

Sanni Vepsäläinen

**Pyöräilyn digitalisaatio ja sen haasteet: Digitaalinen doping
Zwiftissä**

Tietotekniikan kandidaatintutkielma

27. huhtikuuta 2023

Jyväskylän yliopisto

Informaatioteknologian tiedekunta

Tekijä: Sanni Vepsäläinen

Yhteystiedot: sannivepsalainen@gmail.com

Ohjaaja: Antti-Jussi Lakanen

Työn nimi: Pyöräilyn digitalisaatio ja sen haasteet: Digitaalinen doping Zwiftissä

Title in English: Digitalization of cycling and its challenges: Digital doping in Zwift

Työ: Kandidaatintutkielma

Opintosuunta: Tietotekniikka

Sivumäärä: 24+0

Tiivistelmä: Viime vuosien aikana pyöräilyn digitalisaatio on ottanu isoja askelia eteenpäin virtuaalisten pyöräily-ympäristöjen, erilaisten sensoreiden ja älyvastusten ansiosta. Yksi suosituimmista sovelluksista on *Zwift*, joka mallintaa perinteistä pyöräilyä älyvastuksen, puettavien teknologioiden ja sovelluksen avulla.

Pyöräilyn kattojärjestö UCI on valvonut virallisia virtuaalisessa ympäristössä tapahtuvia pyöräilyn (lyhyesti virtuaalinen pyöräily) maailmanmestaruuskisoja Zwiftissä, mutta samalla uudenlaiset dopingin keinot ovat nousseet pinnalle. Tämän tutkielman tarkoituksena on tarkastella kirjallisuuskatsauksen keinoin, millaisia uudenlaisia dopingin keinoja pyöräilyn digitalisaatio on avannut. Tutkielmassa käydään myös läpi digitaalista dopingia monitoroinnin menetelmiä, sekä digitaalisesti dopingista määrättäviä sanktioita.

Avainsanat: langattomat sensoriverkot, digitaalinen doping, Zwift, urheiluteknologia

Abstract: In recent years, the digitalization of cycling has taken big steps forward thanks to virtual cycling environments, wearable sensors and smart trainers. Zwift has emerged as one of the most popular apps for indoor cycling, modeling traditional cycling through a smart trainer, wearable technologies and an application.

Cycling's governing body UCI has held the official eCycling World Championships on Zwift, but at the same time new types of doping methods have surfaced. The purpose of this thesis

is to examine what are these new types of doping methods the digitalization of cycling has enabled. In the thesis I also examine how digital doping can be monitored and whether the sanctions for doping are the same as in traditional cycling.

Keywords: wireless sensory networks, digital doping, Zwift, sports technology

Esipuhe

Aloitin tämän tutkielman suunnittelun syksyllä 2022, kun pohdin aiheita kandidaatintutkielmaan ja huomasin käsitteen digitaalisen dopingin nousevan pintaan Zwiftiin liittyvissä verkko-utisissa. Tutkielman teko on ollut erityisen mielenkiintoista ja antoisaa. Toivon, että aiheesta tehdään jatkossa lisätutkimusta jotta virtuaalisen pyöräilyn kehitys itsenäisenä lajina pysyisi positiivisena.

Haluan kiittää ohjaajaani Antti-Jussi Lakasta ohjauksesta ja palautteesta koko kirjoitusprosessin aikana. Tämän lisäksi haluan kiittää isääni Janne Saarista pyöräilyn pariin innostamisesta, sekä tärkeistä keskusteluista tämän tutkielman aiheen parissa.

Jyväskylässä 27. huhtikuuta 2023

Sanni Vepsäläinen

Kuviot

| | |
|--|----|
| Kuvio 1. <i>Kuvassa pyörä on kiinnitetty älyvastukseen, joka on yhteydessä älylaitteen sovellukseen. Sovellus kommunikoi älyvastuksen kanssa muuttaen vastusta virtuaalisen ympäristön mukaan, ja älyvastus kommunikoi pyöräilijän polkemalla tuottamaa tehodataa sovellukselle.</i> | 4 |
| Kuvio 2. Zwift käyttöliittymä | 5 |
| Kuvio 3. Bluetooth protokollapino (Lonzetta ym. 2018) mukaan..... | 10 |
| Kuvio 4. Väliintulohyökkäys yksinkertaistetusti (Salem ym. 2022) mukaan..... | 11 |

Sisällys

| | | |
|-----|--|----|
| 1 | JOHDANTO | 1 |
| 2 | PYÖRÄILYN DIGITALISAATIO | 3 |
| 2.1 | Pyöräily lajina | 3 |
| 2.2 | Zwift, älyvastus ja muut sensorit | 4 |
| 2.3 | Bluetooth ja ANT+ | 6 |
| 3 | DIGITAALINEN DOPING | 8 |
| 3.1 | Dopingin määritelmä | 8 |
| 3.2 | Painoon liittyvä doping | 9 |
| 3.3 | Väliintulohyökkäys | 9 |
| 3.4 | Sandbagging ja sukupuoleen liittyvä doping | 11 |
| 4 | DIGITAALISEN DOPINGIN VALVONTA | 13 |
| 4.1 | Zwift Anti-Doping-Policy ja ZADA | 13 |
| 4.2 | Sanktiot | 14 |
| 5 | JOHTOPÄÄTÖKSET | 15 |
| | LÄHTEET | 16 |

1 Johdanto

Pyöräilyn digitalisaation suosio otti harppauksen eteenpäin koronavirus-pandemian pakottaessa ihmiset keksimään uusia tapoja pitää yllä kilpailutoimintaa (Westmattelmann ym. 2021). Kun suurin osa kilpailuista ja tapahtumista jouduttiin perumaan, siirtyi pyöräilymaailma osittain virtuaaliseen ympäristöön, jossa erilaisten teknologioiden avulla pyöräilijän fyysinen suoritus muuntautuu näytöllä olevan virtuaalisen avatarin suoritukseksi. *Zwift* on yksi näistä alustoista, jotka nousivat eirtyiseen suosioon koronavirus-pandemian aikana (Westmattelmann ym. 2021). Muun muassa pyöräilyn kattojärjestö Union Cycliste Internationale, jatkossa UCI, järjesti ensimmäiset virtuaalisessa ympäristössä tapahtuvat pyöräilyn (lyhyesti virtuaalinen pyöräily) maailmanmestaruuskilpailut *Zwift*issä vuonna 2020 (Schlange 2020).

