buruk, O., Vihriälä, T., Sipilä, E., Kosonen, T., & Virkki, J. (2022). E-textiles assisting healthcare, rehabilitation, and well-being—To whom, for what, and how? *2022 IEEE 10th International Conference on Serious Games and Applications for Health (SeGAH)*, 1–8. <https://doi.org/10.1109/SEGAH54908.2022.9978598>
- Ferraro, V., & Ugur, S. (2011). Designing wearable technologies through a user centered approach. *Proceedings of the 2011 Conference on Designing Pleasurable Products and Interfaces*, Article No. 5, 1–8. <https://doi.org/10.1145/2347504.2347510>
- Goncu-Berk, G., Halsted, T., Zhang, R., & Pan, T. (2021). Therapeutic touch: Reactive clothing for anxiety. *Proceedings of the 14th EAI International Conference on Pervasive Computing Technologies for Healthcare*, 239–242. <https://doi.org/10.1145/3421937.3421962>
- Häkkinä, J. (2017). Designing for smart clothes and wearables—User experience design perspective. In S. Schneegass & O. Amft (Eds.), *Smart Textiles: Fundamentals, Design, and Interaction* (pp. 259–278). Springer International Publishing. [https://doi.org/10.1007/978-3-319-50124-6\\_12](https://doi.org/10.1007/978-3-319-50124-6_12)
- Komolafe, A., Zaghari, B., Torah, R., Weddell, A. S., Khanbareh, H., Tsikriteas, Z. M., Vousden, M., Wagih, M., Jurado, U. T., Shi, J., Yong, S., Arumugam, S., Li, Y., Yang, K., Savelli, G., White, N. M., & Beeby, S. (2021). E-Textile Technology Review—From Materials to Application. *IEEE Access*, 9, 97152–97179. <https://doi.org/10.1109/ACCESS.2021.3094303>
- Lai, C.-I., Lee, C.-F., & Wei, F.-J. (2021). Smart clothing as a noninvasive method to measure the physiological cardiac parameters. *Healthcare*, 9(10), 1318. <https://doi.org/10.3390/healthcare9101318>

- Lewis, C. M. (2023). A methodology for the effective specification of garments with integrated wearable technology. In J. McCann & D. Bryson (Eds.), *Smart Clothes and Wearable Technology* (Second Edition, pp. 405–445). Elsevier. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-819526-0.00009-6>
- Li, X., Yip, J., Liang, R., & Zhang, J. (2023). Inclusive design for older adult with degenerative scoliosis: The integration of monitoring sensors and functional garment. In J. Kalra & N. Lightner (Eds.), *Healthcare and Medical Devices* (Vol. 79). AHFE (2023) International Conference. AHFE Open Acces. <https://doi.org/10.54941/ahfe1003491>
- Lin, C.-C., Yang, C.-Y., Zhou, Z., & Wu, S. (2018). Intelligent health monitoring system based on smart clothing. *International Journal of Distributed Sensor Networks*, 14(8). <https://doi.org/10.1177/1550147718794318>
- Luo, J., Mao, A., & Zeng, Z. (2020). Sensor-based smart clothing for women's menopause transition monitoring. *Sensors*, 20(4), Article 4. <https://doi.org/10.3390/s20041093>
- Malmivaara, M. (2023). The emergence of wearable electronics and intelligent clothing. In J. McCann & D. Bryson (Eds.), *Smart Clothes and Wearable Technology* (Second Edition, pp. 39–66). Elsevier. <https://doi.org/10.1016/b978-0-12-819526-0.00003-5>
- McCann, J. (2023a). Collaborative design principles for smart clothing. In J. McCann & D. Bryson (Eds.), *Smart Clothes and Wearable Technology* (Second Edition, pp. 283–325). Elsevier. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-819526-0.00006-0>
- McCann, J. (2023b). Identification of design requirements for smart clothes and wearable technology. In J. McCann & D. Bryson (Eds.), *Smart Clothes and Wearable Technology (Second Edition)* (Second Edition, pp. 327–369). Elsevier. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-819526-0.00004-7>
- Meena, J. S., Choi, S. B., Jung, S.-B., & Kim, J.-W. (2023). Electronic textiles: New age of wearable technology for healthcare and fitness solutions. *Materials Today Bio*, 19, 100565. <https://doi.org/10.1016/j.mtbio.2023.100565>
- Postolache, G., Carvalho, H., Catarino, A., & Postolache, O. A. (2017). Smart Clothes for Rehabilitation Context: Technical and Technological Issues. In O. A. Postolache, S. C. Mukhopadhyay, K. P. Jayasundera, & A. K. Swain (Eds.), *Sensors for Everyday Life: Healthcare Settings* (pp. 185–219). Springer International Publishing. [https://doi.org/10.1007/978-3-319-47319-2\\_10](https://doi.org/10.1007/978-3-319-47319-2_10)
- Younes, B. (2023). Smart e-textiles: A review of their aspects and applications. *Journal of Industrial Textiles*, 53. <https://doi.org/10.1177/15280837231215493>