



UNIVERZA V LJUBLJANI

FAKULTETA ZA ŠPORT

Športno treniranje

Kondicijsko treniranje

# **PROIZVODNJA ELEKTRIČNE ENERGIJE S POMOČJO CIKLIČNIH TRENAŽERJEV**

DIPLOMSKO DELO

MENTOR

prof. dr. Branko Škof

SOMENTOR

prof. dr. Marko Topič

RECENZENT

doc. dr. Primož Pori

Avtor dela

DANE NEMAC

Ljubljana, 2013

# ZAHVALA

Hvala očetu za zavzetost.

Hvala mami za priganjanje.

Hvala sestri za nasvete in popravke.

Hvala mentorju prof. dr. Branku Škofu za usmerjanje.

Hvala prof. dr. Marku Topiču za omogočanje tehnične izvedbe raziskave.

Hvala Blažu Kirnu za opravljeno delo.

Hvala vsem s Fakultete za elektrotehniko za sodelovanje.

Hvala direktorici fitnes centra Sportclub Metki Ambrož za dovoljenje.

Hvala Bogu, da je konec!

**Ključne besede:** ciklični trenažerji, proizvodnja električne energije, fitness center

## **PROIZVODNJA ELEKTRIČNE ENERGIJE S POMOČJO CIKLIČNIH TRENAŽERJEV**

**Dane Nemac**

### **IZVLEČEK**

Raziskali smo možnost proizvodjanja električne energije ob vadbi na nekaterih trenažerjih, ki jih najdemo v fitness centrih. Diplomsko delo zajema pregled na trgu že dostopnih izdelkov, podjetij, ki delujejo na tem področju in fitness centrov, ki so to tehnologijo že vključili v svojo ponudbo. Opisani so tudi izsledki predhodnih raziskav, ki so se ukvarjale z enako ali podobno tematiko.

V drugem delu je predstavljena lastna raziskava, ki smo jo opravili na primeru izbranega fitness centra. Ta podaja oceno potenciala za proizvodnjo električne energije v fitness centru. Do ocene smo prišli na tri različne načine: s pomočjo podatkov predhodnih raziskav, s pomočjo podatkov o povprečni zmogljivosti posameznikov in na podlagi meritev na lastnem konceptu trenažerja, ki proizvaja električno energijo. Predstavljeni so izračuni količine proizvedene električne energije v obdobju enega meseca za različne predpostavljene primere in izračuni posledičnih finančnih prihrankov. Sledijo ugotovitve o sprejetosti predstavljene tehnologije med obiskovalci fitness centra.

Ugotovili smo, da je povprečen posameznik s pomočjo cikličnega trenažerja sposoben proizvesti le manjše količine električne energije, vendar lahko ob številnih obiskovalcih fitness centrov na ta način nadomestimo znaten delež porabljene električne energije. Poleg tega opravljena anketa nakazuje, da bi bila ta tehnologija med obiskovalci fitness centrov dobro sprejeta.

Ugotovitve diplomskega dela so dobrodošle za delujoče na področju športne vadbe, natančneje vadbe v fitness centrih, energetike ter za vadeče same.

**Key words:** cyclic cardiovascular equipment, electricity production, fitness center

## **ELECTRICITY GENERATION WITH THE USE OF CYCLIC CARDIOVASCULAR EQUIPMENT**

**Dane Nemas**

### **ABSTRACT**

We have analyzed the possibility of electricity generation while working out on some of the cardiovascular equipment found in fitness centers. The study includes an overview of the already available products, companies in this market and fitness centers which have incorporated this technology into their offer. It also describes the findings of previous studies that have dealt with the same or similar issues.

In the second part our own research is presented, which was conducted in the selected fitness center. It provides an estimate of electricity generation for the given fitness center. We got the assessment in three different ways: with the help of data from the previous studies, with the help of data on the average performance of individuals and by measurements on our own concept of a stationary bicycle that generates electricity. The quantity of electricity generated over a one month period and consequential financial savings were calculated for a variety of cases. Followed by some findings on the acceptance of this technology among the visitors of the fitness center.

We have discovered that an individual is only capable of producing small amounts of electricity, but with all the visitors of fitness centers this technology could compensate for a significant amount of energy consumed. In addition the survey indicates that this technology would be well accepted among the visitors of the fitness centers.

The findings of this study can be appreciated by individuals working in the sports field, more precise field of fitness, energetics field and individuals working out in the fitness centers.

# KAZALO

1. UVOD.....	8
1.2 POMEN FITNESA.....	9
1.3 RAZVOJ IDEJE O PROIZVAJANJU ELEKTRIČNE ENERGIJE S POMOČJO ČLOVEŠKEGA DELA.....	11
1.3.1 PRENOS KONCEPTA V FITNES CENTRE.....	12
1.3.2 USTANOVITEV PRVIH PODJETIJ NA TEM PODROČJU.....	13
1.3 TEHNIČNI GRADNIKI.....	14
1.3.1 ELEKTRIČNI GENERATOR.....	15
1.3.2 USMERNIK.....	15
1.3.3 RAZSMERNIK.....	15
1.3.4 REGULATOR.....	16
1.3.5 AKUMULATOR.....	16
1.4 UGOTOVITVE PREDHODNIH RAZISKAV.....	16
1.5 PROBLEM.....	20
1.6 CILJI.....	20
1.7 HIPOTEZE.....	21
2. METODE DELA.....	22
2.1 PREIZKUŠANCI.....	22
2.2 PRIPOMOČKI.....	22
2.3 POSTOPEK.....	22
2.3.1 MERJENJE PORABE ELEKTRIČNE ENERGIJE FITNES CENTRA SPORTCLUB .....	22
2.3.2 OCENA POTENCIALA PROIZVODNJE ELEKTRIČNE ENERGIJE S CIKLIČNIMI TRENAŽERJI.....	23
2.3.3 SPREJETOST TE TEHNOLOGIJE MED OBISKOVALCI FITNES CENTRA.....	23
3. REZULTATI.....	24
3.1 PORABA ELEKTRIČNE ENERGIJE FITNES CENTRA SPORTCLUB.....	24
3.2 ZASEDENOST CIKLIČNIH TRENAŽERJEV.....	25
3.3 POTENCIAL PROIZVODNJE ELEKTRIČNE ENERGIJE.....	26
3.3.1 OCENA POTENCIALA PROIZVODNJE ELEKTRIČNE ENERGIJE NA PODLAGI PODATKOV PREDHODNIH RAZISKAV.....	26

3.3.2 OCENA POTENCIALA PROIZVODNJE ELEKTRIČNE ENERGIJE NA PODLAGI PODATKOV O POVPREČNI ZMOGLJIVOSTI POSAMEZNIKOV NA KOLESU.....	28
3.3.2 OCENA POTENCIALA PROIZVODNJE ELEKTRIČNE ENERGIJE NA PODLAGI MERITEV NA LASTNEM KONCEPTU TRENAŽERJA, KI PROIZVAJA ELEKTRIČNO ENERGIJO.....	33
3.4 SPREJETOST NOVE TEHNOLOGIJE MED OBISKOVALCI FITNES CENTRA.....	42
4. RAZPRAVA.....	45
5. SKLEP.....	51
6. VIRI.....	53
7. PRILOGE.....	55

