

UNIVERZA V MARIBORU  
FAKULTETA ZA ELEKTROTEHNIKO,  
RAČUNALNIŠTVO IN INFORMATIKO

Aljaž Soderžnik

**RAZVOJ AKTIVNE RAČUNALNIŠKE IGRE  
KOLESARJENJA Z UPORABO  
PAMETNEGA TRENAŽERJA**

Magistrsko delo

Maribor, september 2021

UNIVERZA V MARIBORU  
FAKULTETA ZA ELEKTROTEHNIKO,  
RAČUNALNIŠTVO IN INFORMATIKO

Aljaž Soderžnik

**RAZVOJ AKTIVNE RAČUNALNIŠKE IGRE  
KOLESARJENJA Z UPORABO  
PAMETNEGA TRENAŽERJA**

Magistrsko delo

Maribor, september 2021

# **RAZVOJ AKTIVNE RAČUNALNIŠKE IGRE KOLESARJENJA Z UPORABO PAMETNEGA TRENAŽERJA**

Magistrsko delo

Študent: Aljaž Soderžnik  
Študijski program: študijski program 2. stopnje  
Računalništvo in informacijske tehnologije  
Mentor: izr. prof. dr. Matej Črepinšek  
Lektorica: Jasmina Vajda Vrhunec, prof. slov.

## **ZAHVALA**

Zahvaljujem se mentorju izr. prof. dr. Mateju Črepinšku za vso strokovno pomoč, usmeritve in potrpežljivost v času pisanja magistrskega dela.

Posebna zahvala velja partnerki Anji, ki me je vseskozi spodbujala pri študiju in pisanju magistrskega dela.

Hvala tudi vsem, ki ste mi posodili opremo, potrebno za izvedbo tega projekta.

# Razvoj aktivne računalniške igre kolesarjenja z uporabo pametnega trenažerja

**Ključne besede:** aktivne računalniške igre, kolesarjenje, protokol ANT+.

**UDK:** 004.96(043.2)

## **Povzetek**

*Magistrsko delo naslavlja področje aktivnih računalniških kolesarskih iger. V ta namen smo najprej opisali princip delovanja aktivnih računalniških iger in proučili literaturo o njihovem vplivu na promocijo zdravega načina življenja. Sledil je pregled najpriljubljenejših obstoječih rešitev na trgu. Ugotovili smo, da pri razvijanju omenjenih iger prihaja do razlik predvsem pri načinu generiranju prog, za komunikacijo med napravami se večina obrača na preverjena, brezžična in varčna protokola ANT+ in Bluetooth Low Energy. Na podlagi teh ugotovitev smo v nadaljevanju magistrskega dela razvili aktivno računalniško kolesarsko igro, v kateri igralec vozi po lastnih progah, ki jih predhodno posname z videokamero, za komunikacijo s kolesarskim trenažerjem pa igra uporablja protokol ANT+.*

# Development of an active computer cycling game using a smart trainer

**Key words:** active video games, cycling, ANT+ protocol

**UDK:** 004.96(043.2)

## **Abstract**

*The master's thesis addresses the field of active computer cycling games. To this end, we described the principle of operation of such games and examined the literature regarding their impact on promoting a healthy lifestyle. This part was followed by an overview of the most popular solutions already present on the market. We found that the developers of these games take a different approach considering how they generate cycling routes. However, when developing communication between devices, the majority resort to proven, wireless, and energy-efficient protocols ANT + and Bluetooth Low Energy. Considering these findings, we have developed an active computer cycling game where the player rides on his own routes that were previously recorded with a video camera while the ANT+ protocol is being used for communication between the game and the smart trainer.*

# KAZALO VSEBINE

1	UVOD .....	1
2	AKTIVNE RAČUNALNIŠKE IGRE .....	3
2.1	Aktivne računalniške kolesarske igre .....	6
2.2	Delovanje aktivnih računalniških kolesarskih iger .....	7
2.3	Aktivne računalniške igre kot možna rešitev za promocijo zdravega življenjskega stila .....	9
3	PREGLED OBSTOJEČIH REŠITEV .....	13
3.1	Igra Zwift .....	13
3.2	Igra RGT Cycling.....	16
3.3	Igra Rouvy.....	18
3.4	Primerjava rešitev .....	19
4	Protokola ANT IN ANT+ .....	23
4.1	Protokol ANT .....	23
4.2	Protokol ANT+ .....	28
4.3	Profili naprav ANT+ .....	29
4.4	Implementacija profila .....	34
4.5	Profil FE-C .....	36
5	RAZVOJ AKTIVNE RAČUNALNIŠKE KOLESARSKE IGRE .....	40
5.1	Zajem videoposnetka in obdelava podatkov .....	41
5.2	Komunikacija med napravami po protokolu ANT+ .....	46
5.3	Grafični uporabniški vmesnik.....	52
6	SKLEP.....	56
	VIRI IN LITERATURA.....	58

## KAZALO SLIK

Slika 2.1: Igra Dance Dance Revolution [14] .....	4
Slika 2.2: Igralna konzola Nintendo Wii [33] .....	4
Slika 2.3: Ročne kazalne naprave PlayStationMove [37] .....	5
Slika 2.4: Globinska kamera Kinect 2 [30] .....	5
Slika 2.5: Shema delovanja aktivne kolesarske igre .....	8
Slika 2.6: Pripomočki, potrebni za uporabo aktivnih kolesarskih iger [31] .....	9
Slika 3.1: Skupinska vožnja v igri Zwift [47] .....	14
Slika 3.2: Podstavek za sprednje kolo Sterzo Smart podjetja Elite [17] .....	15
Slika 3.3: Ekipna dirka po progi Borrego Springs [44] .....	17
Slika 3.4: Primer AR-proge z animiranimi 3D-kolesarji [40] .....	19
Slika 4.1: Sedem plasti modela OSI [34] .....	24
Slika 4.2: Primeri ANT omrežja ANT [1] .....	25
Slika 4.3: Primer preprostega omrežja ANT [1] .....	26
Slika 4.4: Sestava vozlišča ANT [1] .....	27
Slika 4.5: Logotip blagovne znamke ANT+ [6] .....	29
Slika 4.6: Ikone profilov naprav ANT+ [5] .....	30
Slika 4.7: Ekosistem ANT+ [18] .....	31
Slika 4.8: Primer uporabe profila naprave FIT [5] .....	37
Slika 4.9: Modul za fitnes naprave FIT1e [20] .....	37
Slika 4.10: Prenos podatkov med fitnes napravo (levo) in zaslonsko napravo (desno) pri profilu FIT [5] .....	38
Slika 4.11: Prenos podatkov med fitnes napravo (levo) in zaslonsko napravo (desno) pri profilu FE-C [5] .....	39
Slika 5.1: ANT+ USB-ključ [21] .....	40
Slika 5.2: Akcijska kamera GoPro Hero 9 [22] .....	41
Slika 5.3: Ukaz za ekstrakcijo geolokacijskih podatkov iz video datoteke z orodjem ffmpeg .....	42



Slika 5.4: Ukaz za transformacijo binarne datoteke v .csv datoteke z orodjem gpmd2csv .....	42
Slika 5.5: Datoteke, ustvarjene med predobdelavo podatkov .....	43
Slika 5.6: Izvleček podatkov iz gps.csv datoteke.....	43
Slika 5.7: Primer slabih višinskih podatkov .....	44
Slika 5.8: Zaslonski posnetek ogrodja Docker.....	45
Slika 5.9: Pokritost držav podatkovnega seta EU-DEM [39] .....	46
Slika 5.10: Parametri za konfiguracijo omrežja ANT+ .....	47
Slika 5.11: Del kode za konfiguracijo omrežja ANT+.....	48
Slika 5.12: Vzpostavitev delegatov na dogodke naprave in kanala .....	49
Slika 5.13: Dekodiranje podatka o hitrosti iz podatkovne strani 16.....	50
Slika 5.14: Opis vrednosti podatkov na podatkovni strani 16 [4].....	50
Slika 5.15: Opis vrednosti podatkov na podatkovni strani 48 [4].....	51
Slika 5.16: Odsek kode za spreminjanje upora na trenažerju .....	51
Slika 5.17: Uporabljeni paketi NuGet.....	52
Slika 5.18: Zavihek "ANT+ povezava" .....	53
Slika 5.19: Zavihek "Vožnja" .....	54
Slika 5.20: Okno za izbor videoposnetka .....	54

## KAZALO TABEL

Tabela 3.1: Primerjava funkcionalnosti med brezplačno in plačljivo različico igre .....	17
Tabela 3.2: Cenovna politika primerjanih iger .....	20
Tabela 3.3: Dostopnost primerjanih iger na posamezni platformi .....	20
Tabela 3.4: Prednosti primerjanih aplikacij .....	21
Tabela 3.5: Omejitve primerjanih aplikacij .....	22
Tabela 4.1: Status gospodar/suženj kanalov na sliki 4.3 .....	26
Tabela 4.2: Profili naprav ANT+ .....	32

## **SEZNAM UPORABLJENIH KRATIC**

**API** – (angl. *Application Programming Interface*); aplikacijski programski vmesnik

**AR** – (angl. *Augmented Reality*); obogatena resničnost

**BLE** – (angl. *Bluetooth Low Energy*); standard BLE

**FE-C** – (angl. *Fitness Equipment Controls*); nadzor fitnes opreme

**OSI** – (angl. *Open Systems Interconnection*); medsebojno povezovanje odprtih sistemov

**RF** – (angl. *Radio Frequency*); radijska frekvenca

**TDMA** – (angl. *Time Division Multiple Access*); časovno porazdeljen sodostop

**WPF** – (angl. *Windows Presentation Foundation*); ogrodje za izdelavo uporabniškega vmesnika WPF

# 1 UVOD

Povečana priljubljenost računalniških iger in s tem povezano naraščanje sedečega načina življenja sta s seboj prinesla negativne posledice za zdravje igralcev (debelost, težave z držo oz. hrbtenico itd.). Raziskovalci in inženirji so rešitev našli v aktivnih računalniških igrah (angl. exertion games, exergames, active video games), ki poudarjajo telesno usmerjen pogled na interakcije z računalniki, kar je v nasprotju s tradicionalno tipkovnico in miško. Aktivne računalniške igre imajo potencial pri preprečevanju porasta debelosti oz. odvečne telesne teže igralcev, saj od igralcev zahtevajo fizični napor za interakcijo s samo igro. Dokazano je, da igranje aktivnih računalniških iger povečuje srčni utrip, porabo kisika in porabo energije. Igranje aktivnih računalniških iger je enakovredno nizko do zmerno intenzivni telesni vadbi [43].

Med epidemijo covid-19 v letih 2020 in 2021 je kolesarstvo doživelo izjemen porast v Sloveniji in po svetu. Ljudje so zaradi povečane zaskrbljenosti pred javnimi prevozi in zaradi želje po rekreaciji začeli množično uporabljati kolesa in tudi trenažerje za kolo [10]. Porast je bil tako nenaden, da so zaloge koles praktično pošle, trg si še do danes ni opomogel, saj se na naročila novih koles čaka tudi več mesecev [26].

Zaradi naraščanja priljubljenosti aktivnih računalniških iger na eni strani in kolesarjenja na drugi, pa tudi zaradi lastnega interesa, smo se odločili za razvoj aktivne igre kolesarjenja z uporabo pametnega trenažerja. Aktivna igra bo zanimiva kolesarjem, ko bo zaradi vremenskih pogojev kolesarjenje na prostem oteženo. Prav tako bo namenjena izboljševanju lastnih rezultatov in spodbujanju telesne aktivnosti. Bo pa tudi popestritev suhoparnih treningov na klasičnih trenažerjih, zaradi katerih marsikateri kolesar izgubi motivacijo in voljo do kolesarjenja doma, na trenažerju.

Med pisanjem magistrskega dela smo se osredotočili na nalogo razviti prototip aktivne igre. Pri tem smo si zadali naslednje cilje:

- raziskati področje aktivnih iger in podatki kratek pregled,

- opisati postopek komunikacije naprav prek protokola ANT,
- razviti aktivno igro kolesarjenja, ki za interakcijo z računalnikom uporablja pametni trenažer in protokol ANT+.

V drugem poglavju magistrskega dela smo najprej opravili pregled področja aktivnih računalniških iger, razložili, kaj so aktivne računalniške kolesarske igre in kako delujejo, v zaključku poglavja pa predstavili še vpliv aktivnih računalniških iger na zdrav življenjski stil. V tretjem poglavju smo predstavili nekaj najpriljubljenejših predstavnikov segmenta aktivnih kolesarskih računalniških iger in naredili medsebojno primerjavo. V četrtem poglavju sledi predstavitev protokola, sporočil in profilov ANT+. Opisali smo postopek komunikacije med napravami ANT+ z uporabo profila naprave (angl. device profile) Fitness Equipment Controls (v nadaljevanju FE-C). V petem poglavju smo opisali postopek razvoja aktivne igre kolesarjenja v okolju Windows, ki komunicira s pametnim trenažerjem po protokolu ANT+ z uporabo profila naprave FE-C. Predstavili in opisali smo tudi vso potrebno opremo, ki je bila potrebna za implementacijo (pametni trenažer, ANT+ USB-ključ). Magistrsko delo smo zaključili s sklepom.

## 2 AKTIVNE RAČUNALNIŠKE IGRE

Tehnološki napredek na področju interakcije med človekom in računalnikom je vodil do nastanka računalniških sistemov, ki postavljajo uporabnikovo gibanje telesa v središče izkušnje in spodbujajo telesno dejavnost kot del interakcije. Te telesne interakcije so interakcije s tehnologijo, ki od uporabnika zahtevajo fizični napor, kar je v nasprotju z doslej prevladujočimi interakcijami z računalniki, ki zahtevajo le minimalen fizični napor, npr. miško in tipkovnico ali interakcije z igralnim ploščkom [32].

Aktivne računalniške igre so nova generacija računalniških iger, ki jih povezuje ideja o vključevanju obsežnih gibov telesa (npr. trupa, zgornjih in/ali spodnjih okončin) s privlačnimi digitalnimi igrami. Vizualni in slušni dražljaji so kombinirani z različnimi vrstami opreme (npr. ravnotežne plošče, plesne podloge, uteži, kamere in druge vrste senzorjev in naprav), ki uporabnikom omogočajo telesno dejavnost za igranje. Aktivne računalniške igre je tako kot tradicionalne računalniške igre mogoče igrati tudi v načinu za več igralcev (angl. multiplayer), kar lahko prispeva k povečanju socialne interakcije v domačem okolju. Trenutno obstaja več vrst aktivnih računalniških iger, kot so tiste, ki simulirajo tradicionalne aerobne vaje (npr. hojo, tek in kolesarjenje), športne panoge (npr. košarka, kegljanje, tenis, namizni tenis, plavanje, odbojka in boks), ples in vaje z utežmi. Konzole, ki omogočajo to izkušnjo, so Sonyjev PlayStation Move, Microsoftov Xbox Kinect in Nintendo Wii [45].

Dance Dance Revolution (slika 2.1) je verjetno prva aktivna računalniška igra, ki je doživela velik komercialni uspeh. To je arkadna igra, ki od igralcev zahteva, da sledijo plesnim navodilom na zaslonu, ki se prikazujejo po ritmu glasbe in od igralca zahtevajo, da stopi na ustrezne na dotik občutljive ploščice, kar povzroči plesne gibe in prišteje točke igralcu [32].



Slika 2.1: Igra Dance Dance Revolution [14]

Sledil je Nintendo s konzolo Wii (slika 2.2), ki je dosegla globalni uspeh in se prodala v več kot sto milijonih kosov. Konzola Wii uporablja ročne kazalne naprave, podobne igralnim ploščkom, ki zaznajo gibanje uporabnikovih rok kot vhod za interakcije z računalniškimi igrami [32].



Slika 2.2: Igralna konzola Nintendo Wii [33]

Kot odgovor na konzolo Wii je Sony leta 2010 izdal PlayStation Move (slika 2.3), dodatek za konzole PlayStation, ki je podobno kot Wii uporabljal ročne kazalne naprave za interakcijo z igro [32].



Slika 2.3: Ročne kazalne naprave PlayStationMove [37]

Microsoftov Kinect in njegov naslednik Kinect 2 (slika 2.4) si tudi prizadevata podpreti interakcije s telesno aktivnostjo, pri tem pa za spremljanje telesnih gibov igralca uporabljata kamero za zaznavo globine [32].



Slika 2.4: Globinska kamera Kinect 2 [30]



Obstajajo pa tudi aktivne igre izven trga konzol in arkadnih iger. Na primer aplikacija Nike+ uporablja kombinacijo nosljivih senzorjev (prvotno senzor v čevlju, nato podatki GPS in pospeškometa iz pametnih naprav) za sledenje uporabnikovi tekaški aktivnosti. Tekoč lahko po vadbi naloži podatke o opravljeni aktivnosti in jih deli z ostalo skupnostjo. Zdaj veliko podobnih aplikacij za tek obstaja na praktično vseh večjih mobilnih platformah [32]. Vzporedno s tekaškimi aplikacijami so se začele razvijati tudi aktivne igre s področja kolesarstva, ki smo jih podrobneje predstavili v naslednjem podpoglavju.

## 2.1 Aktivne računalniške kolesarske igre

Glede na trenutno svetovno krizo, ki jo je povzročila epidemija covid-19, vse več kolesarjev usmerja pozornost na treninge doma, v zaprtih prostorih, in upa, da bodo v času samoizolacije in socialnega distanciranja ostali v formi. Eden najboljših načinov, kako ostati motiviran v teh negotovih časih, je, da v svoje življenje vključijo virtualne treninge s pomočjo iger oz. aplikacij za kolesarjenje v zaprtih prostorih.

Aktivna računalniška kolesarska igra je igra, ki igralcu omogoča, da poveže (pametni) trenažer z napravo, na kateri teče igra (računalnik, tablica, pametni telefon). Ko igralec poganja pedale svojega kolesa, priključenega na trenažer, ta pošilja podatke (moč, hitrost, kadenca) na napravo, igra pa glede na prejete podatke ustrezno posodobi stanje. Pri tem mu omogoča, da skupaj z drugimi igralci trenira in tekmuje v virtualnem svetu ter na ta način zmanjšuje dolgočasje kot posledico treniranja v zaprtih prostorih. Po navadi so v teh igrah na voljo tudi različni specifični trening programi, ustvarjeni s strani certificiranih profesionalcev, in dajejo občutek treninga z osebnim trenerjem.