Doping on yleinen ilmiö monien urheilulajien keskuudessa, niin myös pyöräilyn (Lentillon-Kaestner, Hagger ja Hardcastle 2012). On havaittu, että myös *Zwift*-sovelluksessa ja vastaavissa digitaalisissa ympäristöissä järjestetyissä kilpailuissa voi ilmetä sekä perinteistä dopingin käyttöä, että myös uusia huijaamistapoja, kuten esimerkiksi tehodatan muokkaaminen tai virheellisen painon syöttäminen. Näitä uusia huijaamistapoja kutsutaan tässä työssä digitaaliseksi dopingiksi. Tämä kandidaatintutkielma on kirjallisuuskartoitus, jonka tarkoituksena on kartoittaa millainen virtuaaliseen pyöräilyyn liittyvän digitaalisen dopingin tutkimuksen nykytila on seuraavien kartoituskysymyksien avulla:

1. Onko pyöräilyn digitalisaatio tuonut uusia mahdollisuuksia dopingin harjoittamiseen?
2. Millaisin metodein dopingia voisi harjoittaa *Zwift*in kaltaisessa ympäristössä?
3. Millä keinoilla digitaalista dopingia *Zwift*issä monitoroidaan?
4. Onko digitaalisessa dopingissa erilaiset sanktiot kuin perinteisessä dopingissa, ja jos niin miksi?

Tutkielman luvussa 2 Pyöräilyn digitalisaatio, määritellään virtuaaliseen pyöräilyyn liittyvää käsitteistöä, kuten laitteita ja erilaisia teknologioita jotka mahdollistavat virtuaalisen pyöräilyn harjoittamisen *Zwift*in kaltaisilla alustoilla. Luvussa 3 Digitaalinen doping, perehdytään digitaaliseen dopingiin ensin määrittelemällä doping, ja sitten perehtymällä erilaisiin

tapoihin joten digitaalista dopingia voi harjoittaa *Zwifin* kaltaisessa ympäristössä. Luvussa 4 Digitaalisen dopingin valvonta, määritellään tapoja miten digitaalisen dopingin valvominen eroaa perinteisen urheilun parissa tapahtuvan dopingin valvonnasta, sekä tarkastellaan onko digitaalisen dopingin ja perinteisen dopingin seurauksena saatujen sanktioiden välillä eroa. Viimeisessä luvussa kootaan tutkielman eri osat yhteen ja vastataan tutkimuskysymyksiin. Tutkielman heikkouksia, sekä mahdollisia jatkotutkimuksen aiheita ja tarvetta pohditaan myös viimeisessä luvussa.

2 Pyöräilyn digitalisaatio

Tässä luvussa tarkastellaan pyöräilyn digitalisaation ja siihen liittyvien teknologioiden määritelmiä. Luvussa keskitytään Zwiftiin sovelluksena ja virtuaalisena ympäristönä, sekä siihen mahdollisesti yhdistettäviin laitteisiin, kuten älyvastukseen. Lopuksi määritellään langattomien sensoriverkkojen merkitys suhteessa virtuaaliseen pyöräilyyn ja digitaaliseen dopingiin.

2.1 Pyöräily lajina

Pyöräilyssä tärkein suorituksen mittari on pyöräilijän nopeus, sillä se joka on ensimmäisenä maalissa voittaa yleensä kilpailun. Pyöräilijän nopeuteen vaikuttaa useampi eri vastusvoima. Yksi merkittävimmistä vastusvoimista on ilmanvastus. Mitä kovempi vauhti pyöräilijällä on, sitä korkeampi ilmanvastuksen aiheuttama energiankulutus on (E.W., D.L. ja I.E. 2005). Tästä johtuen peesaaminen onkin erittäin oleellista pyöräilyssä, sillä ajaessa toisen pyöräilijän takana ilmanvastuksen vaikutus, ja siten myös energian kulutus pienenee (Malizia ja Bloc-ken 2021).

Toinen merkittävä vastusvoima on vierintävastus, joka syntyy kun pyörän rengas on kosketuksissa maan pintaan ja muovautuu sen mukaan, sekä renkaan ja maanpinnan välisestä kitkasta. Maan pinnan muodolla on rengaspaineen lisäksi merkitystä vierintävastuksen. Tasaisemmalla pinnalla vierintävastus on pienempi kun rengaspaine on korkeampi, kun taas esimerkiksi soraisella tiellä matalampi rengaspaine laskee vierintävastusta, sillä rengas pystyy muuntautumaan paremmin epätasaiseen maanpintaan (*Schwalbe*) (E.W., D.L. ja I.E. 2005). Vierintävastuksen vaikutus hitaassa vauhdissa on isompi kuin ilmanvastuksen vaikutus, mutta vauhdin kasvaessa ilmanvastuksen merkitys kasvaa merkittävämmäksi vastusvoimaksi (E.W., D.L. ja I.E. 2005).

Myös pyöräilijän fyysisillä ominaisuuksilla, kuten painolla ja pituudella, on merkitystä pyöräilijän suoritukseen tietyissä olosuhteissa. Painovoiman merkitys kasvaa kun tien kaltevuusprosentti kasvaa. Mitä isompi tien kaltevuusprosentti on, sitä merkittävämpää pyöräilijän teho/paino-suhde on, kun taas tasaisella tiellä absoluuttinen tuotettu teho on ratkaisevampaa

(Martikainen 2018). Näiden pyöräilijän nopeuteen vaikuttavien tekijöiden ymmärtäminen on tärkeää, jotta voimme ymmärtää mitä *Zwift* käytännössä pyrkii mallintamaan ja minkälaista dataa se tarvitsee jotta se onnistuisi siinä.