# 1. UVOD

Ideja o namestitvi generatorja za proizvodnjo električne energije na kolo je vse prej kot nova. Še starejša je ideja o strojih, ki jih poganja delo ljudi, razumljivo ne vedno po lastni volji. Tako se nam danes ob vsej moderni tehnologiji, ki nam je olajšala težko telesno delo, ideje o poganjanju strojev ali proizvodnji električne energije z lastnim naporom zdijo nesmiselne in zastarele. Vendar pa tudi v vsakdanjiku modernega človeka obstajajo naprave, na katerih sprošča svojo mehansko energijo in to brez namena transporta ali proizvodnje energije, kar se morda zdi še bolj nesmiselno. Najbolj očitno je to ob pogledu na skupino ljudi, ki v fitnes centru zagnano obrača pedala koles ali sorodnih naprav. Gre torej za primer, ko se človeško delo opravlja prostovoljno in ne glede na to ali se ga tudi uporabno izkorišča. Na ta način se večina energije pretvori v toploto.

Kot sem omenil že na začetku je pretvarjanje mehanske energije v električno energijo že dolgo uveljavljen koncept. V primeru, da na trenažer vgradimo generator, bi bilo možno energijo, ki jo vadeči v vsakem primeru sproščajo, pretvoriti v koristno električno energijo. Omenjena tehnologija predstavlja neizkoriščen potencial, ki v širšem merilu sicer pomeni le droben doprinos k celotni proizvodnji električne energije, vendar prinaša tudi mnoge druge koristi: nov vir čiste energije, ozaveščanje javnosti (s pozitivnimi posledicami pri porabi električne energije) in dodatno motivacijo za vadbo v fitnes centrih oz. za vadbo na aerobnih trenažerjih. Možna je tako izdelava novih trenažerjev, ki uporabljajo to tehnologijo, kot tudi predelava že obstoječih. Trenažerja, najbolj smiselna za tak način pridobivanja električne energije, sta kolo in eliptični trenažer. Fitnes center lahko pridobljeno električno energijo uporablja neposredno npr. za napajanje razsvetljave ali jo oddaja v omrežje in si na ta način zmanjša stroške obratovanja. (Barois, Caverly in Marshall, 2010; Blechman idr., 2009).

Pomembno je omeniti še, da v navedenem primeru dejansko ne gre za proizvodnjo energije v klasičnem pomenu, kot npr. pri metodi proizvodnje energije z izgorevanjem fosilnih goriv, ampak samo za zajemanje in pretvarjanje že sproščene energije. Ključna razlika med proizvodnjo in zajemanjem energije je torej, da primarni namen dela, iz katerega zajemamo energijo ni proizvodnja energije. Prav



zato lahko to metodo pridobivanja energije opredelimo kot okolju prijazno (Blechman, 2009).

Glavni namen diplomskega dela je raziskati možnosti uporabe cikličnih trenažerjev za pridobivanje električne energije v slovenskih fitness centrih. V prvem delu je predstavljena tehnologija za pretvarjanje človeškega dela opravljenega na cikličnih trenažerjih v električno energijo, ki je trenutno na trgu že na voljo. Prav tako so v prvem delu navedene pomembnejše ugotovitve predhodnih raziskav. Sledi kratek pregled tehničnih komponent, ki sestavljajo tak koncept.

Drugi del zajema študijo primera, za potrebe katere smo izbrali fitness center Sportclub, ki se nahaja v prostorih Fakultete za šport. Ob tem smo raziskali, koliko energije so sposobni sprostiti predstavniki različnih populacij, kako bi se to odražalo na primeru posameznega trenažerja in kakšne so skupne zmogljivosti fitness centra Sportclub. Za potrebe raziskave smo izdelali tudi lasten koncept.

## **1.2 POMEN FITNESSA**

Beseda fitness izhaja iz angleške besede »fit«, ki pomeni biti pripravljen, zmožen, sposoben, odporen, zdrav in v dobri kondiciji. Beseda »fitness« pa sposobnost, telesno pripravljenost, zdravje (Sila, 2007). Pri nas smo izraz fitness prevzeli in z njim najpogosteje opisujemo poseben zaprt športni objekt (fitness center, fitness studio), ki je največkrat razdeljen v več različnih vadbenih prostorov, v katerih so razporejene posebne vadbene naprave oziroma trenažerji namenjeni telesni vadbi. Vadbeni prostor v fitness centru je glede na značilnosti in namen vadbe ter vrsto trenažerjev najpogosteje razdeljen na dva dela. V enem delu so postavljeni trenažerji, namenjeni vajam za razvijanje moči. Na njih se izvajajo krepilne vaje. Preprostejši so namenjeni le eni vaji (npr. upogibu v komolcu ali iztegnitvi kolena), drugi, bolj zapleteni, pa omogočajo več vaj za različne mišične skupine. Posebnost teh naprav je, da lahko natančno določimo, katero mišico ali mišično skupino nameravamo obremeniti, s kakšno amplitudo giba in pri kako veliki obremenitvi. V drugem delu fitness centra je postavljen »kardio fitness« (kardia: grška beseda - pomeni srce), v katerem so postavljene t.i. kardio (srčne) naprave oziroma kardio trenažerji. Gre pravzaprav za vadbo vzdržljivosti ter dvig funkcionalnih sposobnosti srčno žilnega in dihalnega sistema. Najpogostejše »kardio« naprave so sobna kolesa, tekoče preproge, aparati

za veslanje, za tek na smučeh, simulatorji alpskega smučanja, naprave, ki posnemajo hojo po stopnicah ali v hrib idr. (Sila, 2007).

Vadeči na vseh teh trenažerjih, tako kardio kot tistih, ki so namenjeni vadbi za moč, izvajajo mehansko delo oziroma sproščajo kinetično energijo, ki se nato razprši v obliki toplotne energije. Energijo je možno pretvarjati iz potencialne v kinetično, iz kinetične v toplotno itd. Prav tako je možno vse te oblike energije pretvarjati v uporabno električno energijo. Teoretično bi lahko proizvajali električno energijo s pomočjo katerega koli fitnes trenažerja, vendar pa so zaradi svojih karakteristik bolj primerni »kardio« trenažerji oziroma bolje rečeno ciklični trenažerji, kot sta sobno kolo in simulator teka na smučeh.

Vadba v fitnes centrih postaja iz leta v leto bolj priljubljena med ljudmi. V njih najdejo mesto posamezniki z različnimi cilji in željami ter omogoča vadbo tako rekreativcem kakor vrhunskim športnikom (kot dopolnilni trening). Vse večje zanimanje za vadbo v fitnesu lahko predpisujemo tudi ozaveščenosti o zdravju škodljivih dejavnikov, povezanih s pomanjkanjem gibanja in pasivnim načinom življenja ter o potrebi po telesni aktivnosti. Zdravje in dobro počutje postajata vse bolj cenjeni vrednoti. Tako ni naključje, da je pri nas vadba v fitnesu ena najbolj razširjenih športnih dejavnosti (tabela 1 nazorno prikazuje to dejstvo) (Cerle, 2008).