Igranje kolesarskih iger v zaprtih prostorih ima tudi nekaj prednosti v primerjavi s kolesarjenjem zunaj. Med njimi so naslednje:

- igramo lahko v vseh vremenskih pogojih,
- ne ovira nas promet,
- manjša obraba kolesarskih komponent,

- prihranek časa (trening se začne v trenutku, ko doma sedemo na kolo, ko zaključimo s treningom, pa smo praktično v svoji dnevni sobi),
- igramo lahko skupaj s prijatelji iz vseh koncev sveta,
- možnost padcev in poškodb, ki nastanejo kot posledica le-teh, je skoraj nična,
- po vadbi kolesa ni treba očistiti,
- ker nismo v prometu, lahko varno poslušamo svojo najljubšo motivacijsko glasbo.

## 2.2 Delovanje aktivnih računalniških kolesarskih iger

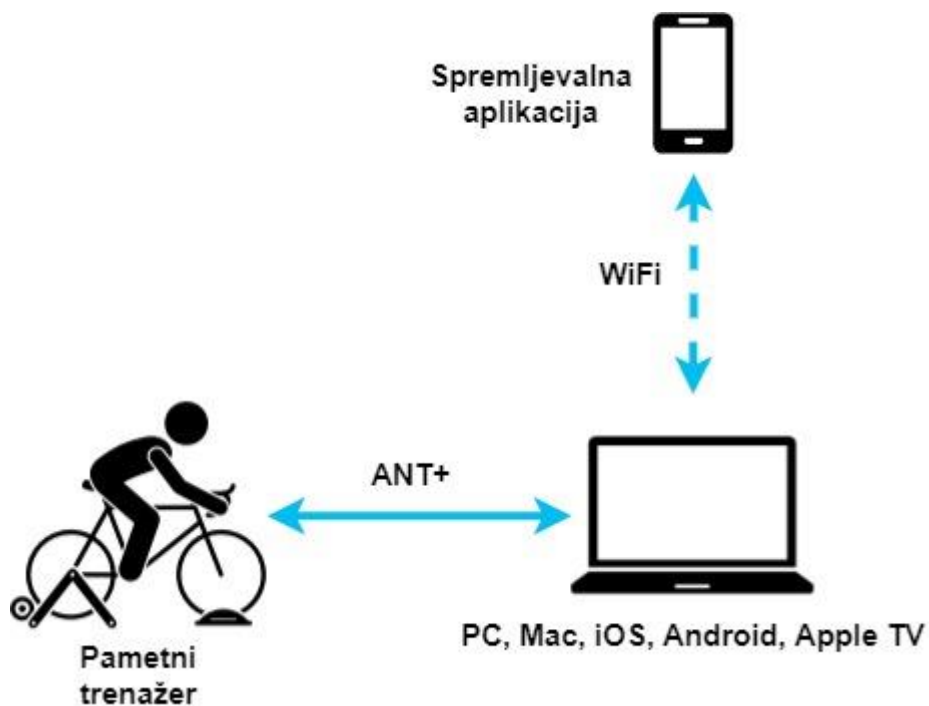
V tem podpoglavju smo opisali osnovni princip delovanja aktivnih računalniških iger s področja kolesarstva in našli ključne pripomočke, ki jih potrebujemo za uspešno vzpostavitev in igranje igre.

Slika 2.5 predstavlja delovanje tipične aktivne kolesarske računalniške igre. Pametni trenažer in naprava, na kateri teče igra (računalnik, pametni telefon, tablica itd.), komunicirata prek protokola ANT+ ali Bluetooth Low Energy (v nadaljevanju BLE). Trenažer na napravo periodično pošilja podatke o stanju moči, hitrosti in kadenca. V obratni smeri pa lahko naprava komunicira s trenažerjem in spreminja njegovo težavnost, da se prilagodi stanju v igri (npr. klanec v igri). Kot smo opisali v naslednjem podpoglavju, imajo nekatere igre na voljo tudi spremljevalno aplikacijo. To so aplikacije, ki se namestijo na prenosne naprave (telefon, tablica) in jih ima igravec med igranjem na doseg roke. Spremljevalna aplikacija omogoča igralcu enostavno interakcijo z igro, ne da bi moral vstati iz kolesa in odkorakati do računalnika.

Klasične funkcionalnosti spremljevalne aplikacije so naslednje:

- zemljevid izbrane proge v igri,
- nadzorna plošča z osnovnimi podatki o stanju (hitrost, razdalja, pretečen čas, višinski metri, moč, kadenca itd.),

- socialne funkcije (dodajanje prijateljev, klepet z drugimi igralci, pošiljanje raznih odzivov z emotikoni itd.),
- pregled nad ostalimi igralci v igri,
- pregled zgodovine aktivnosti,
- pregled raznih dogodkov in tekmovanj v igri,
- pregled aktivnosti prijateljev,
- prejem obvestil,
- meni z različnimi nastavitvami.



Slika 2.5: Shema delovanja aktivne kolesarske igre

Za uporabo aplikacij za kolesarjenje v zaprtih prostorih potrebujemo štiri ključne stvari:

- kompatibilna naprava z zaslonom, na kateri imamo pregled nad samo igro oz. jo uporabljamo za interakcijo z igro. Uporabimo lahko:
  - pametni telefon,
  - tablico ali
  - računalnik;
- enega izmed naslednjih pripomočkov:

- pametni trenažer (najboljša kakovost realistične vožnje; samodejni nadzor upora glede na naklon ceste; cenovno najdražja varianta),
- merilec moči (dobra natančnost podatkov; ni samodejnega nadzora upora),
- klasični trenažer s senzorjem za hitrost ali kadenco (cenovno najugodnejše; ni tako realistično kot zgoraj omenjeni možnosti; ni samodejnega nadzora upora);
- eno od naslednjih brezžičnih povezav:
  - ANT+ ali
  - BLE;
- ustrezno kolo, ki je kompatibilno s trenažerjem.

Na sliki 2.6 so ponazorjeni nekateri nepogrešljivi pripomočki za uporabo aplikacij, ki smo jih podrobneje predstavili v tretjem poglavju.



Slika 2.6: Pripomočki, potrebni za uporabo aktivnih kolesarskih iger [31]

## 2.3 Aktivne računalniške igre kot možna rešitev za promocijo zdravega življenjskega stila

Zaradi priljubljenosti videoiger in sedečega načina preživljanja prostega časa, predvsem pri otrocih in mladostnikih, je potrebno, da strokovnjaki za javno zdravje pri razmisleku o možnih alternativah razmišljajo o tehnologiji kot o eni izmed možnih rešitev in ne toliko oz. zgolj kot o problemu.

Eden izmed možnih pristopov je promocija aktivnih računalniških iger, ki jih opredeljujemo kot elektronske igre, ki igralcem dovoljujejo, da so v igro fizično vključeni (npr. z uporabo rok, nog ali gibanja celotnega telesa), medtem ko se na zaslonu pojavljajo slike, ki so v povezavi z različnimi aktivnostmi, od različnih športov (npr. nogomet, borilne veščine, kolesarjenje) do drugih aktivnosti (npr. plesanje, čiščenje oken). Za igranje aktivnih računalniških iger so značilne občasne prekinitve, saj se takšne igre igrajo v krajših časovnih intervalih, vendar raziskave kažejo, da aktivnost pri teh igrah lahko enačimo z lažjimi do srednje težjimi fizičnimi aktivnostmi.

Rezultati obstoječih raziskav ne dajejo enoznačnih odgovorov, saj je bila večina študij narejena v krajšem časovnem obdobju. Zaradi tega so se v študiji [28] osredotočili na proučevanje učinkov aktivnih videoiger na posameznikovo težo, telesno sestavo, fizično aktivnost in fizično pripravljenost v daljšem časovnem obdobju, tj. v obdobju pol leta. V raziskavi je sodelovalo skupno 330 udeležencev (165 v vsaki skupini) – otrok, ki so imeli prekomerno telesno težo in so bili aktivni uporabniki sedečih računalniških iger, ki so pozitivno povezane s prekomerno telesno težo. V eksperimentalni skupini, kjer so preizkušali uspešnost intervencije, so otrokom v obdobju šestih mesecev poslali pet različnih aktivnih računalniških iger, za katere so imeli priporočenih 60 minut zmerne do zavzete fizične aktivnosti za večino dni v tednu. Za izvedbo eksperimenta so raziskovalci uporabili Sony PlayStation EyeToy, ki uporablja USB-kamero za zajemanje gibanja, da postavi sliko tistega, ki igra, na zaslon, s katerim igralec potem upravlja igro. Nadgradnja igre je vključevala EyeToy kamero, plesno podlago in izbiro aktivnih videoiger (npr. Play3, Kinetic, Sport in DanceFactor; Sony). Igre so bile izbrane na podlagi aktualnih oz. trenutnih izdaj ter možnosti široke ponudbe izbire med igrami. Otroci v kontrolni skupini so igrali videoigre na običajen, tj. sedeči način, na katerega so navajeni. Prav tako niso

prejeli nobenih navodil ali informacij v zvezi s povečanjem fizične aktivnosti, zdravega prehranjevanja ali izgube teže. Raziskovalci so podatke zbirali na treh časovnih točkah: pred začetkom eksperimenta, 12. teden in 24. teden. Eden izmed glavnih rezultatov je bil spremenjen indeks telesne teže. Slednji se je pri kontrolni skupini povečal, medtem ko pri eksperimentalni skupini ni bilo statistično značilnih sprememb. Raziskovalci so slednje zabeležili zgolj pri zmanjšanju telesne maščobe, ki je bilo prisotno pri eksperimentalni skupini. Omenjeni rezultati kažejo na majhen, vendar statistično značilen vpliv igranja aktivnih računalniških iger na indeks telesne mase in na telesno sestavo pri otrocih s prekomerno telesno težo.

Podobne zaključke je predlagala metaanaliza [9], kjer so se raziskovalci osredotočili na devet obstoječih študij, ki so preverjale povezave med fizičnim zdravjem in igranjem aktivnih računalniških iger pri otrocih in mladostnikih. Razlike med rezultati študij so avtorji pripisali različnim tipom uporabljenih iger in ne spolu ali starosti udeležencev. Avtorji poročajo, da so kot skupno v proučevanih študijah opazili zmanjšano uporabo oz. igro aktivnih računalniških iger. Prav zaradi tega so predlagali, da se prihodnje študije osredotočijo na reševanje vprašanja, kako vzdržati igro aktivnih računalniških iger skozi daljše časovno obdobje.

V drugi metaanalizi [35], ki je za merilnike uporabila porabo energije, srčni utrip in porabo kisika, avtorji poročajo, da je igranje aktivnih računalniških iger statistično značilno povečalo srčni utrip, porabo kisika in porabo energije v primerjavi s počivanjem. Velikost učinka igranja aktivnih računalniških iger v povezavi z vsemi tremi merilniki je bila podobna običajnim fizičnim aktivnostim. Kot pomemben moderator v povezavi z učinki aktivnih računalniških iger sta se pokazala tip le-teh in starost igralca. Rezultati namreč kažejo, da je velikost učinka večja za otroke in mladostnike kot pa za odrasle, saj otroci porabijo več energije pri igranju aktivnih računalniških iger. Rezultati omenjene metaanalize predlagajo, da aktivne računalniške igre spadajo med učinkovite tehnologije, ki lahko spodbujajo lažje do zmerne telesne oz. fizične aktivnosti. Avtorji za boljše razumevanje rezultatov predlagajo vpeljavo mediatorskih spremenljivk, ki so

vezane na psihološke dejavnike, npr. notranja motivacija in užitek pri igranju takšnih iger, saj bi vpeljava le-teh pomagala pri pojasnjevanju razlik pri velikosti učinka.

V skladu z omenjenim poročajo tudi aktualne raziskave [41] s področja aktivnih računalniških iger. Podatki kažejo, da je bila uporaba oz. igra aktivnih računalniških iger s pogostostjo med enkrat do trikrat na teden in časovnim okvirom med 10 in 90 minut povezana s pozitivnimi učinki na posameznikovo duševno zdravje in telesno pripravljenost. Rezultati so prav tako pokazali pozitivne učinke na posameznikovo samopodobo, povečano porabo energije, telesno aktivnost in zmanjšan indeks telesne mase pri otrocih in mladostnikih, ki so uporabljali aktivne računalniške igre v domačem okolju.

Vedno več aktivnih računalniških iger se zadnja leta osredotoča na kombiniranje telesne aktivnosti v povezavi s kognitivno zahtevnimi nalogami, ki ponujajo širok nabor strategij za izboljšanje kognitivnega delovanja. Razlogi za vedno večjo rabo so različni, od zabave, učenja do izboljšanja kliničnih rezultatov. Študije [42], ki se osredotočajo na povezave med aktivnimi računalniškimi igrami in kognitivnimi funkcijami, tako poročajo, da ima igranje te vrste iger statistično značilen vpliv na izvršilne funkcije (npr. inhibicija kontrole), pozornost in prostorsko-vizualne sposobnosti. Takšna izboljšanja so lahko še posebno pomembnega pomena za klinično populacijo, kot so posamezniki z zmernimi kognitivnimi okvarami ali Alzheimerjevo boleznijo, za katero so značilne težave na naštetih področjih [29]. Upad izvršilnih funkcij in telesna aktivnost sta značilna za starajočo se populacijo, zaradi česar bi aktivne računalniške igre lahko predstavljale možno, sprejemljivo strategijo za ohranjanje zdravja in neodvisnosti v starosti [12]. Avtorji metaanalize medtem niso našli pomembnih povezav med igranjem aktivnih računalniških iger in učenjem jezika ter spominom, vendar bi bilo za zanesljivejše rezultate potrebno večje število študij, ki bi ta problem podrobno proučevale.

### 3 PREGLED OBSTOJEČIH REŠITEV

V tem poglavju smo predstavili nekaj obstoječih aktivnih računalniških iger s področja kolesarstva. Na spletu smo poiskali nekaj najpriljubljenejših predstavnikov tega segmenta. Pogledali smo njihove ključne funkcionalnosti, glavne posebnosti, prednosti in morebitne slabosti. Na koncu smo izbrane igre še medsebojno primerjali.

Pregled obstoječih rešitev je ključnega pomena za poglavje, v katerem smo opisali razvoj aktivne računalniške igre kolesarjenja. S tem smo dobili vpogled v ključne funkcionalnosti, ki naj bi jih končna rešitev zajemala.

#### 3.1 Igra Zwift

Zwift je zagotovo najbolj razširjena aktivna računalniška igra s področja kolesarstva. O njeni priljubljenosti priča dejstvo, da je bil leta 2020 na njeni platformi izveden virtualni Tour de France (slov. Kolesarska dirka po Franciji). Tekmovalci in ekipe iz resničnega sveta so se v skrajšani 6-etapni dirki zaradi negotovosti izvedbe tradicionalnega Tour de Francea kot posledice epidemije covid-19 pomerili kar prek spleta [13].

Igro Zwift je ustvarilo istoimensko kalifornijsko podjetje (Zwift inc.) leta 2014. Najprej je bila izdana beta različica, oktobra 2015 pa je postala igra plačljiva (15 EUR mesečno). Na začetku je bil Zwift dostopen samo uporabnikom okolja Windows, kasneje so razvijalci dodali podporo še za iOS in Android, od novembra 2017 pa je na voljo tudi za uporabnike Apple TV, tako da je sedaj na voljo na velikem številu različnih platform.

Ključna funkcionalnost Zwifta je, da kolesarjem v zaprtih prostorih omogoča, da se pridružijo skupinskim vožnjam, kjer se lahko primerjajo z drugimi iz udobja svojih domov. Zwift daje posebej močan fokus na izkušnjo socializiranja med igralci. To dosega z različnimi skupinskimi dogodki (slika 3.1), tako treningi kot dirkami, in najrazličnejšimi načini medsebojne interakcije (klepetanje z ostalimi igralci, pošiljanje emotikonov,



prehitevanje med kolesarjenjem, dodajanjem prijateljev in spremljanje njihovih aktivnosti itd.) [8].



Slika 3.1: Skupinska vožnja v igri Zwift [47]

Zwift se torej v primerjavi z nekaterimi drugimi rešitvami bolj kot na občutek profesionalnega orodja oz. programa za treninge in pripravo tekmovalcev v zaprtih prostorih osredotoča na element igre in druženja. Na ta način želi igra kolesarja spodbuditi in motivirati za telesno aktivnost v zaprtem prostoru. Kljub temu pa želijo razvijalci igralcu omogočiti kar se da resnično izkušnjo kolesarjenja s posnemanjem različnih elementov tega športa.

Zadnji takšen poskus je dodajanje možnosti krmiljenja s posebnim podstavkom za sprednje kolo. Gre za edinstveno funkcionalnost igre Zwift, ki igralcu omogoča, da z uporabo posebnega podstavka za sprednje kolo krmili kolo v igri. Na sliki 3.2 je prikazan podstavek Sterzo Smart podjetja Elite, ki igralcu omogoča 68-stopinjski kot gibanja sprednjega kolesa – gre za trenutno edinstven izdelek te vrste na trgu [27].



Slika 3.2: Podstavek za sprednje kolo Sterzo Smart podjetja Elite [17]

Igralci lahko kolesarijo po trasah, ki potekajo po nekaterih večjih svetovnih mestih (London, New York, Paris in Richmond), in po izmišljeni, fantazijski pokrajini Watopia. Razvijalci s posodobitvami redno dodajajo nova mesta in pokrajine za vožnjo.

Še ena izmed posebnosti igre Zwift je, da ima igra na voljo tudi podporno aplikacijo – Zwift Companion App. Zwift Companion App omogoča učinkovito in enostavno interakcijo med igralcem in igro z uporabo podporne aplikacije na prenosni napravi. Tako igralcu med igro ni treba vstajati iz trenažerja, da bi spremenil nastavitve v igri. Podporna aplikacija med drugim igralcu omogoča klepet z drugimi igralci, ogled osnovnih performančnih podatkov med igro, ogled trase proge in spreminjanje nastavitve igre [46].