2.2 Zwift, älyvastus ja muut sensorit

Virtuaalinen pyöräily on viimevuosien aikana kasvanut isoksi ilmiöksi. Vuonna 2020 julistetun koronapandemian myötä useita fyysisesti järjestettäviä urheilutapahtumia muiden tapahtumien tapaan jouduttiin perumaan (McIlroy ym. 2021). Digitalisaation ansiosta kuitenkin esimerkiksi Tour de France oli mahdollista järjestää vuonna 2020 ensimmäistä kertaa virtuaalisessa ympäristössä (*VIRTUAL TOUR DE FRANCE ON ZWIFT 2020*). Myös muun muassa Suomessa järjestettiin ensimmäiset ePyöräilyn Suomen-mestaruuskilpailut vuonna 2023 (*e-pyöräily.com 2023*).



Kuvio 1. Kuvassa pyörä on kiinnitetty älyvastukseen, joka on yhteydessä älylaitteen sovellukseen. Sovellus kommunikoi älyvastuksen kanssa muuttaen vastusta virtuaalisen ympäristön mukaan, ja älyvastus kommunikoi pyöräilijän polkemalla tuottamaa tehodataa sovellukselle.

Virtuaalisen pyöräilyn alustoista yksi merkittävimmistä on *Zwift*, jolla on yli 2,5 miljoonaa

rekisteröitynyttä käyttäjää (McIlroy ym. 2021). *Zwift* on Zwift Inc.:in kehittämä sovellus, joka mallintaa pyöräilyä virtuaalisessa maailmassa erilaisten sensorien ja laitteiden avulla. Laitteilta saatujen tietojen, sekä virtuaalisen ympäristön perusteella *Zwift* mallintaa edellisessä kappaleessa käytyjä pyöräilijän nopeuteen vaikuttavia vastusvoimia ja lopulta myös pyöräilijän nopeutta virtuaalisessa maailmassa. *Zwift* tarvitsee internet-yhteyden, jotta käyttäjä voi pyöräillä ja kilpailla samassa ympäristössä muiden käyttäjien kanssa. Kuvassa 1 maantiepyörä on kiinnitetty älyvastukseen ja pyöräilijän pyöräillessä avatari liikkuu virtuaalisessa ympäristössä, joka näkyy kuvassa 2.

*Zwift*issä peesaaminen on mahdollista, jos käyttäjän avatari on virtuaalisessa ympäristössä tarpeeksi lähellä toisen pyöräilevän käyttäjän avataria (*Zwift support* 2023). Tällöin *Zwift* säätää älyvastuksen vastusta sen mukaan kevyemmäksi. *Zwift* käyttää nopeuden laskemi-



Kuvio 2. Zwift käyttöliittymä

seen käyttäjän sovellukselle syöttämiä tietoja käyttäjän painosta, pituudesta, sekä älyvastuksen lähettämää tehodataa. Nopeuteen vaikuttaa myös millainen pyörä avatarille on valittuna. Virtuaalisessa ympäristössä on myöskin erilaisia maastoja, sekä teiden kaltevuus voi vaihdella. Tämä kaikki vaikuttaa myöskin käyttäjän nopeuteen (Thorne 2022)(*Zwift support* 2023). Kuvassa 2 näkyy *Zwiftin* graafinen käyttöliittymä virtuaalisesta ympäristöstä, jossa käyttäjän avatari liikkuu. Tämän lisäksi näytön yläreunassa on palkki jonka sisällä kuvataan nopeus,

kuljettu matka ja aika, reaaliaikainen teho watteina, sekä mahdollisten muiden antureiden lähettämä reaaliaikainen data. Oikeassa reunassa on lista muista virtuaalisessa maailmassa lähellä pyöräilevistä käyttäjistä.

Älyvastus on pyöräilyvastus, joka toimii Bluetooth tai ANT+ yhteyden avulla yhdessä *Zwifin* kanssa. Älyvastus eroaa perinteisestä vastuksesta sillä, että se voi kommunikoida älylaitteen kanssa. *Zwift* voi muun muassa säätää älyvastuksen vastusta, kun esimerkiksi virtuaalisessa ympäristössä tien kaltevuus kasvaa. Älyvastus mittaa yleensä myös pyöräilijän tuottamaa tehoa, jota se sitten lähettää reaaliajassa Bluetooth tai ANT+ yhteyden avulla *Zwiftille*. Pyöräilijän tuottama teho onkin tärkein indikaattori pyöräilijän suorituksesta, sillä esimerkiksi lämpötila ei voi vaikuttaa siihen samalla tavalla kuin esimerkiksi sykkeeseen (Jacques ja Samardžić 2022).

Myös muita antureita jotka mittaavat jotakin osa-aluetta pyöräilijän suorituksesta tai jotakin pyöräilijän fyysistä ominaisuutta, voidaan käyttää yhdessä *Zwifin* kanssa. Muun muassa sykeanturi on jopa vaadittu tietyissä kilpailuissa joita *Zwiftissä* järjestetään (*Zwift support* 2023) Sykeanturi on biometrinen anturi joka mittaa sydämen syketiheyttä (Yarali 2020), joka on ollut ennen tehomittausta pyöräilijän suoritusta kuvaavista datoista yleisin (Jacques ja Samardžić 2022). Kadenssimittari taas mittaa poljinopeutta, joka on myöskin yleinen pyöräilijöiden käyttämä anturi.