Tabela 1

*Odstotek odraslih\*, aktivnih na področju fitnesa v letih od 1992 do 2008*

<b>Leto</b>	<b>% aktivnih</b>	<b>Število cca.:</b>
<b>1992</b>	2,7	43.400
<b>1996</b>	5,0	80.000
<b>1997</b>	6,1	97.600
<b>2000</b>	7,7	123.200
<b>2004</b>	8,8	140.800
<b>2004 – 15+</b>	9,7	161.000
<b>2006 – 15+</b>	10,4	172.640
<b>2008 – 15+</b>	9,7	161.000

\*Od leta 2004 naprej so v vzorce anketiranih za potrebe študij slovenskega javnega mnenja vključeni tudi 15-, 16- in 17-letniki. Pred tem so bili vsa leta anketirani samo odrasli – 18 let in več (Sila, 2009).

V Tabeli 1 vidimo, kako se je v letih od 1992 do 2008 spreminjal delež slovenskega prebivalstva, aktivnega na področju fitnesa.

### **1.3 RAZVOJ IDEJE O PROIZVAJANJU ELEKTRIČNE ENERGIJE S POMOČJO ČLOVEŠKEGA DELA**

Najučinkovitejši mehanizem za izkoriščanje človeške energije se je pojavil v poznem 19. Stoletju in sicer poganjanje pedal. Nekateri ta mehanizem še vedno uporabljamo za potrebe transporta, ni pa več dosti primerov uporabe za poganjanje stacionarnih strojev. Od leta 1876 so bila pedala, kakršna še zdaj vidimo na naših kolesih, uporabljena za poganjanje najrazličnejših strojev. Pedala izkoriščajo človeško energijo blizu optimalnega. Naprave lahko s pomočjo pedal poganjamo na dva načina: neposredno prek mehanske povezave ali poganjamo generator, ki nato napaja električno napravo. Z razvojem naprav, ki jih ni mogoče poganjati prek neposredne mehanske povezave, so se raziskave usmerile v proizvodnjo električne energije s pomočjo človeškega dela (Joubert, 2011).

### 1.3.1 PRENOS KONCEPTA V FITNESS CENTRE

Fitness center California v Hong Kongu je bil prvi, ki je ta koncept uporabil v komercialne namene, ko ga je leta 2006 vključil v svojo ponudbo. V fitness centru so pričeli s programom, ki so ga poimenovali »Powered by YOU« (»proizvajate jo VI«). Uporabili so koncept, ki ga je namestil Lucien Gambarota, francoski izumitelj iz trajnostno usmerjenega podjetja Motorwave Group. V ta namen so predelali 13 cikličnih trenažerjev (koles in eliptičnih trenažerjev), ki preko potrebnih tehničnih komponent napajajo sistem razsvetljave. Ti trenažerji so v uporabi 6 do 8 ur na dan ter tako prihranijo 50 % stroškov za razsvetljavo (Sweeney, 2010).



*Slika 1. Spinning vadba v New York Sports Clubs (Gibson, 2011)*

Na Sliki 1 lahko vidimo spinning vadbo na predelanih trenažerjih v New York Sports Clubs.

Kmalu so sledili nekateri ameriški fitnessi kot so The Green Micro Gym, Go Green Fitness in eden izmed centrov New York Sports Clubs. Pri v celoti ekološko usmerjenem The Green Micro Gym so šli še korak naprej, saj svoje stranke za vadbo na predelanih trenažerjih nagrajujejo z boni, unovčljivimi v lokalnih trgovinah. S trenažerji pa ne napajajo le razsvetljave, ampak so priključeni na električno omrežje v katerega oddajajo električno energijo (Sweeney, 2010). V veliko večji meri pa so se za to tehnologijo zavzeli na ameriških univerzah. Na mnogih univerzah imajo več kot

20 predelanih trenažerjev, na University of North Texas (Univerza Severnega Teksasa) pa kar 36. Nekaj takih trenažerjev se poslužuje celo ameriška vojska (ReRev Facilities, 2011).

### 1.3.2 USTANOVITEV PRVIH PODJETIJ NA TEM PODROČJU

Podjetja se delijo na tista, ki proizvajajo svoje lastne trenažerje z vgrajeno tehnologijo in tista, ki predelujejo že obstoječe trenažerje. Med prva spadajo Human Dynamo, SportsArt Fitness in VisCycle. Večinoma so to podjetja, ki ponujajo tudi druge izdelke na področju fitnes opreme in želijo na ta način razširiti svojo ponudbo. Poseben je izdelek podjetja Human Dynamo, saj ima njihovo kolo dodatna pedala za delo rok, s čimer naj bi tudi povečali proizvodnjo električne energije. V drugi skupini pa sta podjetji ReRev in The Green Revolution. ReRev predelujejo predvsem eliptične trenažerje, medtem ko so se pri The Green Revolution specializirali za kolesa.



*Slika 2.* Koncept podjetja Human Dynamo (Sweeny, 2010, v Human Dynamo, 2010)

Na Sliki 2 so kolesa podjetja Human Dynamo, ki preko skupne pogonske gredi poganjajo električni generator.

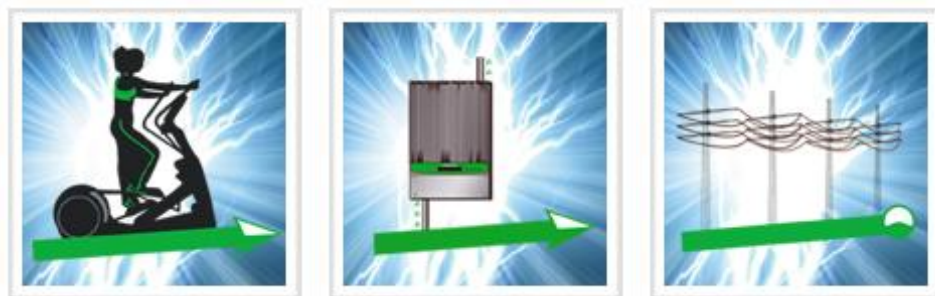
Podjetje Convergence Tech se je odločilo za malce drugačno rešitev. Njihov sistem Pedal-a-Watt je sestavljen iz tehničnih komponent, ki so potrebne, da za proizvodnjo električne energije uporabite kar običajno kolo. Kolo postavite na stojalo in prek zadnjega kolesa poganjate generator. Proizvedena energija se shranjuje v baterijo, preko katere lahko nato napajate manjše električne naprave (The Pedal-A-Watt Stationary Bike Power Generator, 2013). Tak sistem je primeren predvsem za domačo uporabo.

### 1.3 TEHNIČNI GRADNIKI

Pri konceptu pretvarjanja mehanske energije, opravljene na cikličnem trenažerju v električno energijo, lahko izpostavimo dve različni izvedbi:

- Generator enosmerne napetosti → razsmernik → omrežje
- Generator izmenične napetosti → usmernik → razsmernik → omrežje

V primeru shranjevanja električne energije bi potrebovali še akumulator in regulator polnjenja.