Igralcem in kolesarjem je Zwift brezplačno na voljo kot 7-dnevna preizkusna različica, za nadaljnje igranje pa je potrebna mesečna naročnina v vrednosti 15 EUR.

## 3.2 Igra RGT Cycling

RGT Cycling je aktivna kolesarska računalniška igra, izdana konec leta 2019. Igra je na voljo za osebne računalnike Windows, vmesnike Apple TV vsaj četrte generacije, tablice iPad in računalnike Mac. Poleg osnovne igre RGT Cycling je podobno kot pri igri Zwift na voljo tudi podporna aplikacija za pametne telefone iOS in Android.

Pri zasnovi igre RGT Cycling je imel veliko vlogo realizem. Razvijalci igre trdijo, da so opravili obsežne raziskave o gibanju kolesarja, vožnji v zavetrju in silah pri zaviranju, kar je povzročilo vključitev resnične fizike v izkušnjo vožnje v igri. Tako na primer igra samodejno zavira, če ima igralec previsoko hitrost v ostrih zavojih in tudi v realnosti ne bi bil sposoben zvoziti takšnega zavoja. Še en primer simuliranja realizma je samodejno zaviranje, da bi preprečili trk z drugimi igralci. Igra na ta način prisili igralca, da vozi v zavetrju drugega igralca, pri tem pa tudi zmanjša upor pametnega trenerja, da simulira manjši upor vetra. Če igralec vozi občutno hitreje kot kolesar pred njim, bo igra prenehala s samodejnim zaviranjem in ga postavila pred drugega kolesarja, s tem pa se bo tudi povečal napor na trenerju [36].

Ključna funkcionalnost igre, ki RGT Cycling ločuje od sorodnih iger, se imenuje »Magic Road« (slov. čarobna cesta). Gre za možnost, da igralec naloži datoteko svojega treninga v obliki .gpx datoteke, programska oprema pa na podlagi geolokacijskih podatkov tvori virtualni model proge s pripadajočimi klanci in tako igralcu omogoči simuliranje treninga tras, ki jih vozi na prostem.

Sicer pa igra poleg vožnje po generiranih progah na podlagi uporabnikovih .gpx datotek, omogoča igralcem realistično izkušnjo vožnje po različnih progah, izdelanih na podlagi realnih modelov. Proge zajemajo nekatere ikonične etape različnih svetovno znanih enodnevnih in večdnevnih dirk. Slika 3.3 prikazuje ekipno dirko po modelu resnične proge Borrego Springs, ki se nahaja v Kaliforniji in je leta 2019 gostila 6-, 12- in 24-urno preizkušnjo.



Slika 3.3: Ekipna dirka po progi Borrego Springs [44]

Osnovne funkcionalnosti igre RGT Cycling so igralcu na voljo brezplačno, za mesečno plačilo 9 EUR pa si zagotovi polno različico igre z vsemi funkcionalnostmi. Plačljive funkcionalnosti igre lahko igralec preizkusi v 14-dnevnem brezplačnem obdobju. Razlika med brezplačno in plačljivo različico igre je prikazana v tabeli 3.1 [25].

Tabela 3.1: Primerjava funkcionalnosti med brezplačno in plačljivo različico igre

Funkcionalnost	Brezplačna različica	Plačljiva različica
Dostop do določenih realnih prog	DA	DA
Dostop do vseh realnih prog	NE	DA
RGT-knjžnica vseh strukturiranih treningov	NE	DA
RGT-knjžnica določenih strukturiranih treningov	DA	DA
Nalaganje uporabniških datotek strukturiranih treningov	NE	DA

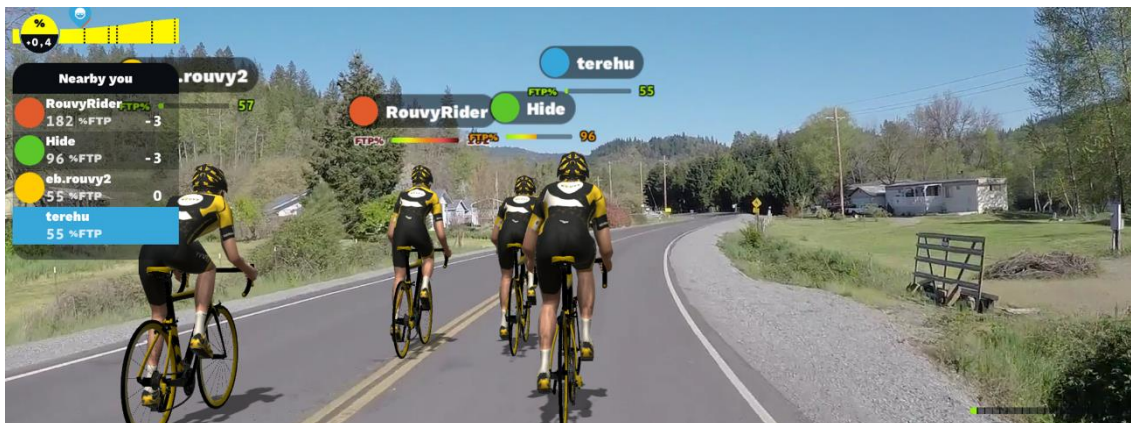
Možnost pridružitve skupinskim dirkam in vožnjam	DA	DA
Možnost kreiranja skupinskih dirk in voženj	NE	DA
Magic Road	NE	DA
Možnost izbire proge za trening	NE	DA
Možnost vožnje treninga dneva	NE	DA

### 3.3 Igra Rouvy

Rouvy je aktivna kolesarska računalniška igra, izdana 1. aprila 2020. Aplikacija je na voljo za osebne računalnike Windows in Mac, tablične računalnike in pametne telefone iOS in Android ter za vmesnike Apple TV. Ko si igralec ustvari uporabniški račun, mu je na voljo brezplačno 14-dnevno preizkusno obdobje z vsemi funkcionalnostmi igre. Po pretečenem preizkusnem obdobju mora za nadaljnje igranje mesečno odšteti 12 EUR.

Za razliko od drugih aplikacij, kot sta Zwift in RGT Cycling, ki simulirata virtualni svet ali pa ponujata simulacije resničnih prog, Rouvy uporablja videoposnetke resničnih cest in jih združuje z višinskimi podatki. Programska oprema ima tudi funkcionalnost, podobno »Magic Road« aplikacije RGT Cycling, ki uporabniku omogoča, da na podlagi naložene .gpx datoteke modelira virtualno progo, po kateri lahko igralec nato kolesari.

Igra vsebuje zbirko z nekaj več kot tristo progami z obogateno resničnostjo (angl. Augmented Reality, v nadaljevanju AR). Na teh progah lahko aplikacija ustvari animirane 3D-kolesarje, proti katerim igralec tekmuje. Primer AR-proge s 3D-animacijami kolesarjev je prikazan na sliki 3.4. Poleg AR-prog je igralcu na voljo na tisoče različnih filmov posnetih prog – v času pisanja tega zaključnega dela je na voljo več kot tri milijone kilometrov prog [11].



Slika 3.4: Primer AR-proge z animiranimi 3D-kolesarji [40]

Poleg vožnje po posnetih progah Rouvy gosti tudi dirke (tako za amaterje kot za profesionalne ekipe), ima knjižnico z več kot 7000 strukturiranimi vadbami in celo možnost osvojiti denarne in druge nagrade v resničnem življenju za reševanje izzivov v igri [11].

Rouvy je primeren za igralce, ki želijo trenirati na specifičnih cestah v resničnem življenju, morda za prihodnjo tekmo ali pa samo za vznemirjenje pri vožnji po nekaterih najbolj legendarnih etapah svetovno znanih dirk.

### 3.4 Primerjava rešitev

V tem podpoglavju smo medsebojno primerjali igre Zwift, RGT Cycling in Rouvy. Osredotočili smo se na primerjavo funkcionalnosti, ki jih igre ponujajo, različne platforme, na katerih so dostopne igralcem, proge in ceste, po katerih lahko igralci vozijo, primerjali pa smo tudi cenovno politiko iger in dolžino preizkusnega obdobja.

Tabela 3.2 prikazuje cenovno politiko primerjanih iger. Zwift igralcu ponuja teden dni preizkusnega obdobja, kar je najmanj med vsemi igrami, medtem pa tako RGT Cycling kot Rouvy igralcu ponujata še teden dni več brezplačnega igranja, skupaj torej dva tedna. Pri tem je treba omeniti, da je RGT Cycling v osnovi brezplačna igra, v preizkusnem obdobju so nam dodatno na voljo le funkcionalnosti, ki so naštetje v tabeli 3.1 in so

rezervirane za igralce, ki za igro namenijo mesečno naročnino. S tem je RGT Cycling tudi edina izmed primerjanih iger, ki jo lahko igramo popolnoma brezplačno. Z zneskom 9 EUR ima tudi najcenejšo mesečno naročnino izmed treh primerjanih iger. Za igranje igre Rouvy mora igralec mesečno nameniti 12 EUR, za igro Zwift pa še 3 EUR več.

Tabela 3.2: Cenovna politika primerjanih iger

	Zwift	RGT Cycling	Rouvy
<b>Preizkusno obdobje</b>	7 dni	14 dni	14 dni
<b>Cena na mesec</b>	15 EUR	Brezplačno / 9 EUR	12 EUR<

Iz tabele 3.3 je razvidno, da sta Zwift in Rouvy najdostopnejši igri, saj sta na voljo na platformah Windows, macOS, Apple TV, iOS in Android, medtem ko igra RGT Cycling na platformi iOS in Android podpira samo tablice, ne pa tudi pametnih telefonov. Medtem ko igra Rouvy nima podporne aplikacije, pa imata tako Zwift kot RGT Cycling razvito podporno aplikacijo za platformi iOS in Android.

Tabela 3.3: Dostopnost primerjanih iger na posamezni platformi

	Zwift		RGT Cycling		Rouvy	
	Igra	P. apk.	Igra	P. apk.	Igra	P. apk.
<b>Windows</b>	DA	NE	DA	NE	DA	X
<b>macOS</b>	DA	NE	DA	NE	DA	X
<b>Apple TV</b>	DA	NE	DA	NE	DA	X
<b>iOS</b>	DA	DA	iPad	DA	DA	X
<b>Android</b>	DA	DA	tablice	DA	DA	X

Glede raznolikosti prog je zagotovo v prednosti igra Rouvy, ki poleg knjižnice z več kot tri milijone kilometrov posnetih prog igralcu omogoča generiranje proge iz lastnih .gpx datotek in videoposnetkov. Kot omenjeno, ima tudi RGT Cycling funkcionalnost »Magic Road«, ki igralcu omogoča generiranje modela proge glede na geolokacijske podatke uvoženih .gpx datotek, ima pa manjši nabor vnaprej pripravljenih modelov realističnih

prog – v času pisanja magistrskega dela je takih prog deset. Razvijalci igre Zwift so pri generiranju prog ubrali čisto drugačno pot od zgoraj omenjenih iger, saj so ustvarili lasten virtualni svet, imenovan Watopia, in generirali tudi nekaj prog, zasnovanih na resničnih mestih, kot so London, New York, Paris, Richmond in Innsbruck. Trenutno igra Zwift nima možnosti, ki bi igralcu omogočala, da ustvari lastno progo.

V tabeli 3.4 so prikazane prednosti posamezne igre. Največjo prednost pri igri Zwift smo prepoznali pri dodelanosti in uporabniški izkušnji same igre. Sklepamo, da je to tudi razlog za njeno trenutno priljubljenost med aktivnimi kolesarskimi igrami. Poleg tega je Zwift tudi igra, ki ima med vsemi primerjanimi največ možnosti za socialno interakcijo z drugimi igralci. Razvijalci pa prav tako iščejo inovativne možnosti za izboljšavo igralne izkušnje, npr. krmiljenje s sprednjim kolesom. Glavno prednost igre RGT Cycling smo prepoznali v realizmu igre in pri uporabi resnične fizike v zavojih, pri zaviranju in pri vožnji v zavetrju. Ima zelo dodelan program treningov različnih težavnosti, ki so jih pripravili certificirani trenerji, poleg tega pa omogoča še kreiranje modela lastnih prog iz uporabniških .gpx datotek. Je pa tudi edina izmed primerjanih iger, ki jo lahko igramo popolnoma brezplačno. Ključna prednost igre Rouvy proti ostalima je v ogromni knjižnici posnetkov pravih cest, po katerih lahko vozi igralec in občuti pogoje, podobne tistim, ko na tej isti cesti vozi na prostem. Prav tako je igralcu na voljo programska oprema, s katero lahko iz lastnih .gpx datotek in videoposnetkov ustvari progo in jo doda v obstoječo knjižnico, v kateri se nahaja več kot tri milijone kilometrov posnetkov prog. Prav tako je posebnost te igre možnost osvojitve denarnih in drugih nagrad v resničnem življenju z reševanjem izzivov v igri.

Tabela 3.4: Prednosti primerjanih aplikacij

PREDNOSTI		
Zwift	RGT Cycling	Rouvy
Najbolj kompletna in dodelana igra na trgu	Realizem, fizika	Velik nabor posnetih prog



Veliko možnosti socialnih interakcij z drugimi igralci	Možnost brezplačnega igranja	Možnost ustvarjanja lastne proge
Inovativne možnosti (krmiljenje)	Možnost ustvarjanja lastne proge	Možnost osvojitve denarnih in drugih nagrad
	Zelo dodelan program treningov	

V tabeli 3.5 so predstavljene omejitve primerjanih iger. Največjo omejitev igre Zwift v primerjavi z ostalima smo prepoznali v tem, da je edina igra, ki nima možnosti generiranja lastnih prog. Proti ostalima dvema igrama pa ima tudi najmanj različnih prog, po katerih lahko kolesari igralec. Glavno pomanjkljivost igre RGT Cycling vidimo v tem, da igra ni na voljo za pametne telefone iOS in Android. Pri igri Rouvy pa nas je zmotilo, da edina nima podporne aplikacije, s katero bi nam olajšala interakcijo z igro, ko sedimo na kolesu, ki je vpeto v trenažer, in nimamo računalnika na dosegu roke.

Tabela 3.5: Omejitve primerjanih aplikacij

OMEJITVE		
Zwift	RGT Cycling	Rouvy
Ni možnosti generiranja lastnih prog	Ni aplikacije za pametne telefone Android in iOS	Ni podporne aplikacije
Manjše število različnih prog		

## 4 PROTOKOLA ANT IN ANT+

V tem poglavju smo predstavili omrežni protokol ANT in njegovo izpeljanko ANT+. Preverili smo, kaj so profili v omrežju ANT+ in podrobneje predstavili profil FE-C.

### 4.1 Protokol ANT

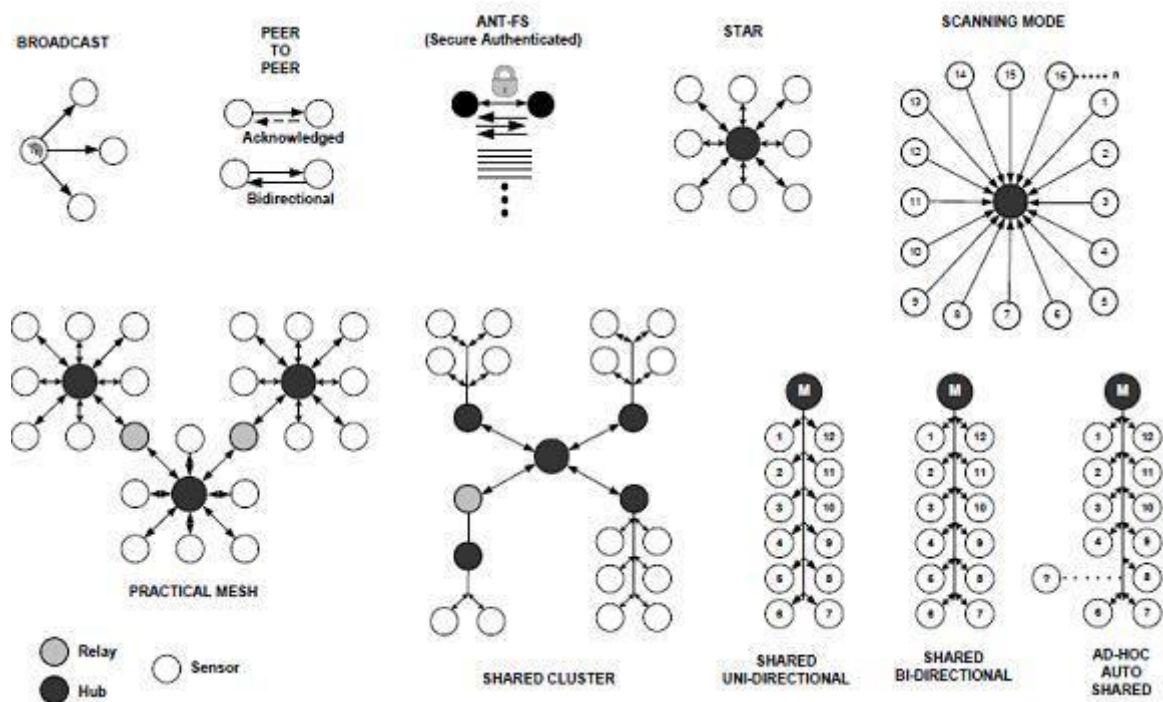
ANT je preizkušen brezžični protokol z nizko porabo energije (angl. ultra-low power), ki deluje v frekvenčnem pasu 2,4 GHz in je odgovoren za brezžično pošiljanje informacij iz ene naprave v drugo na robusten in prilagodljiv način [2].

ANT zagotavlja brezskrbno ravnanje s fizično, omrežno in transportno plastjo modela Open Systems Interconnection (v nadaljevanju OSI) (na sliki 4.1). Poleg tega vključuje ključne nizkonivojske varnostne funkcionalnosti, ki so osnova za uporabniško definirane sofisticirane izvedbe varnosti omrežja. ANT zagotavlja ustrezen nadzor uporabnika, hkrati pa znatno olajša računalniško obremenitev pri zagotavljanju preproste, a učinkovite rešitve za brezžično omrežje [1].