2.3 Bluetooth ja ANT+

Langatonta yhteyttä käyttävien laitteiden käyttö on yleistynyt etenkin urheilun parissa. Suosioon vaikuttaa niiden edullisuus, langattomuus ja helppo-käyttöisyys. Kehoverkko, englanniksi Body Area Network, kuvastaa laitteita jotka ihminen voi pukea päälle, kuten sykeanturi (Yarali 2020). Likiverkko, englanniksi Personal Area Network, taas kuvaa henkilökohtaisten laitteiden välistä kommunikaatiota, joita tässä kontekstissa esimerkiksi olisi älyvastus. Nämä kaikki kuuluvat laajempaan käsitteeseen; esineiden internet eli IoT (engl. *Internet of Things*). Bluetooth on yleisin käytössä oleva teknologia jota käytetään esineiden internetin kommunikaatiossa (Lonzetta ym. 2018).

Bluetooth on teknologia jonka avulla lyhyen matkan välillä voidaan siirtää langattomasti

dataa, kuten ääntä tai kuvia. ANT+ on teknologiana hyvin samankaltainen kuin Bluetooth, mutta se eroaa siitä sillä, että se on kykeneväinen yksinkertaisen mesh-verkon ylläpitämiseen. Tämä tarkoittaa sitä, että esimerkiksi ANT+ teknologiaa käyttävä sykeanturin voisi yhdistää useampaan ANT+ teknologiaa käyttävään laitteeseen, kuten tietokoneisiin tai puhelimiin (Gupta 2016). *Zwift* suosittelee Bluetooth Low Energy yhteyden suosimista juuri sen takia, että ANT+ yhteyttä käyttävä laite voi lähettää dataa yhdistymättä pelkästään yhteen tiettyyn laitteeseen (*Zwift support* 2023). Bluetooth Low Energy yhteyttä käyttäessä olisi epätodennäköisempää, että jokin ulkopuolinen lähde käyttäisi sitä yhteyttä (*Zwift support* 2023).

Bluetooth ja ANT+ teknologiat sisältävät myös tietoturvaheikkouksia, jotka altistavat niitä teknologioita käyttävät laitteet erilaisille hyökkäyksille (Lonzetta ym. 2018). Suurimmaksi osaksi laitteiden yhdistämisprosessi on syynä näille heikkouksille. Luvussa 3.3 käydään tarkemmin läpi yhtä hyökkäysmuotoa, väliintulohyökkäystä, joka liittyy laitteiden yhdistämisprosessiin. Kun Bluetooth ja ANT+ yhteyksissä on heikkouksia, luo se näin mahdollisuuden tässä kontekstissa *Zwiftin* käyttäjälle käyttää näitä heikkouksia hyväksi esimerkiksi muokataksaan suoritustaan ja näin harjoittaa digitaalista dopingia esimerkiksi tietoturvahyökkäyksen muodossa.

3 Digitaalinen doping

Tässä luvussa keskitytään siihen, miten erilaisissa muodossa dopingia voidaan harjoittaa *Zwift*issä verrattuna perinteisessä pyöräilyssä ilmenevään dopingiin. Ensin määritellään mitä doping käsitteenä tarkoittaa, ja kuinka sen määritelmää on sovellettu virtuaaliseen urheiluun. Sen jälkeen tarkastellaan erilaisia tapoja harjoittaa digitaalista dopingia virtuaalisessa pyöräilyssä.

3.1 Dopingin määritelmä

World Anti-Doping Agency (jatkossa WADA), määrittelee dopingin julkaisemassaan *World Anti-Doping Codex* sellaiseksi toiminnaksi tai aineeksi, joka voi parantaa urheilijan urheilusuoritusta, joka voi aiheuttaa terveystarveurheilijalle tai joka rikkoo urheilun hengen määritelmää, joka määritellään erikseen kyseisessä julkaisussa (World Anti-Doping Agency 2021). Näistä ehdoista kahden täytyy täytyä, jotta toiminta tai aine määritellään dopingiksi (Lentillon-Kaestner, Hagger ja Hardcastle 2012)(World Anti-Doping Agency 2021). Ammattitason pyöräilyssä doping on ollut jo pitkään laaja-alainen ilmiö ja muun muassa kilpailuista eniten median huomiota saavan Tour de Francen myötä on vuosien varrella tullut esille useita doping-tapauksia. Dopingin käyttö ammattitasolla on muuttanut muotoaan vuosikymmenien aikana. Siinä missä doping joskus oli jopa tietynlainen joukkuiden sisäisen koheesion nostattaja, siitä on tullut pyöräilijöiden ja organisaatioiden keskuudessa asia jota enemminkin halutaan välttää (Lentillon-Kaestner, Hagger ja Hardcastle 2012). Kuitenkin doping on edelleen olemassa oleva ongelma ammattitason pyöräilyssä (Lentillon-Kaestner, Hagger ja Hardcastle 2012).

Dopingiin liittyviä sääntöjä ja määritelmiä on jouduttu kohdentamaan tarkemmin pyöräilyn digitalisaation myötä. Virtuaalisessa ympäristössä, sekä etänä tapahtuvassa kilpailutilanteessa on uudenlaisia väyliä, joita kautta kilpailija voi parantaa suoritustaan perinteisten kiellettyjen aineiden lisäksi. Digitaalisen dopingin määritelmä on siinä mielessä sama kuin perinteisen dopingin, että sen tarkoituksena on kiellettyjen menetelmien parantaa urheilijan suoritusta, mutta nimenomaan kiellettyjen menetelmien määritelmä on erilainen. Luvussa 4.1 käydään

tarkemmin läpi sitä, mikä määrittellään dopingiksi virtuaalisessa pyöräilyssä.