Slika 3. Shema sistema ReRev (How it works, 2011)

Na Sliki 3 je prikazan koncept podjetja ReRev, kjer si od leve proti desni sledijo eliptični trenažer z integriranim električnim generatorjem, razsmernik in električno omrežje.

### **1.3.1 ELEKTRIČNI GENERATOR**

Kot smo že ugotovili, potrebujemo za pretvarjanje mehanske energije v električno energijo električni generator. Pri tem mehansko energijo običajno zagotavlja pogonski stroj (parni stroj, vodna, parna, plinska ali vetrna turbina, motor z notranjim izgorevanjem...), v našem primeru človek.

Poznamo izmenične in enosmerne generatorje, ki proizvajajo izmenično ali enosmerno električno napetost in tok ter posledično električno moč. Vsi električni generatorji (razen elektrostatičnih) delujejo na principu električne indukcije. Elektromagnetna indukcija je pojav, pri katerem nastane električna napetost - fizikalna in elektrotehniška količina, določena kot razlika električnega potenciala (Električni potencial, 2013) v vodniku, ki se giblje v magnetnem polju tako, da smer vodnika ne sovpada s smerjo magnetnega polja ali v električnem krogu, postavljenem v spremenljivem magnetnem polju (Elektromagnetna indukcija, 2013). Magnetno polje ustvarimo s trajnimi magneti, ki se običajno uporabljajo v manjših generatorjih ali z elektromagneti v večjih generatorjih (Električni generator, 2013).

### **1.3.2 USMERNIK**

Usmernik uporabljamo za pretvorbo izmeničnega toka (AC) v enosmerni tok (DC). Za izmenični tok se pogosto uporablja kratica AC, iz Angleščine »alternating current«, za enosmerni tok pa DC iz angleščine »direct current«. Osnovni element usmernika je dioda, ki prevaja električni tok le v eni smeri.

### **1.3.3 RAZSMERNIK**

Razsmernik pretvarja enosmerni električni tok, ki ga dobimo iz generatorja ali akumulatorja, v izmenični električni tok. Prek njih lahko pošiljamo proizvedeno enosmerno električno energijo v javno električno omrežje (Gradniki PV sistemov, 2013). Pri tem se mora amplituda in frekvenca napetosti in toka na izhodu iz razsmernika ujemati z vrednostmi v javnem omrežju (Papler, 2012). Razsmernik deluje v določenem napetostnem območju (minimalna in maksimalna napetost) in do neke maksimalne izhodne moči. Pomembna lastnost razsmernika je tudi njegov izkoristek (Gradniki PV sistemov, 2013).

### **1.3.4 REGULATOR**

Regulator polnjenja je elektronska naprava, ki glede na električne parametre sistema, kot so na primer napetost in tok generatorja ter napetost akumulatorskih baterij, skrbi za pravilno polnjenje baterije. Njegova naloga je obenem tudi zaščita baterij pred prenapolnjenjem in pred preglobokim izpraznjenjem (Lenardič, 2009). Regulator bi potrebovali v primeru, da bi v koncept vključili tudi akumulator.

### **1.3.5 AKUMULATOR**

Akumulator ali sekundarna baterija shranjuje energijo, ki jo proizvede generator, ali energijo odda porabniku. Za shranjevanje energije največkrat uporabljamo nikelj-kadmijeve, nikelj-metal-hidridne, svinčeve ali litij-ionske akumulatorje (Gradniki PV sistemov, 2013).

## **1.4 UGOTOVITVE PREDHODNIH RAZISKAV**

Prva raziskava na temo pridobivanja električne energije s pomočjo trenažerjev, na katero smo naleteli, je bila opravljena na University of California, Berkley (Univerza v Kaliforniji, Berkley) v letu 2010. Točneje, nanašala se je na njihov športnorekreacijski center, katerega vsak dan obiše okoli 2800 obiskovalcev. Povprečna poraba električne energije centra znaša 1,6 milijona kWh na leto. Projekt se je osredotočil na tehnično izvedljivost in družbeno koristnost predelave 28-ih eliptičnih trenažerjev, s pomočjo katere bi lahko sproščeno energijo pretvorili v električno ter jo dovajali v omrežje. Povprečno je bilo v mesecu juliju ves čas v uporabi 14 izmed teh trenažerjev. Glede na povprečno zasedenost, povprečno zmogljivost ljudi (eno uro pri 100 W), delovni čas centra in 85 % izkoristek tehničnih komponent so ocenili, da bi lahko na ta način proizvedli 7800 kWh letno. Po ponovnem pregledu obiskanosti centra so ugotovili, da je obisk v mesecu juniju, juliju in avgustu nižji v primerjavi z ostalimi meseci. Ko so ta dejavniki vključili v izračune, so prišli do nove ocene potencialne proizvodnje, in sicer 10000 kWh na leto. Na ta način bi pokrili 0,7 % porabe električne energije športno rekreativnega centra. Kar bi letno znašalo približno 1000 \$ prihrankov. Strošek predelave 28-ih trenažerjev naj bi nanesele okoli 20000 \$, torej bi se naložba povrnila v 20-ih letih. Analiza pri tem ni upoštevala



naraščanja cen električne energije. Glede na to, da te trenažerje menjajo na vsakih 5-7 let, morajo tehnične komponente predelanih trenažerjev dopuščati možnost namestitve na nove trenažerje. Ugotovili so še, da proizvodnja 10000 kWh v elektrarni, ki jih oskrbuje z elektriko, pomeni 3,7 metričnih ton (MT) izpustov CO<sub>2</sub>. V času minimalne življenjske dobe trenažerja bi to pomenilo zmanjšanje izpustov CO<sub>2</sub> za 18,5 MT. Ob izdelavi tehničnih komponent potrebnih za predelavo bi se v ozračje izpustilo 9,9 MT CO<sub>2</sub>, ki bi jih ob prej navedenem zmanjšanju upravičili v 2,7 letih (Haji, Lau in Agogino, 2010).

S pomočjo anketnega vprašalnika so ugotavljali odzive ljudi na predelane trenažerje. V raziskavi je sodelovalo 560 obiskovalcev centra. Rezultati so pokazali, da trenutni obiskovalci fitnesa sicer ne bi obiskovali bolj pogosto, bi pa se pri svoji vadbi raje odločali za predelane trenažerje. Če bi se torej obiskovalci raje kot za tekočo preprogo odločali za alternativne naprave, bi se lahko poraba centra znižala za dodatnih 170000 kWh na leto. To bi prineslo prihranke v višini 17000 \$ in znižanje izpustov CO<sub>2</sub> za 62,9 MT (Haji, Lau in Agogino, 2010).

Naslednja raziskava je bila opravljena na University of British Columbia v Kanadi, prav tako v letu 2010. Analizirali so namestitev 15 ReRev eliptičnih trenažerjev v fitnesu v novih študentskih prostorih. Gre za Precorjeve trenažerje, ki jih je predelalo podjetje ReRev. S povprečno 30 minutno vadbo naj bi proizvedli 50 Wh električne energije, kar je npr. dovolj, da 1 uro napajamo prenosni računalnik. Tako bi ob dnevni uporabi 8 ur zmanjšanje izpustov CO<sub>2</sub> skozi celotno življenjsko dobo trenažerjev močno preseгло količino izpustov ob proizvodnji trenažerjev. Poleg tega je možno ReRev trenažerje reciklirati enako kot ostale večje naprave npr. pralne stroje (Barois, Caverly in Marshall, 2010).