7	Application Layer	Human-computer interaction layer, where applications can access the network services
6	Presentation Layer	Ensures that data is in a usable format and is where data encryption occurs
5	Session Layer	Maintains connections and is responsible for controlling ports and sessions
4	Transport Layer	Transmits data using transmission protocols including TCP and UDP
3	Network Layer	Decides which physical path the data will take
2	Data Link Layer	Defines the format of data on the network
1	Physical Layer	Transmits raw bit stream over the physical medium

Slika 4.1: Sedem plasti modela OSI [34]

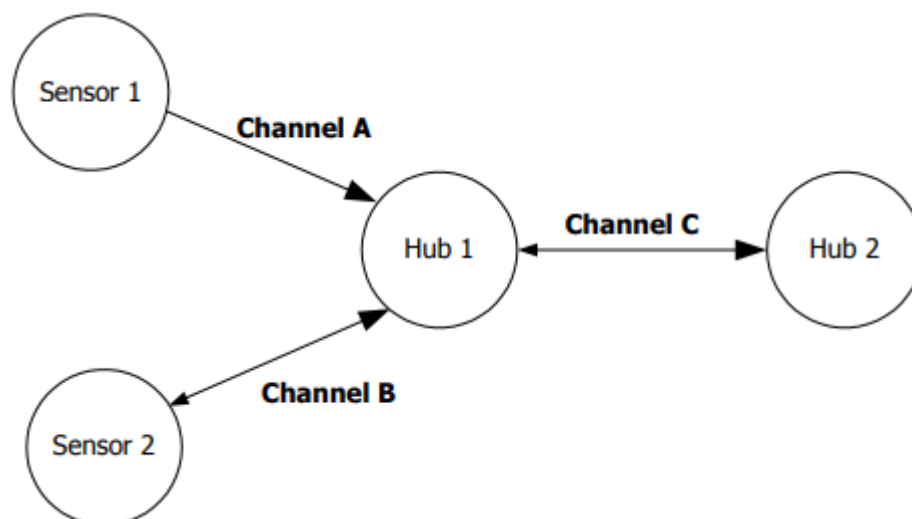
Zasnovan za izjemno nizko porabo energije, enostavnost uporabe, učinkovitost in razširljivost, ANT zlahka obvlada topologije (slika 4.2) »enak-z-enakim« (angl. peer-to-peer), zvezda (angl. star), drevo (angl. tree) in mreža (angl. mesh). ANT zagotavlja zanesljivo podatkovno komunikacijo, fleksibilno in prilagodljivo delovanje omrežja ter odpornost proti šumu pri prenosu podatkov [1].



Slika 4.2: Primeri ANT omrežja ANT [1]

Vmesnik med ANT in zanj razvito aplikacijo je bil zasnovan z izjemno preprostostjo, tako da je ANT mogoče enostavno in hitro implementirati v nove naprave in aplikacije. Enkapsulacija kompleksnosti brezžičnega protokola v nabor čipov ANT močno zmanjša obremenitev gostiteljskega krmilnika aplikacije, kar omogoča nizkocenovnemu 4-bitnemu ali 8-bitnemu mikrokrmilniku vzpostavitev in vzdrževanje kompleksnih brezžičnih omrežij [1].

Uporaba in konfiguracija omrežja ANT temelji na kanalih (angl. channel). Vsako vozlišče ANT (predstavljeno s krogom na sliki 4.3) se lahko poveže z drugimi vozlišči ANT prek namenskih kanalov. V splošnem vsak kanal povezuje dve vozlišči, vendar pa se lahko na posamezni kanal poveže tudi več vozlišč.



Slika 4.3: Primer preprostega omrežja ANT [1]

Vsak kanal ima najmanj enega gospodarja (angl. master) in vsaj enega sužnja (angl. slave). Gospodar v glavnem pošilja podatke, suženj pa jih sprejema. Velike puščice na sliki 4.3 označujejo primarni tok podatkov od gospodarja k sužnju, majhne puščice pa označujejo obratni tok sporočil (kanala B in C). Kanal z eno puščico (kanal A) se uporablja za predstavitev enosmerne povezave, ki podpira uporabo vozlišč z nizko porabo energije v načinu »samooddajanje« (angl. transmit-only). Vozlišče v omrežju ANT lahko deluje kot gospodar in suženj hkrati (vozlišče Hub 1 na sliki 4.3) [1].

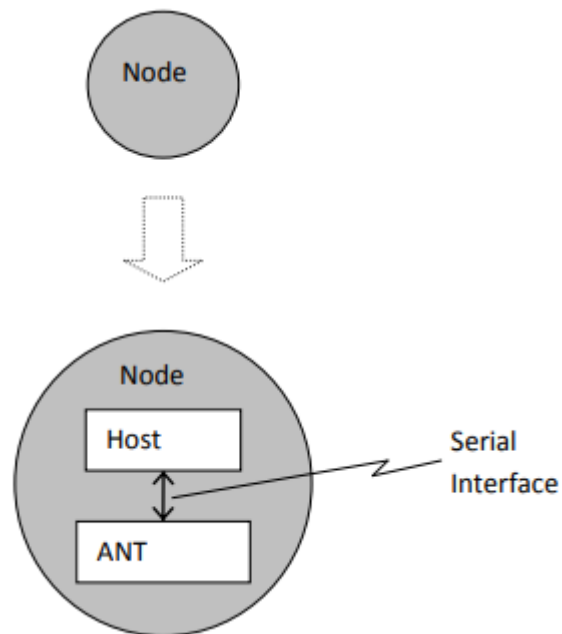
Tabela 4.1 opisuje status gospodar/suženj vseh kanalov na sliki 4.3.

Tabela 4.1: Status gospodar/suženj kanalov na sliki 4.3

Kanal	Gospodar	Suženj
Kanal A	Senzor 1 (samooddaja)	Hub 1 (sprejema)
Kanal B	Senzor 2 (oddaja)	Hub 1 (sprejema)
Kanal C	Hub 1 (oddaja)	Hub 2 (sprejema)

Vsako vozlišče v omrežju ANT je sestavljeno iz mehanizma protokola ANT in gostiteljskega krmilnika (mikrokrmilnik). Mehanizem ANT opravlja kompleksnost vzpostavljanja in vzdrževanja povezav ANT in delovanja kanalov v vdelani sistemski

programski opremi (angl. firmware). Gostiteljski krmilnik tako lahko prosto opravlja druge naloge aplikacije, ki ima le omejeno breme pri vzpostavljanju komunikacij ANT z drugimi vozlišči, kar počne prek preprostega serijskega vmesnika med gostiteljem in mehanizmom ANT, kot je prikazano na sliki 4.4 [1].



Slika 4.4: Sestava vozlišča ANT [1]

Naprave ANT lahko uporabljajo katero koli radijsko frekvenco (v nadaljevanju RF) v frekvenčnem pasu od 2400 MHz do 2524 MHz, razen 2457 MHz, ki je rezervirana za naprave ANT+. Podobno lahko naprave ANT uporabljajo javni omrežni ključ, zasebni omrežni ključ ali omrežni ključ v zasebni lasti, vendar ne smejo uporabljati omrežnega ključa ANT+, ki je rezerviran za naprave ANT+ [2].

Kot smo omenili, tehnologija ANT podpira uporabo katere koli od 125 edinstvenih RF. Pri dodeljevanju frekvenc je pomembno preveriti skladnost z mednarodnimi standardnimi frekvencami. Kanal bo ves čas svojega obstoja deloval na eni frekvenci, razen če ga nadzorna aplikacija ročno spremeni. Frekvenca kanala mora biti znana in spoštovana s strani gospodarja in sužnja pred vzpostavitvijo kanala [1].

RF je 8-bitno polje s sprejemljivimi vrednostmi od 0 do 124. Ta vrednost predstavlja odmik v korakih po 1 MHz od 2400 MHz, pri čemer je največja frekvenca 2524 MHz. Za določitev vrednosti za frekvenčno polje RF lahko uporabimo enačbo (4.1).

$$RF\_Frequency\_val = \frac{Desired\_RF\_Frequency(MHz)-2400MHz}{1MHz} \quad (4.1)$$

Če je na primer želena delovna frekvenca omrežja 2450 MHz, naj bo polje RF nastavljeno na 50. Privzeta vrednost polja RF je 66 in predstavlja omrežno delovno frekvenco 2466 MHz.

Pomembno je omeniti, da za podporo več sočasnih kanalov ni treba uporabljati različnih frekvenc. Narava sistema ANT s časovno porazdeljenim sodostopom (angl. TDMA – Time Division Multiple Access) pomeni, da lahko veliko število kanalov sobiva na eni skupni frekvenci. Razvijalec izdelka je odgovoren, da zagotovi, da bodo uporabljene RF v skladu s predpisi vseh regij sveta, v katerih bo ta oprema uporabljena [1].

## 4.2 Protokol ANT+

Protokol ANT+ je niz medsebojno dogovorjenih definicij o tem, kaj predstavljajo informacije, poslane prek omrežja ANT. Te definicije se imenujejo profili naprav (angl. device profiles) in so običajno vezane na poseben primer uporabe. Na primer merilnik srčnega utripa bo poslal informacije o vašem srčnem utripu, ki so določene v profilu naprave ANT+ za merilnik srčnega utripa. Ti profili naprav so v skupni rabi med vsemi proizvajalci naprav ANT+, kar omogoča vsakemu proizvajalci, da ustvari merilnik srčnega utripa, ki bo deloval s prikazovalnikom srčnega utripa drugega proizvajalca. Ko je naprava označena z blagovno znamko ANT+ (slika 4.5), to pomeni, da je certificirana za interoperabilnost z drugimi napravami ANT+ [2].



Slika 4.5: Logotip blagovne znamke ANT+ [6]

Kot smo omenili, je vsaka naprava ANT+, ki implementira določen profil naprave, interoperabilna s katero koli drugo napravo ANT+, ki implementira enak profil naprave. To omogoča oblikovanje ekosistema interoperabilnih naprav. Na primer trak za merjenje srčnega utripa ANT+ (s profilom naprave za merjenje srčnega utripa ANT+) lahko uporabimo s katero koli pametno uro ANT+, ki tudi uporablja profil naprave za merjenje srčnega utripa ANT+. Merilnik srčnega utripa lahko zamenjamo za kateri koli drug merilnik srčnega utripa ANT+ katerega koli proizvajalca. Običajno je, da prikazovalne naprave implementirajo več profilov naprav hkrati, npr. ura bi lahko uporabljala tudi profil merilnika hitrosti in razdalje [3].

Ker je ANT+ zasnovan na podlagi preverjenega protokola z ultra nizko porabo energije (angl. ultra-low power) ANT, je omrežje optimizirano za porabo energije, stroške, zakasnitve, robustno komunikacijo in enostavnost izvajanja [2].

Ciljne aplikacije omrežja ANT+ vključujejo šport, wellness in zdravje.

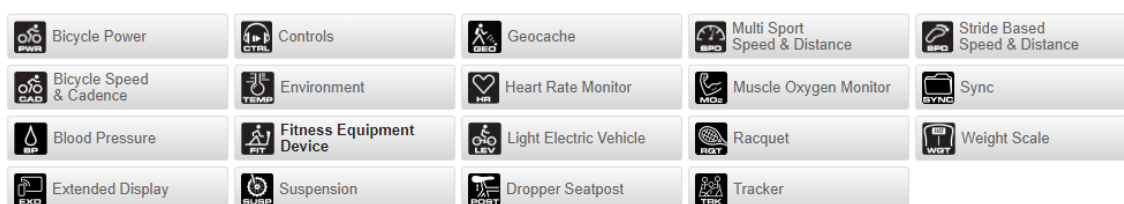
### 4.3 Profili naprav ANT+

Profili naprav ANT+ so bili razviti za naprave, ki se uporabljajo v omrežjih ANT na področju v športa, fitnesa, wellnessa in zdravja. Brežžično preneseni podatki, ki se držijo



določenega profila naprave, bodo imeli možnost interakcije z različnimi napravami različnih proizvajalcev, ki se prav tako držijo istega profila naprave. Vsaka naprava, ki se drži profilov naprav ANT+, mora doseči ta minimalni standard, da zagotovi interoperabilnost z drugimi napravami [4].

Vsak profil naprave je označen z lastno ikono, ki jih je mogoče uporabiti na embalaži certificiranih naprav, da potrošnikom pomagajo razumeti, kateri izdelki bodo delovali skupaj. Slika 4.6 prikazuje ikone trenutno sprejetih profilov naprav ANT+.



Slika 4.6: Ikone profilov naprav ANT+ [5]

Ekosistem ANT+ (slika 4.7) se je hitro razvil v vodilni vir povezanih rešitev za različne tržne segmente. Ekosistem ANT+, ki ga poganjajo obsežne zmogljivosti tehnologije ANT+ in ustvarjalnost članic zaveznitva ANT+ (angl. ANT+ Alliance Members), vsebuje neprimerljivo paleto dinamičnih in praktičnih izdelkov [18].












Ne glede na to, ali obravnava dejavnost za posameznika ali skupino, aplikacijo za šport ali zdravje, ekosistem ANT+ nenehno prinaša vrhunec inovacij na trg. Njegov uspeh je posledica moči tehnologije ANT+, zanesljivosti interoperabilnega standarda ANT+ in sodelovanja z vodilnimi v svetovni industriji [18].









ANT+ zagotavlja povezljivost in interoperabilnost med napravami, ki implementirajo profile naprav, prikazane v tabeli 4.2 [5].

Tabela 4.2: Profili naprav ANT+

Ikona profila naprave	Angleški naziv profila naprave	Opis profila naprave
	Bicycle Power	Meri moč med kolesarjenjem.
	Crank Torque Frequency	Meri vrtilni moment med kolesarjenjem.
	Audio Control	Omogoča nadzor avdio predvajalnika na daljavo.
	Video Control	Omogoča daljinsko upravljanje snemanja in predvajanja videa.
	Generic Control	Uporablja se za pošiljanje generičnih ukazov z uporabo ANT+.
	Keypad Control	Uporablja se za pošiljanje posameznih znakov ali nizov besedila z daljinskega upravljalnika v napravo, ki jo je mogoče upravljati.
	Geocache	Naprava Geocache neprekinjeno oddaja svoj ID pri nizki hitrosti prenosa podatkov, kar omogoča da jo zazna GPS-sprejemnik, ki je v bližini, in iz nje prebere sporočilo ali druge podatke.
	Multi Sport Speed and Distance	Meri razdaljo, hitrost, časovni žig in opcijsko tudi geolokacijske podatke.
	Stride Based Speed and Distance	Meri število korakov, hitrost, razdaljo in opcijsko tudi porabljene kalorije.

	Bicycle Cadence	Meri kadenco pri kolesarjenju.
	Bicycle Speed	Meri hitrost pri kolesarjenju.
	Bicycle Speed and Cadence	Merki hitrost in kadenco pri kolesarjenju.
	Environment	Meri trenutno temperaturo zraka, opcijsko tudi najnižjo in najvišjo izmerjeno temperaturo v zadnjih 24 urah.
	Heart Rate Monitor	Meri frekvenco srčnega utripa.
	Muscle Oxygen Monitor	Meri odstotek mišičnega kisika.
	Sync	Uporablja se za beleženje in shranjevanje podatkov o dejavnosti ali športu in sinhronizacijo teh podatkov med odjemalcev in gostiteljem.
	Blood Pressure	Upravlja meritve krvnega tlaka.
	Fitness Equipment Device	Uporablja se za prenos podatkov o aktivnosti med fitnes napravo in uporabnikovo napravo (npr. pametno uro).
	Fitness Equipment Controls	Poleg zmožnosti, ki jih ponuja profil naprave Fitness Equipment Device, ta profil dodatno omogoča nadzor nad fitnes napravo (npr. povečanje bremena) s strani uporabnikove naprave.
	Light Electric Vehicle	Prikazuje različne podatke o stanju električnega vozila (npr. trenutna hitrost, prevožena razdalja, preostala baterija itd.).

	Racquet	Prenosni senzor, pritrjen na lopar, ki športniku omogoča merjenje in snemanje različnih parametrov loparja v realnem času.
	Weight Scale	Poleg podatka o teži lahko prenašajo še podatek o odstotku hidracije uporabnika, deležu telesne maščobe, mišični masi, kostni masi itd.
	Extended Display	Ta profil omogoča, da se glavni zaslon ali glavno sprejemno vozlišče podatkov v omrežju razširi s pomožnim zaslonom.
	Suspension	Omogoča sprejem podatkov o stanju vzmetenja in pošiljanje nastavitvev enotam vzmetenja.
	Dropper Seatpost	Omogoča uporabniku, da daljinsko upravlja nastavljivo sedežno oporo na kolesu.
	Tracker	Napravi za prikaz posreduje podatke o sprejemniku (lokacija, razdalja, smer, status baterije itd.).

#### 4.4 Implementacija profila

Prvi korak pri implementaciji profila naprave ANT+ je, da postanemo posvojitelj ANT+ (angl. ANT+ Adopter) ali letni član ANT+ (angl. annual ANT+ Member). Posvojitelj ANT+ lahko brezplačno postane vsak, ki se strinja s pogoji poslovanja in uporabe ANT+. S tem oseba pridobi dostop do različnih informacij in dokumentacije, potrebne za uspešno implementacijo profilov naprav v svoj produkt. Proti letnemu plačilu 1500 USD uporabnik nadgradi svoj brezplačni račun in postane letni član ANT+. Ugodnosti, ki pripadajo k članstvu, so med drugim [7]:

- neposredna tehnična podpora ekipe ANT+,
- sodelovanje v tehničnih delovnih skupinah za opredelitev profilov naprav ANT+,
- možnost dati pobudo za začetek razvoja novih profilov naprav ANT+,
- dostop do profilov naprav ANT+ in programskih orodij pred izdajo le-teh,

- popusti pri certificiranju ANT+,
- seznam podjetij in dostop do imenika članov ANT+,
- druge poslovne priložnosti.