3.2 Painoon liittyvä doping

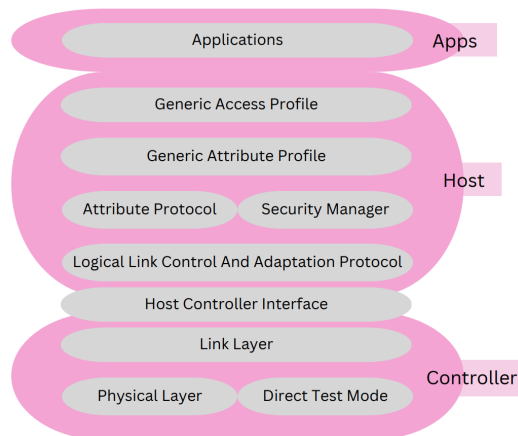
Pyöräilijän paino on yksi elementti jolla on merkitystä pyöräilijän suoritukseen. Kuten luvussa 2.1 todettiin, painovoiman merkitys kasvaa tien kaltevuusprosentin kasvaessa jolloin pyöräilijän teho/paino-suhde merkitsee enemmän kuin absoluuttinen tuotettu teho. Jos esimerkiksi 70 kilogramman painoinen pyöräilijä, joka pystyy tuottamaan keskimäärin 200 wattia tehoa säätäisi painonsa *Zwift*issä 50 kilogrammaan, paransi hänen teho/paino-suhde 2,8 W/kg:sta 4 W/kg:aan. Käyttäjä voi vapaasti syöttää painonsa *Zwiftiin* ja muuttaa sitä milloin tahansa.

Zwift Companion, jatkossa *ZC*, sovellus on *Zwift*istä erillinen sovellus jonka avulla käyttäjä voi esimerkiksi keskustella chatissä muiden käyttäjien kanssa tai seurata omaa suoritus- tansa ajaessa (*Zwift Companion* 2023). Eräs *Zwiftin* käyttäjä huomasi vuonna 2022 kuinka *ZC*-sovelluksen avulla käyttäjän oli mahdollista kesken kilpailun muokata omaa painoansa niin, että siitä ei jäisi jälkeä jos painon muuttaa takaisin ennen kilpailun loppua (Jones 2022) (Schlange 2022). Tällaisen haavoittuvuuden hyväksikäyttäminen mahdollistaa siis käyttäjäl- le sen, että teoriassa painoa voisi alentaa kilpailussa kun ajaa ylämäkeä ja lisätä kun ajaa alamäkeä saaden maksimaalisen hyödyn. *Zwift* on ilmaissut tämän haavoittuvuuden ilmitu- lemisen jälkeen, että heidän on mahdollista selvittää jälkikäteen käyttäjät jotka ovat tätä haa- voittuvuutta hyväksikäyttäneet (Williams 2022). **ONKO TULLUT SANKTIOITA HEIL- LE?**

3.3 Väliintulohyökkäys

Bluetooth-standardi on standardi, joka kuvaa lyhyen kantaman ja pienen energiakulutuksen langatonta tiedonsiirtotekniikkaa. Bluetooth Low Energy on Bluetooth 4.0 version yhteydes- sä lisätty parannus, jonka myötä energiankulutus väheni entuudestaan (Gupta 2016).

Bluetooth muodostaa kerrostetun protokollapinon joka koostuu kolmesta tasosta. Kuva 3 esittää Bluetooth-protokollapinoa. Väliintulohyökkäys on yksi mahdollisista hyökkäysta-

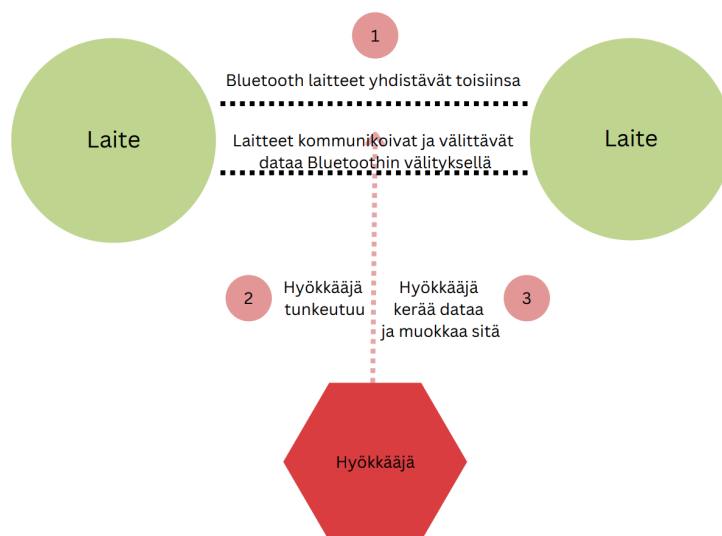


Kuvio 3. Bluetooth protokollapino (Lonzetta ym. 2018) mukaan.

voista, joka voidaan kohdentaa Bluetooth-yhteyttä käyttävien laitteiden välisen kommunikaation kuunteluun ja muokkaamiseen. Sensorien rajalliset resurssit altistavat yhteyden väliintulohyökkäykselle, jossa käytetään hyväksi erityisesti Link Manager-protokollaa, jonka tehtävä on huolehtia muun muassa laitteiden välisen yhteyden muodostamisesta (Gupta 2016) (Salem ym. 2022) (Lonzetta ym. 2018). Onnistuneessa väliintulohyökkäyksessä laitteiden välinen kommunikaatio tapahtuu hyökkääjän kautta käyttäjän huomaamatta sitä (Lonzetta ym. 2018).

Kuva 4 kuvastaa väliintulohyökkäyksen kulkua yksinkertaistetusti. Laitteet luulevat siis siirtävänsä dataa toistensa välillä, mutta todellisuudessa data kulkee hyökkäävän osapuolen läpi joka sieppaa ja purkaa salatun datan, jotta voi manipuloida sitä ja lähettää sen eteenpäin toiselle laitteelle (Salem ym. 2022).