Predstavljene so tudi nekatere ugotovitve raziskave National Center for Environmental Research (Nacionalnega centra za okoljske raziskave) o izobraževalnih vplivih fitnesa opremljenega s trenažerji, ki proizvajajo električno energijo. Sodelujoči v raziskavi so prikazali napredek pri prepoznavanju obnovljivih virov energije in okoljevarstveni ozaveščenosti. Sodelujoči so prav tako prikazali zanimanje za varčevanje z energijo. Fitnes, ki proizvaja energijo, je sodelujoče spodbudil k bolj okoljevarstveno naravnemu vedenju. Tak fitnes naj bi izobraževal o varčevanju z energijo in trajnostni usmerjenosti ter ju hkrati promoviral. Energija v

takem konceptu postane kvantitativna in točno določena (Barois, Caverly in Marshall, 2010).

V Kanadi tak fitnes spada v kategorijo Micro Renewable Energy System (Mikro sistem obnovljive energije). Sem se uvršča vsaka tehnologija z zmogljivostjo pod 5 kWh na posamezno enoto (Barois, Caverly in Marshall, 2010).

Iz leta 2010 je tudi edina dostopna raziskava, ki je bila opravljena na območju Evrope, natančneje na Irskem. Osredotočila se je specifično na napajanje razsvetljave v fitnes centrih s pomočjo že predstavljene tehnologije. Iz pridobljenih podatkov so predpostavili, da so ljudje sposobni proizvesti okoli 50 Wh električne energije v eni uri oz. v primeru kondicijsko boljše pripravljenih posameznikov okoli 100 Wh v eni uri (Sweeny, 2010).

Obiskali so tri fitnes centre ter preverili ali so s to tehnologijo že seznanjeni in ali bi jo bilo smiselno vključiti v njihov fitnes. V obiskanih fitnes centrih so izvedli pregled opreme in sistema razsvetljave. Predstavili so dve ideji za napajanje razsvetljave s pomočjo trenažerjev. Prva se uporablja v že predstavljenem fitnesu California. Posamezen trenažer napaja le luč, ki je v prostoru postavljena nad njim. Če trenažer ni v uporabi, v mikro omrežju ni električne energije in tudi luč ne sveti. Druga ideja predvideva priključitev trenažerjev na celoten sistem razsvetljave. V tem primeru bi se energija shranjevala v baterijo, dokler ne bi bila ta napolnjena in bi nato napajala razsvetlavo. Učinkovitost takega sistema lahko seveda izboljšamo z uporabo varčnih žarnic in regulacijo razsvetljave glede na potrebe. Za izvedbo druge ideje so za tri obiskane fitnese preračunali dobo povračila naložbe. V Lucan Leisure Centre bi ta znašala 14 let in pol, v Iveagh Fitness Centre 19 let in v Westpark Fitness Centre 15 let. Vendar pa bi se že samo s spremembo sistema razsvetljave ta doba v prvem fitnes centru skrajšala na 8 let, v drugem prav tako na 8 let ter v tretjem na 11 let. Z nekaterimi dodatnimi preprostimi energetske ukrepi bi bile te dobe še dosti krajše. Pri vseh je bila upoštevana tudi naložba v omenjene ukrepe (Sweeney, 2010).

Najobsežnejša raziskava je bila opravljena leto pred ostalimi na ameriški University of Maryland (Univerza v Marylandu) za Eppley Recreation Centre (ERC) (Rekreacijski center Eppley). Kot najprimernejši trenažer za proizvodnjo energije so prepoznali kolo, predvsem zato, ker deluje kontinuirano.

Podatke, ki se nanašajo na obiskanost centra in zasedenost trenažerjev, so zbirali s pomočjo anketnih vprašalnikov. Vprašalnike je izpolnilo 600 anketirancev, od tega 298 moških in 297 žensk, nekaj jih ni želelo opredeliti svojega spola. Fitnes center jih obiskuje 443. V povprečju moški v fitnes centru vadijo 3,07 krat na teden, ženske pa 2,70 krat. Na lestvici od 1-10 so ocenjevali svojo pripravljenost za vadbo na trenažerjih, ki proizvajajo električno energijo (10 najvišja pripravljenost, 1 najnižja). 219 jih je svojo pripravljenost ocenilo z 10, 52 z 9, 70 z 8, 33 s 7, 48 s 6, 23 s 5, le eden s 4, po trije pa s 3, 2 in 1. Naslednje vprašanje je ponudilo izbiro med sedanjim fitnes centrom in centrom z novimi predelanimi trenažerji. 48 % anketirancev bi se zelo verjetno odločilo za fitnes z novo opremo medtem, ko se le 3 % zelo verjetno ne bi odločili za to izbiro. Poleg tega bi se 29 % študentov, ki niso načrtovali vpisa v fitnes, precej verjetno odločilo za to potezo, če bi v trenažerje vgradili že večkrat omenjeno tehnologijo. Ta odstotek se je povečal na 50 %, če bi za vadbo na takih trenažerjih nudili spodbudo. Izmed tistih, ki so svojo pripravljenost za vadbo na predelanih trenažerjih ocenili s 7 ali več, je 28 % takih, ki bi bili ob tem pripravljeni plačevati višjo članarino v fitnesu. Prav tako je bilo izmed 29 %, ki bi se v fitnes vpisali zaradi nove tehnologije, 25 % takih, ki bi bili hkrati pripravljeni plačevati višjo članarino. Obiskovalcem fitnes centra so vseeno bolj pomembni finančni dejavniki kot okoljevarstvene koristi ob uvedbi nove tehnologije (Belchman idr., 2009).

V povprečju fitnes center v ERC obišče 298,73 ljudi dnevno. Po uskladitvi podatkov o obiskanosti fitnes centra z univerzitetnim koledarjem, so preračunali povprečno število ljudi v fitnesu na uro. V povprečju je bilo v fitnesu vsako uro 17,72 ljudi. Preračunali so, da so pri tem vsako uro v povprečju v uporabi 4,34 kolesa izmed 25. S pomočjo podatkov, ki so jih posredovali pri The Green Microgym, so izračunali zmogljivost fitnes centra, ki bi v tem primeru znašala 0,217 kWh. Na ta način bi trenutno privarčevali 205,68 \$ na leto. Treba je upoštevati še naraščanje cen energije in veliko pripravljenost za vadbo na predelanih trenažerjih; tako bi v naslednjih letih privarčevali več (Belchman idr., 2009).