Za pravilno in uspešno implementacijo profilov naprav moramo upoštevati in spoštovati naslednje smernice [23]:

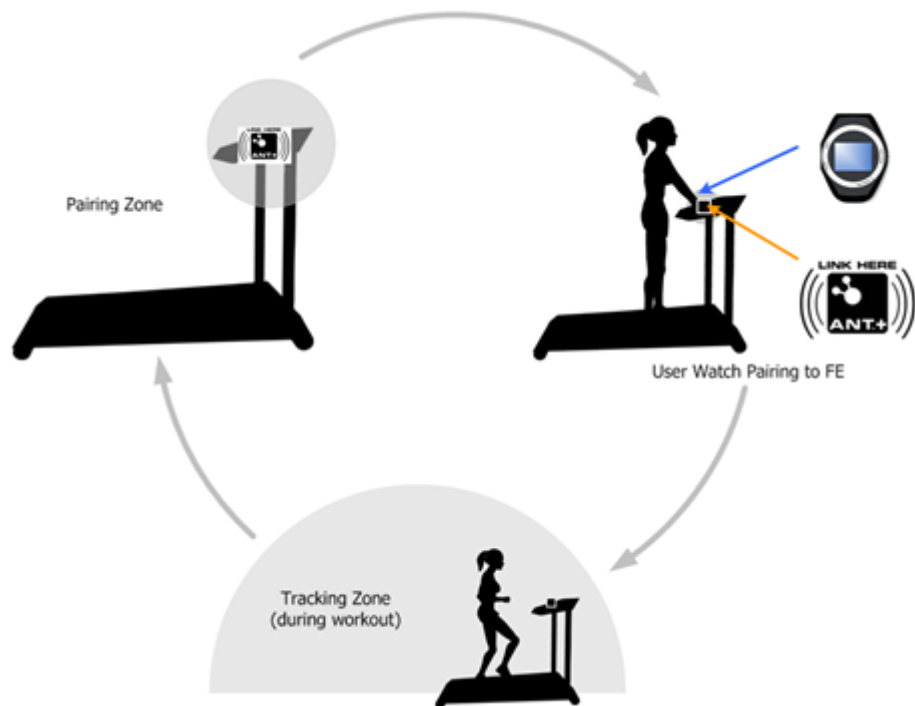
- razumeti primer uporabe: vsak profil naprave vsebuje razdelek o primeru uporabe profila. Poskrbeti moramo, da bodo naši načrti v skladu s tem razdelkom, sicer lahko naletimo na težave;
- poznavanje zahtev za konfiguracijo kanala: te zahteve so preproste, vendar moramo biti pazljivi, da jih strogo upoštevamo. Konfiguracija kanala za naprave ANT+ je standardizirana za vsak profil. Te zahteve zagotavljajo, da se naprave povezujejo na predvidljiv način;
- uporaba pravilnega formata sporočil za prenašanje podatkov: podatki v sporočilih ANT+ so organizirani v »strani« (angl. pages), ki določajo, kako naj bodo podatki strukturirani. Strani so označene s številkami strani, ki se nahajajo v prvem podatkovnem bajtu sporočila. Večina profilov naprav uporablja enako obliko sporočila, čeprav obstajajo nekatere izjeme, zato se moramo prepričati, da razumemo, kako morajo biti organizirani podatki v profilu, s katerim delamo;
- uporaba pravilnega ID-ja proizvajalca: večina profilov naprav vključuje zahtevo po pošiljanju ID-ja proizvajalca. Proizvajalci morajo biti člani zaveznitva ANT+, da so prisotni na seznamu proizvajalcev. Vrednost 255(0x00FF) je rezervirana kot razvojni ID in jo lahko uporabljajo proizvajalci, ki jim še ni bila dodeljena lastna vrednost;
- upoštevanje zahtev za prenos podatkov: dokumentacija profila naprave določa periodo oddajanja (pošiljanja sporočil), torej po kakšnem vrstnem redu je treba pošiljati strani podatkov in kako pogosto.

Če smo prepričani, da smo profil naprave pravilno implementirali, in bi želeli ponuditi svoj izdelek na trg z logotipom ANT+ in ikono profila naprave, moramo opraviti tudi postopek certifikacije.

## 4.5 Profil FE-C

Da bi razumeli kaj nam omogoča profil naprave FE-C, si najprej pogledajmo, kaj omogoča profil naprave za fitnes opremo (angl. Fitness Equipment Device, v nadaljevanju FIT), saj je prvi le nadgradnja slednjega.

Na sliki 4.8 je prikazan primer uporabe profila naprave FIT. Naprava za fitnes ima relativno majhno cono za seznanjanje (angl. pairing zone), označeno z logotipom »Poveži tukaj« (angl. »LINK HERE«). Uporabnik začne vadbo tako, da se približa napravi za fitnes in vstopi v cono za seznanjanje. Če uporabnik nosi pametno uro, bo do seznanjanja ure in fitnes naprave prišlo, ko bo uro postavil v neposredno bližino logotipa »Poveži tukaj«. Ko je seznanitev uspešno vzpostavljena, se obseg komunikacije med uro in napravo premakne iz območja seznanjanja v območje sledenja (angl. tracking zone). Ura lahko na napravo brezžično prenese uporabniške podatke in datoteko za vadbo s tehnologijo ANT File Share ter protokolom za prilagodljiv in interoperabilen prenos podatkov (angl. Flexible and Interoperable Data Transfer). Fitnes naprava bo nato začela oddajati podatke o vadbi v realnem času, ki lahko vključujejo tudi dogodke, kot sta začetek in prekinitev vadbe. Ura prikazuje in beleži podatke ter se odziva na vse dogodke. Različne vrste fitnes naprave lahko pošiljajo različne vrste podatkov. Tekalne steze lahko na primer pošiljajo podatke o hitrosti, razdalji in naklonu, naprava za veslanje pa lahko pošilja podatke o zaveslajih na minuto in moči. [5].



Slika 4.8: Primer uporabe profila naprave FIT [5]

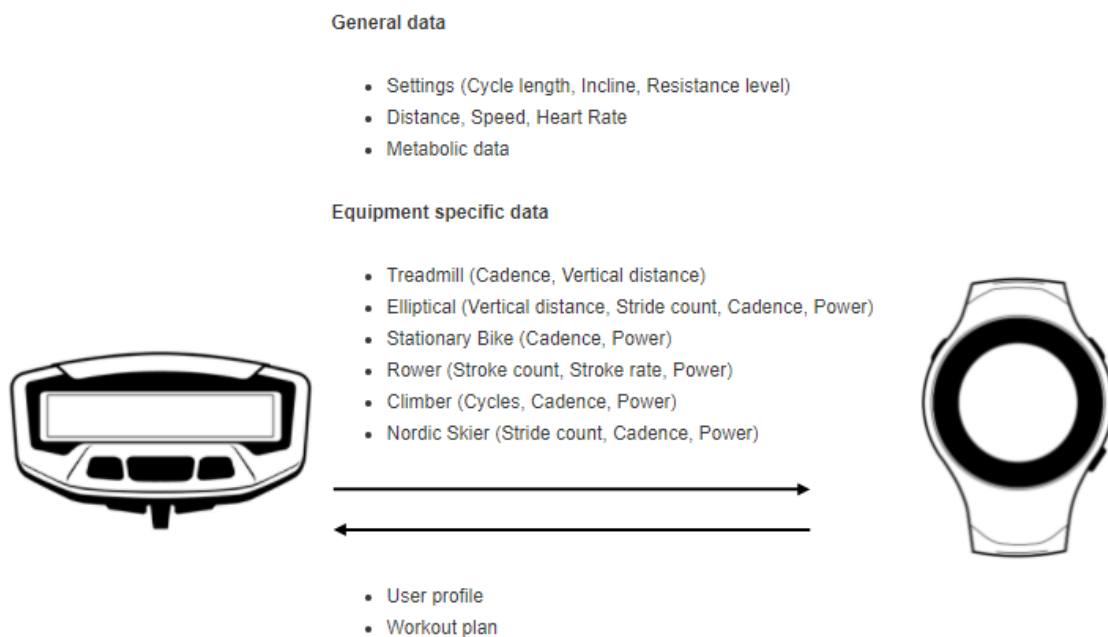
Vsa certificirana fitnes oprema ANT+ je zasnovana z modulom FIT1e (slika 4.9), ki je zasnovan specifično za uporabo v fitnes opremi. FIT1e se integrira s fitnes opremo za sprejemanje informacij ANT+ od merilnikov srčnega utripa in izmenjavo informacij z zaslonskimi napravami, kot so pametne ure [5].



Slika 4.9: Modul za fitnes naprave FIT1e [20]

Slika 4.10 prikazuje tip podatkov, ki se izmenjujejo med fitnes napravo (npr. tekalna steza) in zaslonsko napravo (npr. pametna ura) pri profilu naprave FIT.

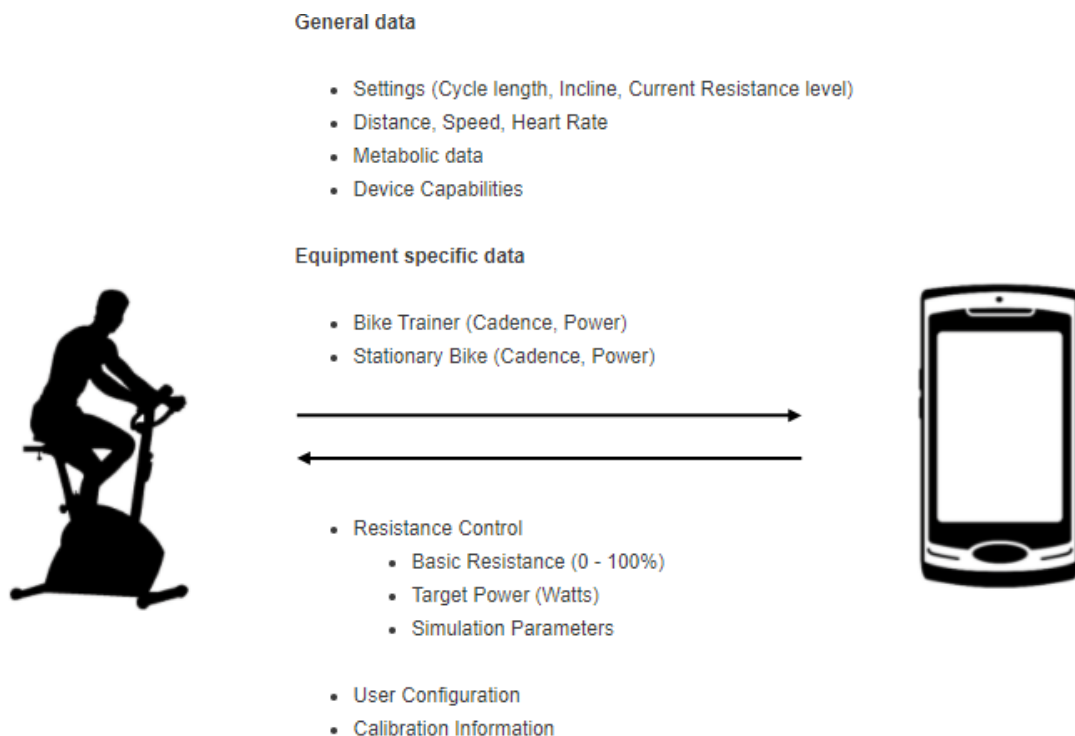




Slika 4.10: Prenos podatkov med fitnes napravo (levo) in zaslonsko napravo (desno) pri profilu FIT [5]

Primer uporabe profila naprave FE-C omogoča pametnemu prikazovalniku (mobilni telefon, konzola za fitnes napravo, kolesarski računalnik itd.) brezžično nastavljanje upora na napravi za fitnes. Podobno kot v primeru uporabe profila FIT tudi profil naprave FE-C oddaja podatke o vadbi v realnem času. Ti podatki se delijo na splošne podatke (npr. razdalja, hitrost, srčni utrip) in specifične podatke glede na napravo za fitnes (npr. moč pedaliranja in kadenca pri pametnem trenažerju). Ključna funkcionalnost profila naprave FE-C pa je, da omogoča brezžični nadzor intenzivnosti vadbe na napravi za fitnes. To omogoča interoperabilno integracijo pametnih naprav za fitnes v kontrolne zaslone, kot so mobilne aplikacije za vadbo in sistemi za simulacijo dirk. Podobno kot pri profilu naprave FIT je tudi pri profilu naprave FE-C mogoče izmenjati dodatne podatke, kot so informacije o uporabniku, podatki o zmogljivosti naprave in podatki o konfiguraciji naprave z namenom optimizirati delovanje fitnes naprave [5].

Slika 4.11 ponazarja tip podatkov, ki se izmenjujejo med fitnes napravo in zaslonsko napravo pri profilu naprave FE-C.



Slika 4.11: Prenos podatkov med fitness napravo (levo) in zaslonsko napravo (desno) pri profilu FE-C [5]

Oprema za fitness, ki je primerne za implementacijo profila FIT, se imenuje nenadzorljiva fitness oprema (angl. non-controllable fitness equipment). Ta oprema omogoča fitness napravam prenos informacij o vadbi na zaslon v realnem času, ne omogoča pa nadzora fitness opreme prek zaslona. Aplikacije za nenadzorljivo fitness opremo vključujejo domače vadbene naprave, naprave v telovadnicah in rehabilitacijskih centrih [4].

Fitness oprema, ki je primerna za implementacijo profila FE-C, se imenuje nadzorljiva fitness oprema. Te naprave uporabniku omogočajo, da se mu med vadbo prikaže avdio/vizualna simulacija ali igra, ki se nanaša na vadbo, ki jo uporabnik izvaja. Hitrost simulacijskega prikaza se običajno prilagaja v realnem času, da se ujema s hitrostjo, s katero uporabnik kolesari, vesla, teče itd. Podobno se lahko nastavitve fitness opreme prilagodijo v realnem času, da posnemajo simulacijo, npr. nagib in nastavitve intenzivnosti se lahko prilagodijo, da simulirajo hribe, karakteristike površja in učinke navideznega vetra [4].

## 5 RAZVOJ AKTIVNE RAČUNALNIŠKE KOLESARSKE IGRE

V tem poglavju smo opisali ključne korake, ki smo jih ubrali pri razvoju aktivne računalniške kolesarske igre po imenu RideYourWay (slov. Vozi svojo pot). Opisali smo način, kako smo zajeli podatke, jih obdelali in pripravili za uporabo v igri. Sledi opis funkcionalnosti grafičnega vmesnika in opis postopka vzpostavitve komunikacije med aplikacijo in pametnim trenažerjem z uporabo protokola ANT+.

RideYourWay je igra, ki se s pomočjo protokola ANT+ poveže s pametnim trenažerjem in uporabniku omogoča, da kolesari po vnaprej posnetih progah. Uporabnik lahko naloži svoj videoposnetek proge, posnet z akcijsko kamero GoPro (pri snemanju mora imeti vključen zajem lokacijskih podatkov), ali pa izbere med vnaprej posnetimi programi, ki smo jih pripravili. Igra implementira profil naprave FE-C, kar uporabniku omogoča, da upravlja upor pametnega trenažerja in s tem nadzoruje intenziteto vadbe.

Igra je razvita v ogrodju Microsoft .NET Core v programskem jeziku C# in omogoča igranje na platformi Windows. Za povezljivost Windows računalnika s pametnim trenažerjem uporabnik potrebuje ANT+ USB-ključ (slika 5.1).



Slika 5.1: ANT+ USB-ključ [21]

## 5.1 Zajem videoposnetka in obdelava podatkov

Po pregledu obstoječih rešitev (poglavje 3) smo se odločili, da bomo igro RideYourWay zasnovali na konceptu igre Rouvy, ki uporablja videoposnetke cest za simuliranje proge. Tako smo igro zasnovali na način, da podpira predvajanje .mp4 posnetkov, zajetih z akcijsko kamero GoPro. Na sliki 5.2 je predstavljen model kamere Hero 9, ki smo ga uporabili za zajem videoposnetkov, s katerimi smo testirali delovanje aplikacije. Pri tem velja poudariti, da mora biti pri zajemu teh posnetkov na kameri vključena možnost zajema lokacijskih podatkov, saj na ta način pridobimo podatke o lokaciji, višini in hitrosti premikanja uporabnika med nastajanjem videoposnetka.



Slika 5.2: Akcijska kamera GoPro Hero 9 [22]

Za ekstrakcijo geolokacijskih podatkov iz .mp4 datoteke smo uporabili orodje ffmpeg [19]. FFmpeg je odprtokodno orodje ukazne vrstice, ki nam med drugim omogoča, da iz video datoteke izluščimo želeni tok (angl. stream) podatkov (npr. video, avdio podnapise itd.). V našem primeru smo ga uporabili, da smo iz video datoteke izluščili geolokacijske podatke in rezultat shranili v binarno datoteko.

Slika 5.3 predstavlja ukaz, ki smo ga uporabili za ekstrakcijo želenih podatkov iz video datoteke. Uporabili smo naslednje parametre:

- niz »xxx« smo ustrezno zamenjali s potjo vhodne oz. izhodne datoteke,

- parameter »-y« pomeni, da želimo povoziti morebitne obstoječe izhodne datoteke,
- parameter »-i« označuje pot vhodne datoteke,
- parameter »-codec« označuje želeni kodirnik – mi smo izbrali vrednost »copy«, saj ne želimo ponovno kodirati videa,
- ključen parameter tega ukaza je parameter »-map«, saj označuje, katere toke podatkov želimo obdržati. V skladu z dokumentacijo smo obdržali toke podatkov od 0 do 3, kjer so shranjene geolozijske informacije,
- zadnji uporabljen parameter »-f« pa označuje tip in pot izhodne datoteke. Mi smo rezultat shranili kot binarno datoteko.

```
ffmpeg -y -i xxxx.MP4 -codec copy -map 0:3 -f rawvideo xxxx.bin
```

Slika 5.3: Ukaz za ekstrakcijo geolozijskih podatkov iz video datoteke z orodjem ffmpeg

V naslednjem koraku smo iz binarnih podatkov pridobili podatke v berljivi obliki, ki smo jih nato lahko uvozili in uporabili v igri. Za doseg tega cilja smo uporabili gpmd2csv [24], še eno odprtokodno programsko rešitev. Tudi gpmd2csv je podobno kot ffmpeg orodje ukazne vrstice (konzole). Orodje s pomočjo ukaza na sliki 5.4, binarno datoteko, ustvarjeno v prejšnjem koraku, pretvori v štiri ločene .csv datoteke.