Vuonna 2019 järjestetyssä DEF CON tietoturvakonferenssissa Brad Dixon piti esitelmän jossa hän kertoi kuinka oli väliintulohyökkäyksellä onnistunut muokkaamaan älyvastuksen *Zwift*lle välittämää dataa tehosta niin, että käyttäjän suoritus parani (Dixon 2019). Hän myös esitti onnistuneensa muokkaamaan *Zwiftin* lähettämää dataa muun muassa tien kaltevuudesta samalla menetelmällä niin, että käyttäjä pystyi näennäisesti ajamaan kokoajan tasaisella ilman kaltevuuden kasvamisen aiheuttamaa vastuksen nousua vaikka kaltevuus nousisikin virtuaalisessa ympäristössä (Dixon 2019).



Kuvio 4. Väliintulohyökkäys yksinkertaistetusti (Salem ym. 2022) mukaan.

3.4 Sandbagging ja sukupuoleen liittyvä doping

Käyttäjä voi valita sukupuolen *Zwift*issä vapaasti, sekä syöttää kynnystehon sovellukselle joiden mukaan kilpailukategoriat on jaoteltu. Kynnysteho (engl. *Functional Threshold Power*) kuvastaa Martikaisen (Martikainen 2018) mukaan aineenvaihdunnallista kynnystä, eli tietynlaista maksimaalista tehoa jota pyöräilijä pystyy tuottamaan pidemmän aikaa. *Zwift*issä kategorioita on neljä; A, B, C, D, ja jokaisessa on oma kynnystehon haarukka. Jos käyttäjän kynnysteho on *Zwift*issä esimerkiksi 3.0 w/kg hänen ei kuuluisi osallistua D-kategorian kilpailuihin, sillä kynnysteho-haarukka siihen on alle 2.4 w/kg. Jos käyttäjä osallistuu omaan suorituskyykynsä nähden liian helppoon tehokategoriaan, kutsutaan tätä toimintaa *sandbagging*iksi. *Zwift*issä kilpailuja järjestävillä tahoilla on mahdollisuus valita järjestämäänsä kilpailuun *Category enforcement* -sääntö, joka on yksi ennaltaehkäisevistä toimista *Sandbaggingin* suhteen (*Zwift support* 2023). Kyseinen sääntö tarkoittaa sitä, että *Zwift* laskee kynnystehon käyttäjän viimeisen 60 päivän aikana ajamien harjoitusten perusteella, ja poistaa häneltä vaihtoehdon osallistua niihin kategorioihin jotka olisivat hänelle liian helppoja (*Zwift support* 2023).

Joissakin kilpailuissa on määritelty eri kilpailukategoriat naisille ja miehille, kun taas joissain kilpailuissa kaikki kilpailevat samoissa kategorioissa (*Zwift support 2023*). Käyttäjä voi huijata siis kilpailuissa syöttämällä virheellisen sukupuolen *Zwiftiin*, ja osallistumalla sukupuolen perusteella jaoteltuun kilpailuun. Tämä keino huijata on kuitenkin käytännössä mahdoton toteuttaa esimerkiksi UCIn alaisissa kilpailuissa, sillä kilpailijat sattavat joutua todistamaan henkilöllisyytensä (*ZWIFT CYCLING ESPORTS RULES 2022*). Kuitenkin pienempien tahojen järjestämissä kilpailuissa, joissa ei ole pakko noudattaa *Zwiftin* määrittelemiä sääntöjä (*ZWIFT CYCLING ESPORTS RULES 2022*) ja joihin kuka tahansa voi osallistua, tätä keinoa on teoriassa mahdollista käyttää, sillä sukupuolta voi vaihtaa sovelluksessa sen jälkeenkin kun sen on kerran sovellukseen syöttänyt (*Zwift support 2023*).

4 Digitaalisen dopingin valvonta

Tässä luvussa määritellään digitaalinen doping, sekä tarkastellaan millä tavoin *Zwift* monitoroi ja ennaltaehkäisee sen toteutettavuutta. Luvussa tarkastellaan myös digitaalisen dopingin sanktioita lyhyesti.

4.1 Zwift Anti-Doping-Policy ja ZADA

*Zwift*issä järjestäviä kisoja varten on laadittu oma *Zwift Anti-Doping-Policy* joka määrittelee doping-säännöt juuri *Zwift* ympäristössä järjestettäviin kilpailuihin ja tapahtumiin. *Zwift Anti-Doping-Policyn* tarkoituksena on suojata käyttäjien terveyttä ja turvallisuutta, sekä varmistaa, että kilpailut ja tapahtumat toteutuvat oikeudenmukaisesti. Muuten kyseinen dokumentti sisältää samoja määritelmiä dopingin määritelmälle kuin *World Anti-Doping Code*, mutta *Zwift* kilpailuiden etätapahtumaluonteen vuoksi on muun muassa kilpailijan sijainnin väärentäminen tai annetusta sijainnista poistuminen annetun aikahaarukan sisällä merkitty yhdeksi kohdaksi joka rikkoo *Zwift Anti-Doping-Policya (Cycling Esports Anti-Doping Policy 2020)*.

Zwift on laatinut erillisen sääntösarjan; *Cycling Esports Rules and Regulations*, jossa määritellään sääntöjä jotka ovat käytössä *Zwiftin* *Zwift Cycling Esports-* tapahtumiksi tai sarjoiksi määrittelemissä kisoissa. Toisin sanoen sääntösarja koskee hyvin pientä osaa kaikista *Zwift*issä järjestyistä tapahtumista ja kilpailuista (*ZWIFT CYCLING ESPORTS RULES 2022*). *Zwift Accuracy and Data Analysis Group*, jatkossa *ZADA*, on ryhmä *Zwift Cycling Esports*:in johtajan valtuuttamia henkilöitä joiden tehtävänä on huolehtia tarvittaessa asiantuntevaa teknistä analyysia sääntösarjan alaisessa tapahtumassa ajavien käyttäjien suorituksista. Kilpailijoiden täytyy sääntösarjan mukaan toimittaa *Zwift*ille sääntösarjassa määriteltyjä ennakkotietoja muun muassa verifoidakseen fyysisiä ominaisuuksia, kuten pituus tai paino. Kilpailun aikana pyöräilijän täytyy myöskin mitata tehoa erillisellä tehomittarilla, jotta suorituskyvyn verifointi on mahdollista tarvittaessa. Tämän lisäksi *ZADA* saattaa pyytää kilpailijalta lisätietoja suorituksen verifioimista varten (*ZWIFT CYCLING ESPORTS RULES 2022*).