Tri izmed štirih dostopnih raziskav so bile opravljene v ogromnih rekreacijskih objektih univerzitetnih centrov. Pridobljena energija v razmerju s porabljeno tako predstavlja le kapljo v morju, ki pa so jo vseeno prepoznali kot pomembno. Ključni pomen so pripisali socialnim koristim, ki jih prinaša ta tehnologija. Ozaveščanje o učinkoviti rabi energije (URE) in obnovljivih virih energije (OVE) je dosti bolj

pomembno od količine proizvedene energije. Bližje nam je raziskava Sweeneya Minimising lightning power within gyms and leisure centers using gym equipment (Zmanjševanje porabe električne energije za razsvetljavo v fitnes centrih, s pomočjo trenažerjev) , saj se tako kot v našem primeru dejansko nanaša na posamezne fitnes centre. V tem primeru energija privarčevana s pomočjo predelanih trenažerjev predstavlja dosti večji delež porabljene energije. Zanimivo je tudi, kako močno se ob preprostih energetske ukrepah skrajša povračilna doba investicije, kar sicer ni tema našega diplomskega dela, bi pa bilo v slovenskih fitnes centrih pomembno preučiti tudi to opcijo.

## **1.5 PROBLEM**

V slovenskih fitnes centrih možnosti uporabe cikličnih trenažerjev za pretvarjanje mehanske energije v električno energijo do sedaj še ni bila raziskana. Analiza možnosti uporabe te tehnologije v slovenskih fitnes centrih je zato osrednji namen tega dela. Proučili smo smiselnost in izvedljivost takega sistema in prednosti, ki jih prinaša. Osredotočili smo se na konkreten fitnes center, in sicer fitnes center Sportclub v Ljubljani. Ugotovili smo povprečno zasedenost cikličnih trenažerjev, ki so najprimernejši za pridobivanje električne energije in nato izračunali potencial proizvodnje električne energije ter posledične finančne prihranke. Usmerili smo se tudi na vidik sprejetosti take tehnologije med obiskovalci fitnes centra. Na tem mestu smo ugotavljali pripravljenost obiskovalcev za vadbo na takih trenažerjih in ali s tem konceptom pri vadečih vzbudimo dodatno motivacijo za vadbo.

## **1.6 CILJI**

1. Oceniti, kolikšen delež celotne porabe električne energije v fitnes centru Sportclub bi bilo možno nadomestiti z uporabo omenjene tehnologije in kakšen bi bil finančni prihranek za obdobje enega meseca.
2. Predvideti kako dobro bi obiskovalci fitnes centra sprejeli ta tip trenažerjev in kako bi to vplivalo na njihovo motivacijo za vadbo.

## 1.7 HIPOTEZE

### H1

- Na podlagi dostopnih podatkov predvidevam, da je možno z uporabo cikličnih trenažerjev, ki mehansko delo pretvarjajo v električno energijo, nadomestiti več kot 10% celotne porabe električne energije fitnes centra Sportclub v Ljubljani.

### H2

- Več kot 75% trenutnih obiskovalcev fitnes centra bi bilo pripravljenih vaditi na trenažerjih, ki proizvajajo električno energijo.

### H3

- Več kot 50% bi jih ob možnosti izbire med fitnes centrom z običajnimi trenažerji in fitnes centrom s trenažerji, ki proizvajajo električno energijo, izbralo drugo možnost; hkrati bi uporaba take opreme v fitnes centru prinesla dodaten motivacijski učinek.

## **2. METODE DELA**

### **2.1 PREIZKUŠANCI**

Vzorec preizkušancev so predstavljali obiskovalci fitness centra Sportclub v Ljubljani, ki so imeli v obdobju razdeljevanja anket aktivno karto, ki vključuje obiskovanje fitnesa ali kombinirano karto, ki poleg fitnesa omogoča tudi obiskovanje drugih storitev. To je bil tudi edini pogoj za sodelovanje v anketi, saj vzorca nismo omejevali z drugimi spremenljivkami kot so spol, starost, trenajni status itn. Anketni vprašalnik je ustrezno izpolnilo 88 obiskovalcev. Od tega je bilo 67 predstavnikov moškega spola in 21 predstavnic ženskega spola. V vzorec smo zajeli obiskovalce v starosti od 16 do 68 let, s povprečno starostjo 31,95 let. Minimalna telesna teža obiskovalca uvrščenega v vzorec je znašala 50 kg, maksimalna pa 112 kg, ob tem je bila povprečna telesna teža obiskovalcev uvrščenih v vzorec 80,36 kg.

### **2.2 PRIPOMOČKI**

Pisna anketa z vprašanji zaprtega tipa (kategorialna).

### **2.3 POSTOPEK**

#### **2.3.1 MERJENJE PORABE ELEKTRIČNE ENERGIJE FITNESS CENTRA SPORTCLUB**

Podatke o mesečni porabi električne energije smo pridobili pri lastniku prostorov – Fakulteti za šport.

### **2.3.2 OCENA POTENCIALA PROIZVODNJE ELEKTRIČNE ENERGIJE S CIKLIČNIMI TRENAŽERJI**

Ocena temelji na dveh podatkih:

1. Podatek o številu in zasedenosti trenažerjev, ki so najbolj primerni za predelavo (kolo, kolo z naklonom, eliptični trenažer).
2. Podatek o količini energije, ki jo je na teh trenažerjih sposoben sprostiti povprečen človek.

Do prvega podatka smo prišli s pomočjo ankete. Anketni vprašalniki so bili med 30. 1. 2013 in 21. 2. 2013 na voljo na recepciji fitnes centra Sportclub v Ljubljani in so jih izpolnjevali naključni obiskovalci. Od anketirancev smo pridobili podatke o tem, kolikokrat tedensko obišejo fitnes center, kako pogosto pri tem uporabljajo ciklične trenažerje ter koliko časa povprečno vadijo na teh trenažerjih. Tako smo za vsakega posameznika iz testiranega vzorca prišli do podatka, koliko časa na teden povprečno vadi na cikličnih trenažerjih v fitnes centru. V naslednji fazi smo izračunali čas vadbe na cikličnem trenažerju povprečnega obiskovalca za obdobje enega tedna. Pridobljeni izračun smo pomnožili s skupnim številom celotne zgoraj omenjene populacije in tako dobili oceno skupnega časa vadbe na cikličnih trenažerjih za obdobje enega tedna ter posledično enega meseca.

Za pridobitev drugega potrebnega podatka smo uporabili tri različne pristope:

- a. Podatke iz predhodnih raziskav.
- b. Podatke o povprečni zmogljivosti ljudi na cikličnih trenažerjih in podatkov o izkoristkih tehničnih komponent predelanega trenažerja.
- c. Lasten koncept predelanega trenažerja, na katerem smo testirali proizvodnjo električne energije predstavnikov različnih populacij.

### **2.3.3 SPREJETOST TE TEHNOLOGIJE MED OBISKOVALCI FITNES CENTRA**

Za analizo rezultatov ankete smo uporabili statistični paket SPSS. Hipotezi H2 in H3 smo analizirali s pomočjo osnovnih opisnih statističnih podatkov v programskem paketu SPSS.