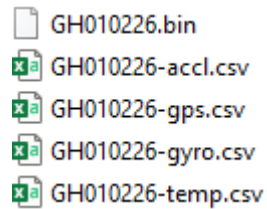
```
gpmd2csv -i xxx.bin -o xxx.csv
```

Slika 5.4: Ukaz za transformacijo binarne datoteke v .csv datoteke z orodjem gpmd2csv

Po opravljenih prvih dveh korakih predobdelave podatkov aplikacija RideYourWay ustvari datoteke, prikazane na sliki 5.5. Pomen datotek je naslednji:

- xxx.bin je binarna datoteka, ustvarjena z orodjem ffmpeg,
- xxx-gps.csv je datoteka, ki vsebuje geolozijske podatke, ki jih bomo uporabili za prikaz med igro,

- datoteke xxx-accl.csv, xxx-gyro.csv in xxx-temp.csv so datoteke, ki vsebujejo podatke o pospeškometru, giroskopu in podatke o temperaturi. Nastale so kot rezultat ukaza gpm2csv na sliki 5.4 in jih v nadaljevanju ne bomo potrebovali.



Slika 5.5: Datoteke, ustvarjene med predobdelavo podatkov

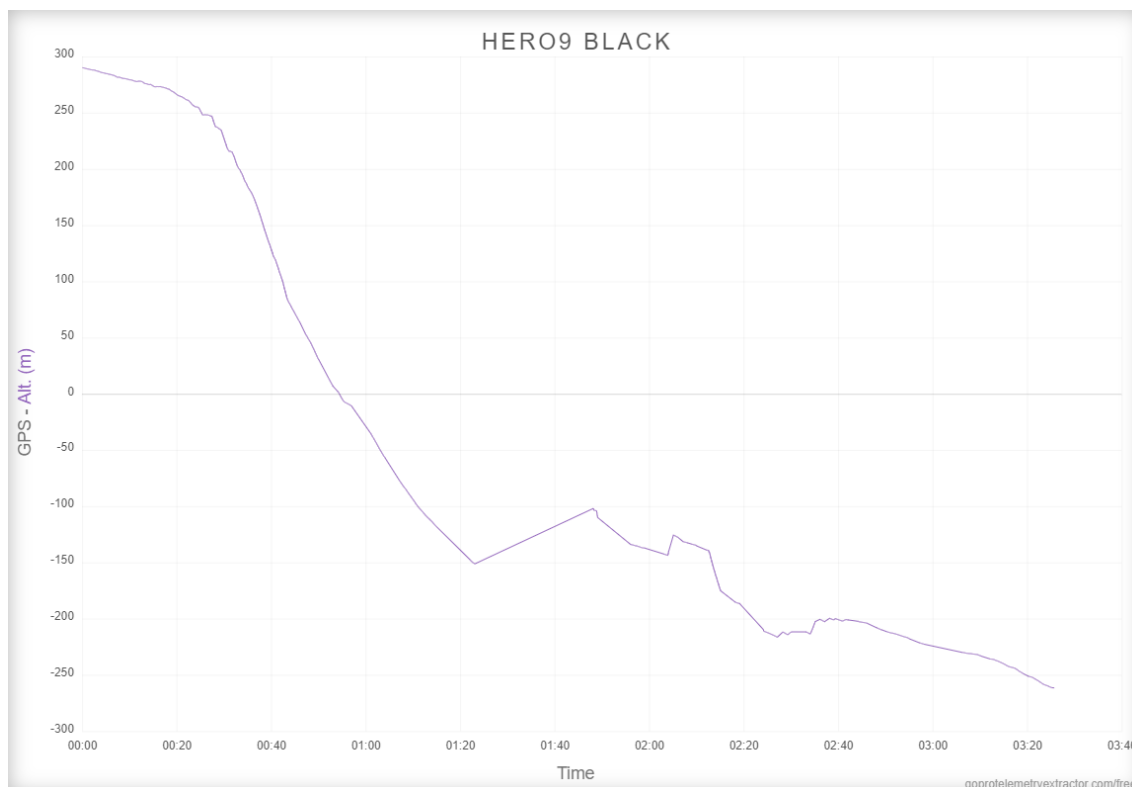
Na sliki 5.6 je prikazan izvleček podatkov iz gps.csv datoteke. Vidimo lahko, da je kamera GoPro zajemala podatke z razmikom 125 milisekund, kar pomeni, da v eni sami sekundi pridobi osem podatkov. Podatki zajemajo informacije o:

- milisekundi, v kateri so bili zajeti,
- zemljepisni širini,
- zemljepisni dolžini,
- višini,
- hitrosti,
- 3D-hitrosti,
- časovnem žigu,
- natančnosti GPS,
- popravku GPS.

1	Milliseconds, Latitude, Longitude, Altitude, Speed, Speed3D, TS, GpsAccuracy, GpsF
2	0,46.5535732,15.6446609,280.519,0.194,0.19,1612452172149000,917,3
3	125,46.5535621,15.6446576,280.615,0.143,0.2,1612452172274000,917,3
4	250,46.5535582,15.6446565,280.716,0.06,0.15,1612452172399000,917,3
5	375,46.5535577,15.6446564,280.744,0.142,0.06,1612452172524000,917,3
6	501,46.5535578,15.6446564,280.744,0.142,0.14,1612452172650000,917,3
7	626,46.5535579,15.6446564,280.744,0.142,0.14,1612452172775000,917,3

Slika 5.6: Izvleček podatkov iz gps.csv datoteke

Pri analizi višinskih podatkov smo ugotovili, da senzor velikokrat ne deluje pravilno. Primer tega lahko vidimo na sliki 5.7, ko se podatki za višinske metre spustijo tudi pod 0 metrov in v skrajnem primeru dosežejo več kot  $-250$  metrov. Za referenco: testni videoposnetki so bili snemani v Mariboru, ki ima nadmorsko višino okoli 262 metrov.



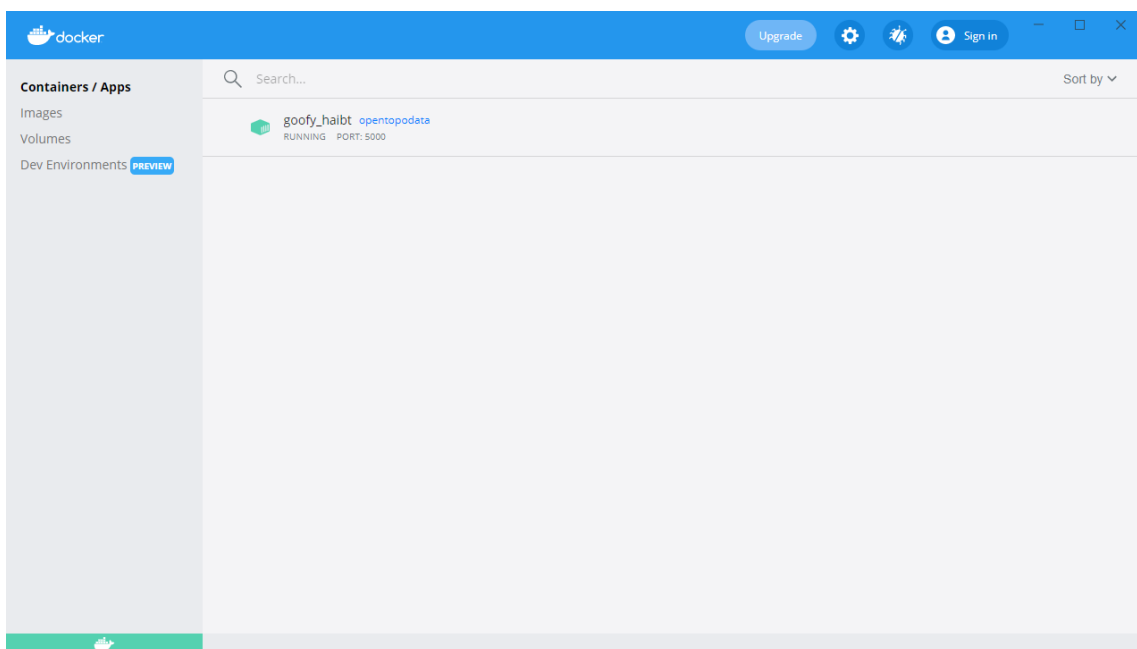
Slika 5.7: Primer slabih višinskih podatkov

Višinske podatke potrebujemo za izračun naklona proge, saj bi lahko na ta način aplikacija ustrezno povečala oz. zmanjšala uporabo na trenažerju. Zaradi zgoraj omenjene težave smo se odločili, da bomo višinske podatke pridobili iz drugega vira. Rešitev smo našli v spletni storitvi Open Topo Data. Open Topo Data je spletna storitev, ki kot vhod sprejme lokacijske koordinate, kot izhod pa vrne nadmorsko višino na tej točki. Storitve Open Topo Data lahko uporabimo na dva načina. Lahko jo uporabimo kot javno spletno storitev, ki gostuje na tujih strežnikih, ali pa si jo namestimo lokalno na svoj računalnik. Mi smo se odločili za slednje, saj ima javni aplikacijski programski vmesnik (angl. public API) naslednje omejitve [38]:

- največ 100 lokacij na zahtevo,

- največ 1 poizvedba na sekundo,
- največ 1000 klicev na dan.

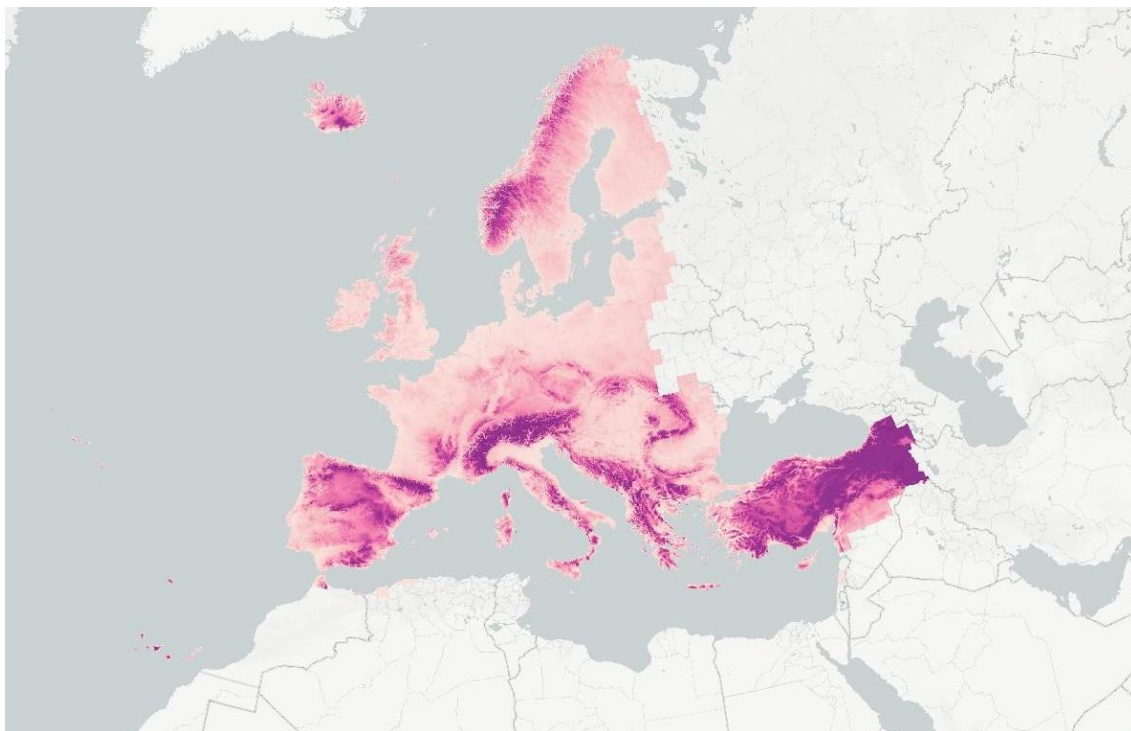
Spletni servis smo vzpostavili s pomočjo ogrodja Docker (slika 5.8). Docker je rešitev za upravljanje virtualizacije, ki omogoča možnost izvajanja aplikacije v izoliranem okolju, imenovanem zabojnik (angl. container). Zabojniki so nezahtevni do sistemskih virov in vsebujejo vse, kar je potrebno za zagon aplikacije, zato se nam ni treba zanašati na to, kar je trenutno nameščeno na gostitelju [15].



Slika 5.8: Zaslonski posnetek ogrodja Docker

Storitev Open Topo Data ima na voljo tudi več brezplačnih podatkovnih setov (zemljevidov). Mi smo uporabili podatkovni set EU-DEM, ki zajema višinske podatke o evropskih državah in nekaterih državah na Bližnjem vzhodu (slika 5.9).





Slika 5.9: Pokritost držav podatkovnega seta EU-DEM [39]

Žal se tudi rešitev z uporabo spletne storitve Open Topo Data ni izkazala kot najboljša rešitev, saj ima podatkovni set EU-DEM samo 25-metrsko ločljivost podatkov. To se je v našem primeru izkazalo za premalo natančno, sploh v predelih, kjer je relief bolj razgiban. Bistvo uporabe višinskih podatkov je ravno v nerazgibanem terenu (vzponi na hrib ipd.). Zaradi vseh naštetih težav z višinskimi podatki smo se odločili, da bomo uporabniku ponudili ročno nastavljanje upora na trenažerju in se ta ne bo samodejno prilagajal glede na višinske podatke.

## 5.2 Komunikacija med napravami po protokolu ANT+

Pri implementaciji komunikacije smo uporabili uradne ANT-knjižnice, spisane v jezikih C++ in C#, ki so namenjene za okolje .NET [16]. Za dostop do omenjenih knjižnic smo si morali urediti brezplačen račun posvojitelja ANT+ (angl. ANT+ Adopter).

Da bi lahko uspešno izmenjevali podatke med napravama ANT+ (v našem primeru ANT+ USB-ključ in pametni kolesarski trenažer), smo morali najprej konfigurirati omrežje ANT+. Parametre za konfiguracijo omrežja smo nastavili skladno z dokumentacijo o profilu naprave FE-C [4] in so prikazani na sliki 5.10. Vrednost omrežnega ključa ANT+, na sliki 5.10 prikazanega kot ANT\_NETWORK\_KEY, smo za namen slike skrili, saj naj bi do njega imeli dostop le uporabniki, ki so se strinjali s pogoji uporabe ANT+ in so postali posvojitelji ANT+ ali pa letni člani ANT+. Spremenljivki ANT\_DEVICETYPE smo dodelili vrednost 17, ki označuje fitnes naprave ANT+. Vrednost spremenljivke ANT\_RADIOFREQ, ki označuje RF, smo nastavili na 57, saj naprave ANT+ komunicirajo na RF 2457 MHz (dodeljeni vrednosti 57 se samodejno prišteje še 2400). Spremenljivka ANT\_CHANNELPERIOD predstavlja periodo pošiljanja sporočil s strani gospodarja in smo jo nastavili na privzeto vrednost 8192 (vrednost se nato še deli s številom 32768), kar predstavlja hitrost sporočanja 4 Hz. Po nastavitvi parametrov sledijo klici različnih metod za konfiguracijo omrežja.

```
//ANT+ connection parameters
static readonly byte ANT_CHANNEL = 0;           // ANT Channel to use
static readonly ushort ANT_DEVICENUM = 0;      // Device number
static readonly byte ANT_DEVICETYPE = 17;     // Device type
static readonly byte ANT_TRANSTYPE = 0;       // Transmission type
static readonly byte ANT_RADIOFREQ = 57;      // RF Frequency + 2400 MHz
static readonly ushort ANT_CHANNELPERIOD = 8192; // Channel Period (8192/32768)s period = 4Hz
static readonly byte[] ANT_NETWORK_KEY = {., };
static readonly byte ANT_NETWORK_NUM = 0;
```

Slika 5.10: Parametri za konfiguracijo omrežja ANT+

Slika 5.11 prikazuje klice različnih metod, s katerimi smo ustvarili referenco na napravo ANT+, konfigurirali omrežje ANT+ in na koncu še odprli kanal za komuniciranje. Odprti kanal smo nastavili na tip suženj, saj bo naša aplikacija v glavnem prejela podatke s strani pametnega trenažerja, ki je v tem primeru gospodar.

```

tbAntStatus.AppendText("Attempting to connect to an ANT USB device..." + Environment.NewLine);
device0 = new ANT_Device(); // Create a device instance using the automatic constructor
device0.deviceResponse += new ANT_Device.dDeviceResponseHandler(DeviceResponse); // Add handler

channel0 = device0.getChannel(ANT_CHANNEL); // Get channel from ANT device
channel0.channelResponse += new dChannelResponseHandler(ChannelResponse); // Add handler
tbAntStatus.AppendText("Initialization was successful!" + Environment.NewLine);

tbAntStatus.AppendText("Resetting module..." + Environment.NewLine);
device0.ResetSystem(); // Soft reset
System.Threading.Thread.Sleep(500); // Delay 500ms after a reset
// set network key
tbAntStatus.AppendText("Setting network key..." + Environment.NewLine);
if (device0.setNetworkKey(ANT_NETWORK_NUM, ANT_NETWORK_KEY, 500))
    tbAntStatus.AppendText("Network key set" + Environment.NewLine);
else
    tbAntStatus.AppendText("Error configuring network key" + Environment.NewLine);
// assign channel
tbAntStatus.AppendText("Assigning channel..." + Environment.NewLine);
if (channel0.assignChannel(ANT_CHANNEL_TYPE, ANT_NETWORK_NUM, 500))
    tbAntStatus.AppendText("Channel assigned" + Environment.NewLine);
else
    tbAntStatus.AppendText("Error assigning channel" + Environment.NewLine);
// set channel id
tbAntStatus.AppendText("Setting Channel ID..." + Environment.NewLine);
if (channel0.setChannelID(ANT_DEVICENUM, false, ANT_DEVICETYPE, ANT_TRANSTYPE, 500)) //
    tbAntStatus.AppendText("Channel ID set" + Environment.NewLine);
else
    tbAntStatus.AppendText("Error configuring Channel ID" + Environment.NewLine);
// set RF
tbAntStatus.AppendText("Setting Radio Frequency..." + Environment.NewLine);
if (channel0.setChannelFreq(ANT_RADIOFREQ, 500))
    tbAntStatus.AppendText("Radio Frequency set" + Environment.NewLine);
else
    tbAntStatus.AppendText("Error configuring Radio Frequency" + Environment.NewLine);
// set baudrate
tbAntStatus.AppendText("Setting Channel Period..." + Environment.NewLine);
if (channel0.setChannelPeriod(ANT_CHANNELPERIOD, 500))
    tbAntStatus.AppendText("Channel Period set" + Environment.NewLine);
else
    tbAntStatus.AppendText("Error configuring Channel Period" + Environment.NewLine);
// open channel
tbAntStatus.AppendText("Opening channel..." + Environment.NewLine);
if (channel0.openChannel(500))
    tbAntStatus.AppendText("Channel opened" + Environment.NewLine);
else
    tbAntStatus.AppendText("Error opening channel" + Environment.NewLine);

```

Slika 5.11: Del kode za konfiguracijo omrežja ANT+

Med postopkom konfiguracije omrežja smo ustvarili tudi delegata (`dDeviceResponseHandler` in `dChannelResponseHandler`), ki se odzoveta na dogodke naprave (angl. device events) oz. dogodke kanala (angl. channel events). Kot je razvidno iz slike 5.12, delegata ob nastalem dogodku kličeta metodo `DeviceResponse` oz.