Pyöräilyn digitalisaation myötä dopingin määritelmää, sekä sen valvontaa on jouduttu alkaa tarkastelemaan uudesta näkökulmasta. Koska pyöräilijät voivat ajaa itse määrittelemissään sijainneissa perinteisen pyöräilyn kilpailuihin verrattuna, on pyöräilijän suorituksen verifoinnille ollut pakko määritellä uusia menetelmiä. Näiden toimien merkitys on erityisen tärkeää, jotta WADA:n laatimassa säännöstössä määritelty urheilun henki säilyisi myös virtuaalisessa pyöräilyssä. Urheilun henki WADA:n mukaan sisältää muun muassa eettisyyden, reilun pelin, rehellisyyden, sekä sääntöjen ja lakien kunnioituksen arvoja jotka rikkoutuvat jos dopingia missään muodossa harjoitetaan (World Anti-Doping Agency 2021).

4.2 Sanktiot

Zwiftin määrittelemässä "Cycling Esports Rules and Regulations" säännöstössä määritellään kolme eri tasoa rangaistuksille joiden pohjalta rangaistuksia yleensä annetaan (*ZWIFT CYCLING ESPORTS RULES 2022*). Ensimmäinen taso kuvaa tapauksia joissa dopingin harjoittaja ei ole tavoitellut hyötyä itselle tarkoituksenmuokaisesti, toinen taso kuvaa tapauksia joissa dopingin harjoittaja on tavoitellut hyötyä itselleen, ja kolmas taso kuvaa tilanteita joissa dopingin harjoittaja on huonontanut lajin mainetta (*ZWIFT CYCLING ESPORTS RULES 2022*). Näiden tasojen mukaan dopingin käyttämisestä kiinnijäänyt yksilö voi saada rangaistuksena kilpailusuorituksen diskvalifoinnin lisäksi myös kiellon kilpailla *Zwift Cycling Esports* kilpailuissa, mikä voi olla korkeimmillaan loppuelämän pituinen kielto (*ZWIFT CYCLING ESPORTS RULES 2022*). Näiden sääntöjen mukaan rangaistujen yksilöiden rangaistukset eivät ole ainakaan joissain tapauksissa ylittäneet virtuaalisen pyöräilyn ulkopuolelle (Beedham 2019). Se onkin yksi asia, mitä jatkossa tulisi pohtia ja tutkia laajemmin. Onko virtuaalisen pyöräilyn sisällä tapahtuneesta dopingista johtunut rangaistus missä määrin sovellettavissa reaali maailmassa tapahtuvan pyöräilyn ja kilpailutoiminnan kontekstiin.

5 Johtopäätökset

Pyöräilyn digitalisaation myötä myös dopingin määritelmä on muuttanut muotoaan, joka on vaatinut tässä kontekstissa *Zwiftiä* muodostamaan kohdennettuja sääntöjä ja verifointimenetelmiä jotta urheilun rehtyden ominaispiirteet säilyisivät *Zwiftissä* järjestettävissä kilpailuis- ja kilpailusarjoissa. Jotta *Zwift* pystyisi mallintamaan käyttäjän oikeaa suoritusta, täytyy käyttäjän käyttää useita eri laitteita mittaamaan suorituskykyä. Näiden laitteiden yhdistämiseen ja kommunikaatioon käytettävät Bluetooth ja ANT+ teknologiat ovat alttiita erilaisille hyökkäyksille joista muun muassa väliintulohyökkäystä käsiteltiin luvussa 3. Kuten luvussa 3.3 kävi ilmi, esimerkki Brad Dixonin onnistuneesta väliintulohyökkäyksestä *Zwiftissä* on oivallinen esimerkki siitä, miten pyöräilyn digitalisaation myötä dopingin käyttäminen on mahdollista erilaisin metodein kuin perinteisessä urheilussa on määritelty. Tämän takia onkin erityisen tärkeää, että doping määritellään virtuaalisen pyöräilyn kontekstissa tarkennetusti, jotta samat lähtökohdat tasa-arvoiseen kilpailutilanteeseen pyrkimisessä totutuisivat virtuaalisessa pyöräilyssä. Tätä määritelmää ja sääntöjen koostamista *Zwift* on jo tehnyt, kuten luvussa 4 ilmeni.

Yksi tämän tutkielman haasteista oli tieteellisen lähdekirjallisuuden vähäisyys, joka vaikeutti kirjallisuuskatsauksen tekoa. Virtuaalisen pyöräilyn ollessa vielä suhteellisen tuore laji, on ymmärrettävää että tutkimusta siihen liittyvistä aiheista on vielä niukasti saatavilla, niin kuin tätä tutkielmaa tehdessä jouduin toteamaan. Tulevaisuudessa olisikin tärkeää tutkia vielä tarkemmin ja laajemmin sitä, millä tavalla doping voi ylipäättään erota jonkin perinteisen lajin virtualisoidussa versiossa ja miten doping sääntöjä pitäisi tarkentaa jotta lajit säilyttäisivät uskottavuuden, tasa-arvoisuuden ja urheilun hengen. Onko virtuaalinen pyöräily oma lajinsa osana urheilua vai osana e-urheilua on varmasti myöskin oleellinen asia tutkia ja pohtia, jotta digitaalisen dopingin olemassaolon merkitystä olisi helpompi ymmärtää ja monitoroida.

Lähteet

Beedham, Matthew. 2019. *Should 'digital dopers' get banned from sports in the real world too?* Saatavilla WWW-muodossa, <https://thenextweb.com/news/zwift-cyclist-digitally-dopes-esports-banned-real-world>, viitattu 11.4.2023.