### 3. REZULTATI

#### 3.1 PORABA ELEKTRIČNE ENERGIJE FITNES CENTRA SPORTCLUB

Tabela 2

*Poraba električne energije fitnes centra Sportclub*

<b>Mesec</b>	<b>Poraba električne energije v kWh</b>
<b>April 2012</b>	7.364
<b>Maj 2012</b>	5.954
<b>Junij 2012</b>	7.788
<b>Julij 2012</b>	11.778
<b>Avgust 2012</b>	1.023
<b>September 2012</b>	4.682
<b>Oktober 2012</b>	4.944
<b>November 2012</b>	5.058
<b>December 2012</b>	3.975
<b>Januar 2013</b>	4.700
<b>Februar 2013</b>	4.191
<b>Marec 2013</b>	5.082

S Tabele 2 lahko razberemo vrednosti mesečne porabe električne energije fitnes centra Sportclub, v obdobju med aprilom 2012 in marcem 2013 (podatki računovodske službe Fakultete za šport).

Glede na to, da je poraba fitnes centra odvisna tudi od števila uporabnikov in da se to v različnih mesecih spreminja, smo se odločili, da za nadaljnjo obdelavo uporabimo le podatke za mesec februar 2013, ko je bila tudi izvedena raziskava o zasednosti trenažerjev. Vrednost, ki jo bomo torej upoštevali v nadaljevanju znaša 4.191 kWh.



### 3.2 ZASEDENOST CIKLIČNIH TRENAŽERJEV

Povprečen obiskovalec fitnes centra Sportclub zajet v vzorec v prostorih fitnesa vadi 3,66-krat tedensko, ob tem pri svoji vadbi 1,78-krat tedensko uporabi enega izmed cikličnih trenažerjev (kolo, kolo z naklonom, eliptični trenažer). 31,8 % obiskovalcev cikličnih trenažerjev pri svoji vadbi ne uporablja, 21,6 % na njih vadi enkrat tedensko, 12,5 % dvakrat tedensko, 17 % trikrat tedensko, 8 % štirikrat tedensko, 5,7 % je takih, ki na njih vadijo petkrat tedensko, 3,4 % pa kar šestkrat tedensko. Povprečni obiskovalec tedensko na takem trenažerju vadi 43,6 minut. V obdobju meseca februarja oziroma 28 dni bi to nanoslo 174,4 minut.

Od direktorice fitnes centra Sportclub smo prejeli podatek o številu vseh obiskovalcev, ki so imeli v času razdeljevanja vprašalnikov aktivno karto za fitnes. Teh naj bi bilo 1526. Številka se zdi glede na velikost fitnes centra in opaženo frekvenco obiskovalcev previsoka. Število ne odraža dejanskega stanja aktivnih obiskovalcev, ki redno vadijo v fitnes centru. Ker točnega podatka ni bilo mogoče pridobiti in ker gre le za oceno potenciala proizvodnje električne energije, smo se odločili, da le-to postavimo na osnovi različnih ocen dejanskega stanja. Pridobljen podatek smo uporabili za oceno potenciala najboljšega možnega scenarija. Ostali izračuni temeljijo na različnih ocenah o dejanskem številu aktivnih obiskovalcev. Uporabili smo scenarije, kjer je dejansko aktivnih 2/3, 1/2 in 1/3 obiskovalcev. Izračunali smo torej še potencial za primere 1000, 750 in 500 aktivnih obiskovalcev.

V primeru, da podatke o zasedenosti cikličnih trenažerjev pridobljene na vzorcu s pomočjo anketnega vprašalnika, prenesemo na celotno populacijo, pridemo do skupne zasedenosti za obdobje meseca februarja.

Ta v **najboljšem scenariju** znaša:

174,4 minut x 1526 obiskovalcev = **4435,5 ur**

V scenariju s **1000 aktivnimi obiskovalci**:

174,4 minut x 1000 obiskovalcev = **2906,7 ur**

V scenariju s **750 aktivnimi obiskovalci**:

174,4 minut x 750 obiskovalcev = **2180 ur**

V scenariju s **500 aktivnimi obiskovalci**:

174,4 minut x 500 obiskovalcev = **1453,3 ur**

### **3.3 POTENCIAL PROIZVODNJE ELEKTRIČNE ENERGIJE**

#### **3.3.1 OCENA POTENCIALA PROIZVODNJE ELEKTRIČNE ENERGIJE NA PODLAGI PODATKOV PREDHODNIH RAZISKAV**

Podatki raziskav o električni moči, ki jo je v pogojih dolgotrajne vzdržljivosti (v področju med 65 in 85 % napora/FSmax) na predelanih trenažerjih sposoben proizvajati posameznik si niso povsem enotni in segajo od 50 W do 100 W. Zaradi tega smo se odločili, da postavimo zgornjo in spodnjo mejo ocene potenciala za uporabljeni primer fitnes centra Sportclub. Poleg električne moči potrebujemo še podatek o časovni zasedenosti cikličnih trenažerjev za obdobje enega meseca.

#### **Izračun za najboljši možni scenarij:**

Potencial proizvodnje električne energije<sub>min</sub> =  $P \times t = 50 \text{ W} \times 4435,5 \text{ h} = 221,8 \text{ kWh}$

Kar znaša 5,3 % celotne porabe električne energije fitnes centra Sportclub v mesecu februarju 2013.

Potencial proizvodnje električne energije<sub>max</sub> =  $P \times t = 100 \text{ W} \times 4435,5 \text{ h} = 443,6 \text{ kWh}$

Kar znaša 10,6 % celotne porabe električne energije fitnes centra Sportclub v mesecu februarju 2013.

Zanimali so nas tudi finančni prihranki, ki jih prinaša ta tehnologija. V Sloveniji se porabljen električna energija obračunava po dvojni cenovni tarifi. Cena električne energije je v takem sistemu odvisna od dneva in ure. Višja tarifa (VT) velja ob delavnikih od 06:00 do 22:00, nižja tarifa (MT) pa ob delavnikih od 22:00 do 06:00 ter sobotah in nedeljah. Stroški so razdeljeni na stroške za energijo in stroške za omrežnino. Cena energije v času VT znaša 0,073 € na kWh, cena omrežnine pa 0,042 € na kWh; skupaj torej 0,115 € na kWh. V času MT je cena energije 0,05 € na kWh in cena omrežnine 0,032 € na kWh; skupaj 0,082 € na kWh. Fitnes center

Sportclub je med delavniki odprt od 07:00 do 23:00 ter ob sobotah in nedeljah od 09:00 do 13:00 in od 16:00 do 21:00; skupaj 98 ur na teden. Tako 75 ur na teden obratujejo pri VT in 23 ur pri MT. Povprečna cena električne energije v času njihovega obratovanja znaša 0,107 € na kWh. Pri izračunu stroškov električne energije za končnega uporabnika je potrebno upoštevati še 20 % DDV, ki v tem primeru ceno dvigne na 0,1284 € na kWh. V primeru najboljšega možnega scenarija bi tako mesečni finančni prihranki znašali med 28,5 € in 57,0 €.

#### **Izračun za scenarij s 1000 aktivnimi obiskovalci:**

Potencial proizvodnje električne energije<sub>min</sub> =  $P \times t = 50 \text{ W} \times 2906,7 \text{ h} = 145,4 \text{ kWh}$

Kar znaša 3,5 % celotne porabe električne energije fitnes centra Sportclub v mesecu februarju 2013.