ChannelResponse. Ti metodi sta zadolženi, da dekodirata tip in vsebino sporočila. Tipi sporočil, ki sprožijo dogodek naprave, so zapisani v dokumentaciji sporočilnega protokola ANT+ [1] in med drugim vključujejo:

- ponovni zagon naprave,
- nastavitev omrežnega ključa,
- nastavitev ID-ja kanala,
- nastavitev periode kanala,
- nastavitev RF kanala,
- odprtje kanala,
- dodelitev kanala,
- preklic dodelitve kanala.

Tipi sporočil, ki sprožijo dogodek kanala, so v glavnem sporočila, ki vsebujejo podatke o aktivnosti in stanju fitnes naprave. Kot smo že omenili v četrtem poglavju, so ti podatki zapisani na različnih podatkovnih straneh (angl. data pages). Nas sta najbolj zanimali podatkovni strani 16 in 48 (šestnajstiško 0x10 oz. 0x30). Na podatkovni strani 16 je zapisan podatek o trenutni hitrosti trenažerja, podatkovno stran 48 pa smo poslali, ko smo želeli spremeniti upor trenažerja.

```
tbAntStatus.AppendText("Attempting to connect to an ANT USB device..." + Environment.NewLine);
device0 = new ANT_Device(); // Create a device instance using the automatic constructor (auto
device0.deviceResponse += new ANT_Device.dDeviceResponseHandler(DeviceResponse); // Add devi

channel0 = device0.getChannel(ANT_CHANNEL); // Get channel from ANT device
channel0.channelResponse += new dChannelResponseHandler(ChannelResponse); // Add channel respon
tbAntStatus.AppendText("Initialization was successful!" + Environment.NewLine);
```

Slika 5.12: Vzpostavitev delegatov na dogodke naprave in kanala

Slika 5.13 prikazuje metodo za dekodiranje hitrosti iz podatkovne strani 16. Najprej preverimo prvi bajt sporočila, ki nam pove, za katero podatkovno stran gre. Ko se prepričamo, da smo prejeli podatkovno stran 16, iz vsebine sporočila vzamemo 4. in 5. bajt, kjer je tudi shranjena informacija o hitrosti. Najprej smo v spremenljivko bArraySpeed shranili 5. bajt, saj glede na dokumentacijo (slika 5.14) vsebuje

najpomembnejši bit (angl. Most Significant Bit), nato pa še 4. bajt, ki vsebuje najmanj pomemben bit (angl. Least Significant Bit). Da zagotovimo pravilno delovanje na sistemih z različno arhitekturo v kodi, še preverimo, ali aplikacija teče na sistemu, ki uporablja tanek konec (angl. Little Endian), in vrstni red v polju bajtov po potrebi zamenjamo. V nadaljevanju pretvorimo polje bajtov v celo število in ga pomnožimo z vrednostjo 0,001, saj je podatek o hitrosti shranjen v formatu, da vrednost 1 predstavlja 0,001 m/s (slika 5.14). Sedaj imamo vrednost v m/s, ki jo pomnožimo z vrednostjo 3,6, da dobimo podatek v km/h. Na koncu vrednost še zaokrožimo na eno decimalko.

```
// data page #16
if (response.messageContents[0] == 0x10)
{
    byte[] bArraySpeed = { response.messageContents[5], response.messageContents[4] };

    if (BitConverter.IsLittleEndian)
        Array.Reverse(bArraySpeed);

    int i = BitConverter.ToInt16(bArraySpeed, 0);
    double speedMperS = i * 0.001; // * 0.001 m/s
    double speedKperH = speedMperS * 3.6; // convert m/s to km/h
    trainerSpeed = Math.Round(speedKperH, 1); // round to 1 decimal place
}
```

Slika 5.13: Dekodiranje podatka o hitrosti iz podatkovne strani 16

Byte	Description	Length	Value	Units	Range or Rollover
0	Data Page Number	1 Byte	0x10 – Page 16	N/A	N/A
1	Equipment Type Bit Field	1 Byte	Refer to bit field description (Table 8-8)	N/A	N/A
2	Elapsed Time	1 Byte	<b>Accumulated value</b> of the elapsed time since start of workout	0.25 seconds	64s
3	Distance Traveled	1 Byte	<b>Accumulated value</b> of the distance traveled since start of workout	metres	256m
4	Speed LSB	2 Bytes	Instantaneous speed 0xFFFF indicates invalid	0.001 m/s	0 - 65.534 m/s
5	Speed MSB				
6	Heart Rate (from hand contact sensors or an HRM)	1 Byte	Instantaneous heart rate 0xFF indicates invalid Source of HR data sent in capabilities bit field (Refer to Table 8-9)	bpm	0 – 254bpm
7	Capabilities Bit Field	4 Bits (0:3)	Refer to bit field description (Table 8-9)	N/A	N/A
	FE State Bit Field	4 Bits (4:7)	Refer to bit field description (Table 8-10)	N/A	N/A

Slika 5.14: Opis vrednosti podatkov na podatkovni strani 16 [4]

Druga pomembna podatkovna stran je podatkovna stran 48 (slika 5.15), ki nam omogoča spreminjanje upora na trenažerju.

Byte	Description	Length	Value	Units	Range
0	Data Page Number	1 Byte	Data Page Number = 48 (0x30)	N/A	N/A
1	Reserved	1 Byte	0xFF (reserved for future use)	N/A	N/A
2	Reserved	1 Byte	0xFF (reserved for future use)	N/A	N/A
3	Reserved	1 Byte	0xFF (reserved for future use)	N/A	N/A
4	Reserved	1 Byte	0xFF (reserved for future use)	N/A	N/A
5	Reserved	1 Byte	0xFF (reserved for future use)	N/A	N/A
6	Reserved	1 Byte	0xFF (reserved for future use)	N/A	N/A
7	Total Resistance	1 Byte	Percentage of maximum resistance to be applied.	0.5%	0 – 100%

Slika 5.15: Opis vrednosti podatkov na podatkovni strani 48 [4]

Slika 5.16 prikazuje odsek kode, kjer pošljemo sporočilo s podatkovno stranjo 48 na fitnes napravo, da spremenimo upor naprave. V prvi bajt sporočila shranimo vrednost 48 (številka podatkovne strani), v zadnji bajt pa želeno vrednost upora. Upor je možno nastaviti v območju od 0 % do 100 %, kjer vrednost 1 označuje 0,5-odstotni upor. Če torej želimo nastaviti upor na 50 %, moramo v sporočilu v zadnjem bajtu poslati vrednost 100. Sporočilo nato pošljemo prek kanala, ki smo ga vzpostavili ob konfiguraciji omrežja ANT+ z uporabo metode `sendAcknowledgedData()`. Ko naprava prejme sporočilo, se upor naprave samodejno prilagodi.

```
private void numericUpor_ValueChanged(object sender, EventArgs e)
{
    byte resistance = (byte)(numericUpor.Value*2);
    byte[] message = { 0x30, 0, 0, 0, 0, 0, 0, resistance };
    channel0.sendAcknowledgedData(message);
}
```

Slika 5.16: Odsek kode za spreminjanje upora na trenažerju

### 5.3 Grafični uporabniški vmesnik

Kot že omenjeno, smo igro RideYourWay razvili v ogrodju .NET Core. Za ustvarjanje grafičnega uporabniškega vmesnika smo uporabili ogrodje Windows Presentation Foundation (v nadaljevanju WPF) različice .NET 5. WPF je grafični sistem za izdelavo grafičnih uporabniških vmesnikov v aplikacijah za operacijski sistem Windows, ki temelji na ogrodju .NET. WPF uporablja Direct X, zaradi česar je vezan na operacijski sistem Windows in ni prenosljiv na druge operacijske sisteme.

Za predvajanje videoposnetka vožnje smo uporabili paketa NuGet, poimenovana LibVLCSharp.WinForms in VideoLAN.LibVLC.Windows (slika 5.17), ki vsebujeta ustrezen gradnik in potrebne kodeke za predvajanje .mp4 video datotek.



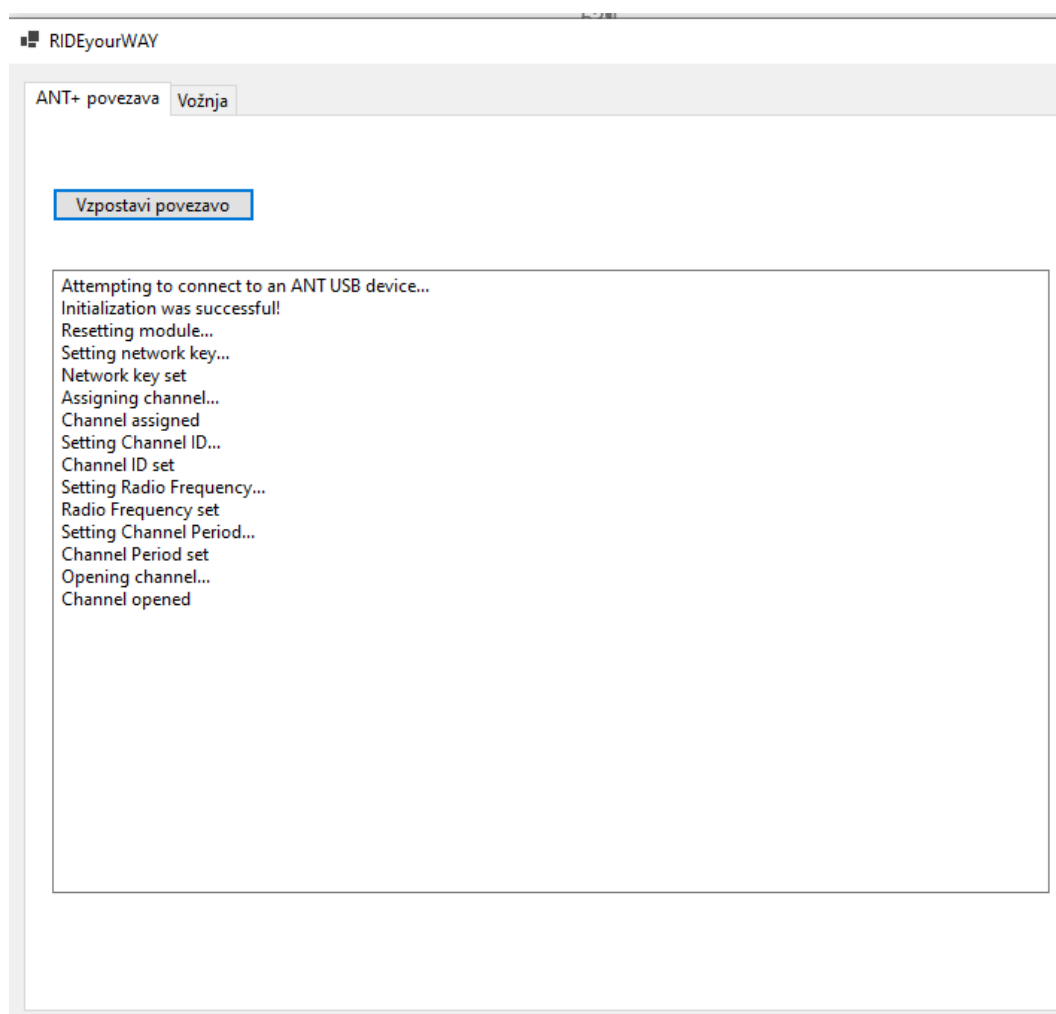
Slika 5.17: Uporabljeni paketi NuGet

Gradnik, ki nam omogoča predvajanje videa, se imenuje VideoView. Prek VideoViewa dinamično spreminjamo hitrost predvajanja videa glede na hitrost, s katero uporabnik

kolesari. Pri izračunu hitrosti predvajanja videa uporabimo enačbo (5.1). Če na primer igralec trenutno koledari s hitrostjo 30 km/h, koledar v videoposnetku pa se je v času snemanja premikal s hitrostjo 20 km/h, se bo video predvajal z 1,5-kratno hitrostjo, da simulira razliko v hitrosti.

$$\text{hitrost\_predvajanja} = \frac{\text{hitrost\_trena\text{z}erja}}{\text{hitrost\_v\_videu}} \quad (5.1)$$

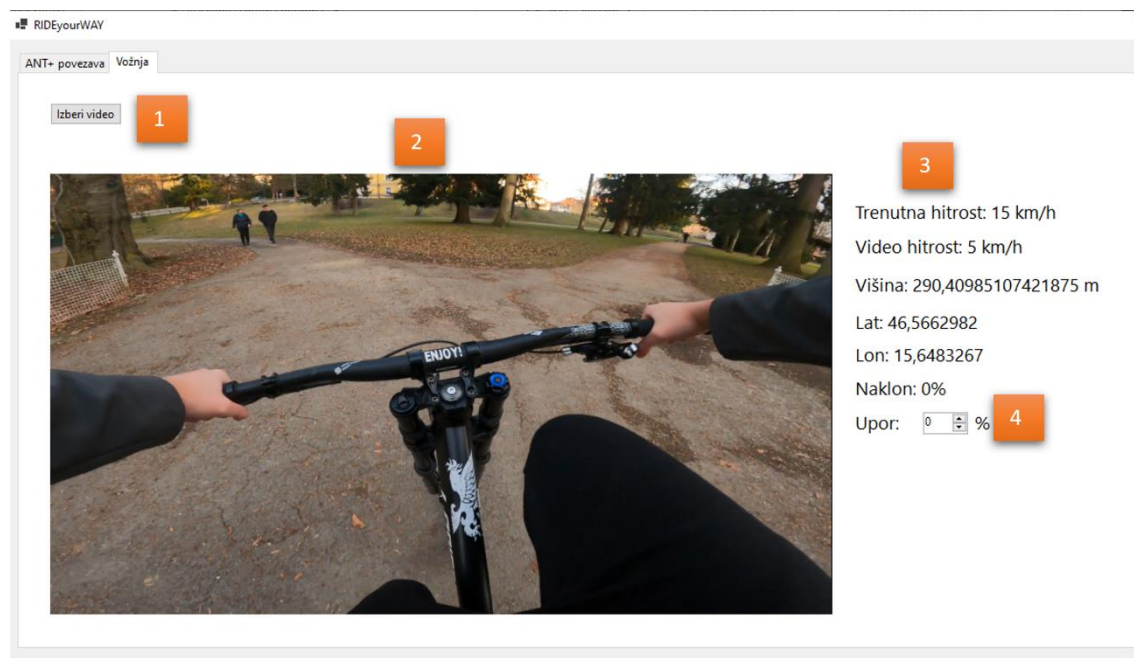
Grafični vmesnik igre smo razdelili v dva zavihka (angl. tabs). Ob zagonu igre se nam prikaže zavihek »ANT+ povezava« (slika 5.18), kjer imamo zgolj dva gradnika, gumb za vzpostavitev povezave ANT+ in podokno za besedilo, kamor izpisujemo informacije o stanju povezave.



Slika 5.18: Zavihek "ANT+ povezava"

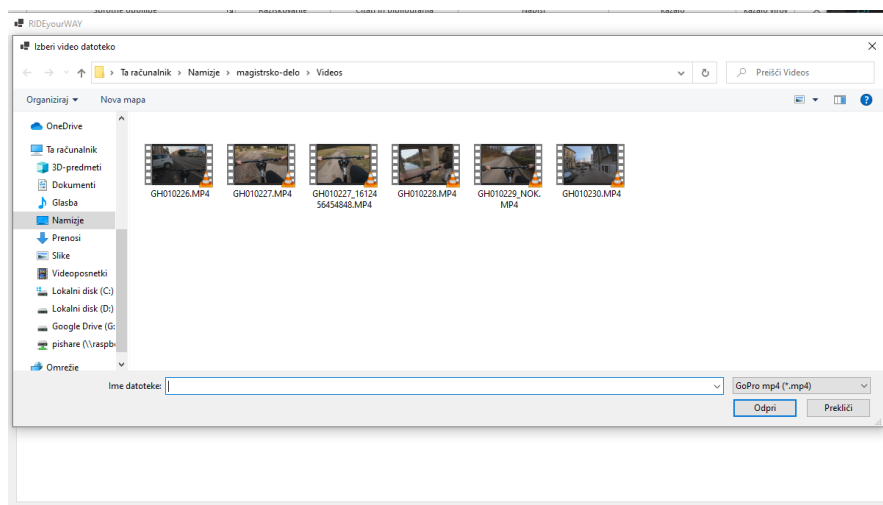


Drugi zavihek je poimenovan »Vožnja« in je namenjen za izbiro in predvajanje videoposnetka vožnje ter za prikaz osnovnih podatkov o vožnji. Zavihek je razdeljen na štiri dele, prikazane na sliki 5.19.