Cycling Esports Anti-Doping Policy. 2020. Saatavilla WWW-muodossa, <https://content-cdn.zwift.com/uploads/2020/03/Zwift-Anti-Doping-Policy.pdf>, viitattu 14.3.2023.

Dixon, Brad. 2019. *Brad Dixon - Cheating in eSports How to Cheat at Virtual Cycling - DEF CON 27 Conference*. Saatavilla WWW-muodossa, <https://www.youtube.com/watch?v=pq9t0VEIMio>, viitattu 3.2.2023.

e-pyöräily.com. 2023. Saatavilla WWW-muodossa, <https://e-pyoraily.com/etusivu>, viitattu 12.4.2023.

E.W., Faria, Parker D.L. ja Faria I.E. 2005. "The science of cycling: factors affecting performance - part 2". Teoksessa *Sports Medicine*, 35(4), 313–337. <https://doi.org/10.2165/00007256-200535040-00003>.

Gupta, N. K. 2016. *Inside Bluetooth Low Energy, Second Edition*. Artech House.

Jacques, J., ja S. Samardžić. 2022. "Analysing cycling sensors data through ordinal logistic regression with functional covariates." Teoksessa *Journal of the Royal Statistical Society. Series C, Applied statistics*, 71(4), 969–986. Eracle. <https://doi.org/10.1111/rssc.12563>.

Jones, Will. 2022. *Zwift makes abrupt U-turn after banning weight-doping hack whistleblower*. Saatavilla WWW-muodossa, <https://www.cyclingnews.com/news/zwift-makes-abrupt-u-turn-after-banning-weight-doping-hack-whistleblower/>, viitattu 11.4.2023.

Lentillon-Kaestner, V., M. S. Hagger ja S. Hardcastle. 2012. "Health and doping in elite-level cycling". Teoksessa *Scandinavian Journal of Medicine and Science in Sports* Volume 22, Issue 5, 596–606. John Wiley / Sons A/S.

- Lonzetta, A., P. Cope, J. Campbell, B. Mohd ja T. Hayajneh. 2018. "Security Vulnerabilities in Bluetooth Technology as Used in IoT". Teoksessa *Journal of sensor and actuator networks*, 7(3), 28. <https://doi.org/10.3390/jsan7030028>.
- Malizia, F., ja B. Blocken. 2021. "Cyclist aerodynamics through time: Better, faster, stronger." Teoksessa *Journal of wind engineering and industrial aerodynamics*, 214, 104673. <https://doi.org/10.1016/j.jweia.2021.104673>.
- Martikainen, Tommi. 2018. *Kehity pyöräilijänä: Pyöräilijän tehotreeni*. Fitra.
- McIlroy, B., L. Passfield, H. Holmberg ja B. Sperlich. 2021. "Virtual Training of Endurance Cycling - A Summary of Strengths, Weaknesses, Opportunities and Threats." Teoksessa *Frontiers in sports and active living*, 3, 631101. <https://doi.org/10.3389/fspor.2021.631101>.
- Salem, O., K. Alsubhi, A. Shaafi, M. Gheryani, A. Mehaoua ja R. Boutaba. 2022. "Man-in-the-Middle Attack Mitigation in Internet of Medical Things." Teoksessa *IEEE transactions on industrial informatics*, 18(3), 2053–2062. Institute of Electrical / Electronics Engineers. <https://doi.org/10.1109/TII.2021.3089462>.
- Schlange, Eric. 2020. *All About the 2020 UCI Cycling Esports World Championships on Zwift*. Saatavilla WWW-muodossa, <https://zwiftinsider.com/uci-worlds/>, viitattu 14.3.2023.
- . 2022. *The Story of FreeLuciano, So Far*. Saatavilla WWW-muodossa, <https://zwiftinsider.com/freeluciano/>, viitattu 11.4.2023.
- Schwalbe*. Saatavilla WWW-muodossa, <https://www.schwalbe.com/en/rollwiderstand>, viitattu 6.3.2023.
- Thorne, Sarah. 2022. "Trouble in Watopia: Negotiating Community Wellbeing and Cheating in Zwift ESports Cycling". Teoksessa *Journal of Sport and Social Sciences* 5 (1), 33–48. Eracle.
- Westmattmann, Daniel, Jan-Gerrit Grotenhermen, Marius Sprenger ja Gerhard Schewe. 2021. "The show must go on - virtualisation of sport events during the COVID-19 pandemic". Teoksessa *European Journal of Information Systems* 30, no. 2, 119–136. Palgrave.

Williams, Andrew. 2022. *Zwift Responds To Weight Doping Controversy*. Saatavilla WWW-muodossa, <https://www.forbes.com/sites/andrewwilliams/2022/02/27/zwift-responds-to-weight-doping-controversy/?sh=479e4d9425f6>, viitattu 11.4.2023.

VIRTUAL TOUR DE FRANCE ON ZWIFT. 2020. Saatavilla WWW-muodossa, <https://www.letour.fr/en/virtual-tour-de-france>, viitattu 4.4.2023.

World Anti-Doping Agency, WADA. 2021. *World Anti-Doping Code*. <http://www.wada-ama.org/>.

Yarali, A. 2020. *Wireless Sensor Networks (WSN)*. Nova science publishers.

Zwift Companion. 2023. Saatavilla WWW-muodossa, <https://www.zwift.com/eu/companion>, viitattu 11.4.2023.

ZWIFT CYCLING ESPORTS RULES. 2022. Saatavilla WWW-muodossa, <https://content-cdn.zwift.com/uploads/2022/02/Cycling-Esports-Ruleset-v1.0.8.docx-2.pdf>, viitattu 14.3.2023.

Zwift support. 2023. Saatavilla WWW-muodossa, https://support.zwift.com/lang/en_us/, viitattu 20.2.2023.