Slika 5.19: Zavihek "Vožnja"

Prvi del na sliki 5.19 označuje gumb za izbiro .mp4 videoposnetka vožnje, ob kliku nanj pa se odpre okno, prikazano na sliki 5.20.



Slika 5.20: Okno za izbor videoposnetka

Številka 2 oz. drugi del na sliki 5.19 predstavlja gradnik VideoView, ki skrbi za predvajanje videoposnetka proge z ustrezno hitrostjo. Pod številko 3 so prikazani podatki o hitrosti, višini, lokaciji in naklonu proge. Številka 4 pa ponazarja gradnik, kjer lahko igralec spreminja upor trenerja in s tem tudi intenziteto treninga. Možne vrednosti so od 0 % do 100 %.

## 6 SKLEP

Opisali smo področje aktivnih računalniških iger in podali kratek pregled razvoja, vse od arkadnih iger do najnovejših konzol in ostalih aktivnih aplikacij. Raziskave kažejo, da lahko napor pri igranju teh iger enačimo z lažjimi do srednje težkimi fizičnimi aktivnostmi. V zadnjih letih se opaža trend, kjer se aktivne računalniške igre osredotočajo na kombiniranje telesne aktivnosti v povezavi s kognitivno zahtevnimi nalogami, kar ima pri igralcih statistično značilen pozitiven vpliv na izvršilne funkcije, pozornost in prostorsko-vizualne sposobnosti. V nadaljevanju je sledil opis delovanja aktivnih računalniških kolesarskih iger, kjer smo prikazali osnovni princip delovanja teh iger, predstavili njihove ključne funkcionalnosti in našli ključne stvari, potrebne za igranje teh iger.

Sledil je pregled najpriljubljenejših obstoječih rešitev na trgu, in sicer z namenom pridobiti vpogled v ključne funkcionalnosti teh iger, kar je bilo ključnega pomena za razvoj lastne igre, ki smo jo razvili v nadaljevanju. Pri pregledu obstoječih iger smo ugotovili, da se razvijalci teh iger na zelo različne načine lotevajo predvsem generiranja prog. Nekateri poustvarjajo modele na podlagi realnih ali pa izmišljenih mest, drugi generirajo modele prog iz uporabniških datotek, ki vsebujejo podatke o treningu, spet tretji pa za simuliranje prog uporabljajo videoposnetke predhodno posnetih cest. Za komunikacijo med aplikacijo in pametnim trenažerjem se v glavnem uporabljata brezžična protokola ANT+ in Bluetooth Low Energy.

Na podlagi zgornjih ugotovitev smo se odločili, da bomo v naši igri uporabili protokol ANT+ in smo ga v nadaljevanju podrobneje opisali. Pojasnili smo, da gre za brezžični protokol z nizko porabo energije, ki deluje v frekvenčnem pasu 2,4 GHz. Sicer pa gre pri omrežju ANT+ za nadgradnjo omrežja ANT z uporabo definicij o strukturi poslanih podatkov. Te definicije se imenujejo profili naprav in so običajno vezane na poseben primer uporabe. V našem primeru smo uporabili profil naprave FE-C, ki omogoča nadziranje fitness naprav, med katere se uvršča tudi pametni kolesarski trenažer.

Pojasnili smo, da so informacije, ki se prenašajo v protokolu ANT+, urejene v podatkovne strani, dolžine osem bajtov. Prvi bajt nam vedno definira številko podatkovne strani, v naslednjih sedem pa so zakodirani podatki, definirani v profilu naprave.

Namen magistrskega dela je bil razvoj lastne aktivne računalniške kolesarske igre, ki smo jo poimenovali RideYourWay. Razvili smo jo z uporabo programskega jezika C# v ogrodju Microsoft .NET Core. Za izdelavo grafičnega vmesnika smo uporabili grafično ogrodje WPF. Pri implementaciji komunikacije med napravami ANT+ smo si pomagali z uradnimi knjižnicami ANT+ za okolje Windows. Za simuliranje proge smo uporabili vnaprej posnete videoposnetke vožnje po cesti, uporabniku je omogočen tudi uvoz lastnih videoposnetkov, posnetih z akcijsko kamero GoPro. Pri obdelavi višinskih podatkov, pridobljenih iz videoposnetka, smo naleteli na težavo, saj ima akcijska kamera GoPro zelo slab senzor za zajem teh podatkov in so bili velikokrat neuporabni. Zato smo se zatekli k uporabi spletne storitve Open Topo Data, kamor smo poslali GPS-koordinate, v odgovoru pa dobili podatek o višini na tej lokaciji. Vendar so tudi tukaj bili podatki žal premalo natančni, saj je ločljivost zemljevida, ki pokriva države Evrope, le 25-metrška. Pri implementaciji komunikacije ANT+ smo se osredotočili predvsem na podatkovni strani 16 in 48. Podatkovna stran 16 nam je dala podatek o trenutni hitrosti trenažerja, ki smo jo uporabili za izračun hitrosti predvajanja videa, podatkovno stran 48 pa smo poslali, kadar smo želeli spremeniti upor na trenažerju oz. prilagoditi intenzivnost treninga terenu na videoposnetku.

Pri igri imamo veliko prostora za nadaljnjo nadgradnjo. Izboljšali bi lahko predvsem kakovost višinskih podatkov, in sicer na način, da bi za zajem teh podatkov uporabili kateri drug senzor (npr. pametni telefon) in bi podatke nato sinhronizirali s podatki v videoposnetku. Morebiti bi lahko namesto brezplačne storitve Open Topo Data uporabili kakšno plačljivo spletno storitev. Za lažji nadzor upora trenažerja bi lahko razvili tudi podporno aplikacijo po vzoru nekaterih obstoječih iger. Seveda bi lahko vizualno dodelali tudi uporabniški grafični vmesnik, ki mu v tem delu nismo posvetili prevelike pozornosti, saj je šlo le za izdelavo prototipne igre.

## VIRI IN LITERATURA

- [1] ANT Message Protocol and Usage. Dostopno na: <https://www.thisisant.com/resources/ant-message-protocol-and-usage/> [3. 9. 2021].
- [2] ANT: THE PROTOCOL. *Thisisant.com*, 2021. Dostopno na: <https://www.thisisant.com/developer/ant-plus/ant-antplus-defined> [30. 8. 2021].
- [3] ANT+ BASICS. *Thisisant.com*, 2021. Dostopno na: <https://www.thisisant.com/developer/ant-plus/ant-plus-basics/> [30. 8. 2021].
- [4] ANT+ Device Profile – Fitness Equipment. Dostopno na: <https://www.thisisant.com/resources/fitness-equipment-device/> [3. 9. 2021].
- [5] ANT+ DEVICE PROFILES. *Thisisant.com*, 2021. Dostopno na: <https://www.thisisant.com/developer/ant-plus/device-profiles/> [31. 8. 2021].
- [6] ANT+ Logo. Dostopno na: <https://www2020.4iiii.com/cms/content/images/2020/12/radio-antplus.png> [9. 9. 2021].
- [7] ANT+ MEMBERSHIP. *Thisisant.com*, 2021. Dostopno na: <https://www.thisisant.com/my-ant/members/> [31. 8. 2021].
- [8] Arthurs-Brennan, M. Best indoor training apps for cycling compared: which is best for you? *Cyclingweekly.com*, 2020. Dostopno na: <https://www.cyclingweekly.com/fitness/indoor-cycling-apps-364282> [23. 8. 2021].
- [9] Barnett, A., Cerin, E., & Baranowski, T. Active Video Games for Youth: A Systematic Review. *Journal of Physical Activity and Health*, 8, (2011), 5, str. 724–737. Dostopno na: <https://journals.humankinetics.com/view/journals/jpah/8/5/article-p724.xml> [12. 8. 2021].

- [10] Bernhard, A. The great bicycle boom of 2020. *BBC*, 2020. Dostopno na: <https://www.bbc.com/future/bespoke/made-on-earth/the-great-bicycle-boom-of-2020.html> [12. 8. 2021].
- [11] Bromley, S. Rouvy: everything you need to know. *Bikeradar.com*, 2020. Dostopno na: <https://www.bikeradar.com/advice/buyers-guides/rouvy-everything-you-need-to-know/> [24. 8. 2021].
- [12] Carlson, M. C., Fried, L. P., Xue, Q. L., Bandeen-Roche, K., Zeger, S. L., & Brandt, J. Association between executive attention and physical functional performance in community-dwelling older women. *The journals of gerontology. Series B, Psychological sciences and social sciences*, 54, (1999), 5, str. S262–S270. Dostopno na: <https://doi.org/10.1093/geronb/54b.5.s262> [13. 8. 2021].
- [13] Coulon, J. Who Went Home With the First-Ever Virtual Tour de France Yellow Jersey? *Bicycling.com*, 2020. Dostopno na: <https://www.bicycling.com/racing/a33369557/virtual-tour-de-france-2020-results/> [23. 8. 2021].
- [14] Dance Dance Revolution. Dostopno na: <https://gemsparties.com/wp-content/uploads/2019/04/rent-ddr-super-nova-2.jpg> [9. 9. 2021].
- [15] Docker Overview. *Docs.docker.com*, 2021. Dostopno na: <https://docs.docker.com/get-started/overview/> [3. 9. 2021].
- [16] DOWNLOADS: SOFTWARE & DOCUMENTS. *Thisisant.com*, 2021. Dostopno na: <https://www.thisisant.com/developer/resources/downloads/> [5. 9. 2021].
- [17] Elite Sterzo Smart. Dostopno na: [https://images.immediate.co.uk/production/volatile/sites/21/2020/08/OP\\_200707\\_Alessandro\\_Fabian\\_2881-f3e1555-scaled.jpg?webp=true&quality=90&resize=620%2C413](https://images.immediate.co.uk/production/volatile/sites/21/2020/08/OP_200707_Alessandro_Fabian_2881-f3e1555-scaled.jpg?webp=true&quality=90&resize=620%2C413) [9. 9. 2021].
- [18] ESTABLISHED ECOSYSTEM OF CONNECTED SOLUTIONS. *Thisisant.com*, 2021. Dostopno na: <https://www.thisisant.com/business/why-ant/ecosystem/> [31. 8. 2021].

- [19] Ffmpeg Documentation. *Ffmpeg.org*, 2021. Dostopno na: <https://www.ffmpeg.org/ffmpeg.html> [3. 9. 2021].
- [20] FIT1e module. Dostopno na: <https://www.thisisant.com/resources/ant-at3-module-errata/> [9. 9. 2021].
- [21] Garmin ANT+ USB ključ. Dostopno na: <https://img.cdn-cni.si/img/250/250/RT/RT2f5CHqwWBk> [9. 9. 2021].
- [22] GoPro Hero9. Dostopno na: <https://i.cdn.nrholding.net/51099934/1000/1000> [9. 9. 2021].
- [23] IMPLEMENT A PROFILE. *Thisisant.com*, 2021. Dostopno na: <https://www.thisisant.com/developer/ant-plus/developer> [31. 8. 2021].
- [24] Irache, J. GPMD2CSV. Dostopno na: <https://github.com/Juanlrache/gopro-utils/tree/master/GPMD2CSV> [3. 9. 2021].
- [25] Is RGT premium worth it? *Rgtcycling.com*, 2020. Dostopno na: <https://www.rgtcycling.com/pricing/> [24. 8. 2021].
- [26] Javornik, Š. Poleg koronavirusa razsaja tudi kolesarski entuziazem. *Delo*, 2020. Dostopno na: <https://www.delo.si/prosti-cas/rekreacija/poleg-koronavirusa-razsaja-tudi-kolesarski-entuziazem/> [12. 8. 2021].
- [27] Luke, J. Zwift expands in-game steering to all roads. *Bikeradar.com*, 2020. Dostopno na: <https://www.bikeradar.com/news/zwift-steering/> [23. 8. 2021].
- [28] Maddison, R., Foley, L., Ni Mhurchu, C., Jiang, Y., Jull, A., Prapavessis, H., Hohepa, M., & Rodgers, A. Effects of active video games on body composition: a randomized controlled trial. *The American journal of clinical nutrition*, 94, (2011), 1, str. 156–163. Dostopno na: <https://doi.org/10.3945/ajcn.110.009142> [12. 8. 2021]
- [29] Marshall, G. A., Rentz, D. M., Frey, M. T., Locascio, J. J., Johnson, K. A., Sperling, R. A., & Alzheimer's Disease Neuroimaging Initiative. Executive function and instrumental activities of daily living in mild cognitive impairment and Alzheimer's disease. *Alzheimer's & dementia: the journal of the Alzheimer's Association*, 7, (2011), 3, str. 300–308. Dostopno na <https://doi.org/10.1016/j.jalz.2010.04.005> [13. 8. 2021].

- [30] Microsoft Kinect 2. Dostopno na: <https://racunalniske-novice.com/wp-content/uploads/2014/03/kinectwindowsnews.jpg> [9. 9. 2021].
- [31] Mid-range Zwift setup. Dostopno na: [https://images.immediate.co.uk/production/volatile/sites/21/2019/11/03\\_Zwift\\_mid-range-setup\\_1-c9312fd.jpg?webp=true&quality=90&resize=620%2C413](https://images.immediate.co.uk/production/volatile/sites/21/2019/11/03_Zwift_mid-range-setup_1-c9312fd.jpg?webp=true&quality=90&resize=620%2C413) [9. 9. 2021].
- [32] Mueller, F., Khot, R., Gerling, K., & Mandryk, R. *Exertion Games: Foundations and Trends® in Human-Computer Interaction*. 2016.
- [33] Nintendo igralna konzola Wii. Dostopno na: [https://img.ena.com/oddelki/racunalnistvo/Assets/product\\_images/Wii\\_SP\\_ORTS\\_PACK.jpg](https://img.ena.com/oddelki/racunalnistvo/Assets/product_images/Wii_SP_ORTS_PACK.jpg) [9. 9. 2021].
- [34] OSI Model Explained: The OSI 7 Layers. Dostopno na: <https://www.imperva.com/learn/wp-content/uploads/sites/13/2020/02/OSI-7-layers.jpg.webp> [9. 9. 2021].
- [35] Peng, W., Lin, J. H., & Crouse, J. Is playing exergames really exercising? A meta-analysis of energy expenditure in active video games. *Cyberpsychology, behavior and social networking*, 14, (2011), 11, str. 681–688. Dostopno na: <https://doi.org/10.1089/cyber.2010.0578> [13. 8. 2021].
- [36] Physics on RGT. *Rgtcycling.com*, 2020. Dostopno na: <https://www.rgtcycling.com/blog/physics-on-rgt/> [24. 8. 2021].
- [37] Playstation Move. Dostopno na: <https://www.shopster.com/medias/711719924265-1-2-ung-2000Wx1500H?context=bWFzdGVyfGlTYWdlc3w5NDYyM3xpbWFnZS9qcGVnfGg1Zi9oOTYvMTAzMDg2NjlyOTY2MDYvNzExNzE5OTI0MjY1XzFfMI91bmctMjAwMFd4MTUwMEh8MTdkOTAwYWlzMzQyYjZkMGMxNzNkMTZkODI1NDdlYTEzY2UzYTViZjExNjIwZDYxMjE5Y2Y5MTNkYzNiZig1Nw> [9. 9. 2021].
- [38] Public API. *Opentopodata.org*, 2021. Dostopno na: <https://www.opentopodata.org/#public-api> [3. 9. 2021].
- [39] Render of EU-DEM elevation. Dostopno na: <https://www.opentopodata.org/img/eudem.jpg> [9. 9. 2021].



- [40] Rouvy AR. Dostopno na: <https://partner.rouvy.com/wp-content/uploads/2018/10/ar.png> [9. 9. 2021].
- [41] Santos, Isis K.d., Rafaela C.d.S.C.d. Medeiros, Jason A.d. Medeiros, Paulo F.d. Almeida-Neto, Dianne C.S.d. Sena, Ricardo N. Cobucci, Ricardo S. Oliveira, Breno G.d.A.T. Cabral, & Paulo M.S. Dantas. Active Video Games for Improving Mental Health and Physical Fitness—An Alternative for Children and Adolescents during Social Isolation: An Overview. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 18, (2021), 4, str. 1641. Dostopno na: <https://doi.org/10.3390/ijerph18041641> [13. 8. 2021].
- [42] Stanmore, E., Stubbs, B., Vancampfort, D., de Bruin, E. D., & Firth, J. The effect of active video games on cognitive functioning in clinical and non-clinical populations: A meta-analysis of randomized controlled trials. *Neuroscience and biobehavioral reviews*, 78, (2017), str. 34–43. Dostopno na: <https://doi.org/10.1016/j.neubiorev.2017.04.011> [13. 8. 2021].
- [43] Šlosar, L. Ali lahko s pomočjo aktivnih videoiger vplivamo na gibalno učinkovitost. *Revija za Elementarno Izobraževanje*, 9, (2016), str. 197–211. Dostopno na: <https://dk.um.si/Dokument.php?id=118350> [12. 8. 2021].
- [44] Team Time Trial on Borrego Springs. Dostopno na: [https://i1.wp.com/www.westerley.cc/wp-content/uploads/2020/11/RGT-Screen-07\\_11\\_2020-08\\_10\\_36.png?zoom=2&resize=750%2C420](https://i1.wp.com/www.westerley.cc/wp-content/uploads/2020/11/RGT-Screen-07_11_2020-08_10_36.png?zoom=2&resize=750%2C420) [9. 9. 2021].
- [45] Viana, R. B., Vancini, R. L., Silva, W. F., Morais, N. S., de Oliveira, V. N., Andrade, M. S., & de Lira, C. A. B. Comment on: Problematic online gaming and the COVID-19 pandemic – The role of exergames, *Journal of Behavioral Addictions JBA*, 10(1), (2021), str. 1–3. Dostopno na: <https://akjournals.com/downloadpdf/journals/2006/10/1/article-p1.xml> [12. 8. 2021].
- [46] Zwift Companion. *Zwift.com*. Dostopno na: <https://www.zwift.com/eu/companion> [23. 8. 2021].
- [47] Zwift gameplay during a group ride. Dostopno na: <https://www.theproscloset.com/blogs/news/zwift-vs-trainerroad> [9. 9. 2021].