Potencial proizvodnje električne energije<sub>max</sub> =  $P \times t = 100 \text{ W} \times 2906,7 \text{ h} = 290,7 \text{ kWh}$

Kar znaša 7 % celotne porabe električne energije fitnes centra Sportclub v mesecu februarju 2013.

V tem primeru bi mesečni finančni prihranki znašali med 18,7 € in 37,3 €.

#### **Izračun za scenarij s 750 aktivnimi obiskovalci:**

Potencial proizvodnje električne energije<sub>min</sub> =  $P \times t = 50 \text{ W} \times 2180 \text{ h} = 109 \text{ kWh}$

Kar znaša 2,6 % celotne porabe električne energije fitnes centra Sportclub v mesecu februarju 2013.

Potencial proizvodnje električne energije<sub>max</sub> =  $P \times t = 100 \text{ W} \times 2180 \text{ h} = 218 \text{ kWh}$

Kar znaša 5,2 % celotne porabe električne energije fitnes centra Sportclub v mesecu februarju 2013.

V tem primeru bi mesečni finančni prihranki znašali med 14,0 € in 28,0 €.

#### **Izračun za scenarij s 500 aktivnimi obiskovalci:**

Potencial proizvodnje električne energije<sub>min</sub> =  $P \times t = 50 \text{ W} \times 1453,3 \text{ h} = 72,7 \text{ kWh}$

Kar znaša 1,7 % celotne porabe električne energije fitnes centra Sportclub v mesecu februarju 2013.

Potencial proizvodnje električne energije<sub>max</sub> = P x t = 100 W x 1453,3 h = 145,3 kWh

Kar znaša 5,3 % celotne porabe električne energije fitnes centra Sportclub v mesecu februarju 2013.

V tem primeru bi mesečni finančni prihranki znašali med 9,3 € in 18,6 €.

### **3.3.2 OCENA POTENCIALA PROIZVODNJE ELEKTRIČNE ENERGIJE NA PODLAGI PODATKOV O POVPREČNI ZMOGLJIVOSTI POSAMEZNIKOV NA KOLESU**

Do ocene potenciala fitnes centra za proizvodnjo električne energije smo na tem mestu prišli s pomočjo sledečih podatkov:

#### **1. Podatek: povprečna energijska poraba posameznikov**

Te podatke smo pridobili v knjigi W. D. McArdla – Exercise physiology, kjer je navedena energijska poraba posameznikov v časovnem intervalu glede na njihovo telesno težo.

Tabela 3  
*Poraba energije pri kolesarjenju (McArdle, Katch in Katch, 1996)*

Telesna teža (kg)	Hitrost kolesarjenja		
	8,8 km/h	15 km/h	tekmovalna, visoka
	kcal/min		
47	3,0	4,8	8,0
50	3,2	5,0	8,5
53	3,4	5,3	9,0
56	3,6	5,6	9,5
59	3,8	5,9	10,0
62	4,0	6,2	10,5
65	4,2	6,5	11,0
68	4,4	6,8	11,5
71	4,5	7,1	12,0
74	4,7	7,4	12,5
77	4,9	7,7	13,0
80	5,1	8,0	13,5
83	5,3	8,3	14,0
86	5,5	8,6	14,5
89	5,7	8,9	15,0
92	5,9	9,2	15,5
95	6,1	9,5	16,1
98	6,3	9,8	16,6

V Tabeli 3 je prikazana energijska poraba ljudi pri kolesarjenju glede na njihovo telesno težo in intenzivnost oziroma hitrost kolesarjenja (McArdle idr., 1996).

Za vsakega posameznika zajetega v vzorec, smo s pomočjo podatkov iz zgornje tabele in podatkov iz ankete o trajanju vadbe na cikličnih trenažerjih izračunali njegovo energijsko porabo pri vadbi na cikličnih trenažerjih za obdobje enega tedna. Nato smo izračunali povprečno energijsko porabo obiskovalcev za obdobje enega tedna ter posledično enega meseca. Porabo smo računali pri hitrosti kolesarjenja 8,8 km/h in pri hitrosti 15 km/h. Povprečen obiskovalec fitnes centra Sportclub bi pri vadbi na cikličnih trenažerjih enakovredni kolesarjenju pri 8,8 km/h v obdobju meseca

februarja porabil 866,1 kcal. Pri vadbi na cikličnih trenažerjih enakovredni kolesarjenju pri 15 km/h pa 1351,8 kcal.

## **2. Podatek: mehanska učinkovitost človeškega telesa**

Mehanska učinkovitost je odstotek celotne porabljene kemične energije, ki doprinese k eksternemu delu, ostalo se izgubi v obliki toplotne energije. Mehanska učinkovitost človeškega telesa se giblje med 20 % in 30 % (McArdle, 1996). Običajno v literaturi navajajo srednjo vrednost, torej 25 %. To vrednost smo tudi uporabili v naših izračunih.

## **3. Podatek: izkoristek tehničnih gradnikov pri pretvarjanju mehanske energije v električno energijo**

Za izkoristek razsmernikov smo uporabili podatke, ki veljajo za razsmernike, ki se uporabljajo v fotonapetostnih sistemih, vendar pa bi bili nekateri izmed njih tudi možna izbira za naš koncept. Zaradi enostavnejše primerjave razsmernikov je v uporabi parameter imenovan evroučinkovitost. Evroučinkovitost je pokazatelj učinkovitosti v realnih pogojih delovanja oz. pri različnih obremenitvah razsmernika. Najpogosteje navedene vrednosti znašajo od 92 % do 97 % (Papler, 2012). Za potrebe naših izračunov smo uporabili srednjo vrednost 94 %.

Delovanje generatorjev je v splošnem ravno obratno delovanju elektromotorjev (Električni generator, 2013) . Za naše potrebe se zaradi tega zdi smiselna uporaba električnega motorja Wheel-In, ki običajno poganja električna kolesa, vendar pa ga je prav tako možno uporabiti kot generator električne energije. Po pregledu ponudbe na trgu smo ugotovili, da se izkoristek takih elektromotorjev giblje okoli 80 %.

## **4. Podatek: število aktivnih obiskovalcev**

- To je v najboljšem scenariju 1526,
- scenarij s 1000 aktivnimi obiskovalci,
- scenarij s 750 aktivnimi obiskovalci in
- scenarij s 500 aktivnimi obiskovalci.

## IZRAČUNI

potencial proizvedene električne energije v obdobju enega meseca = povprečna energijska poraba x pretvornik v džule x mehanska učinkovitost človeškega telesa x pretvornik v kilovatne ure x izkoristek generatorja x izkoristek razsmernika x število obiskovalcev

### **1526 obiskovalcev pri vadbi na cikličnih trenažerjih enakovredni kolesarjenju pri 8,8 km/h:**

potencial proizvedene električne energije v obdobju enega meseca =  $866,1 \text{ kcal} \times 4,2 \times 0,25 \times 2,778 \times 10^{-4} \times 0,8 \times 0,94 \times 1526 = 0,19 \text{ kWh} \times 1526 = \mathbf{289,9 \text{ kWh}}$

Kar znaša 6,9 % celotne porabe električne energije fitnes centra Sportclub v mesecu februarju 2013.

Mesečni finančni prihranek = 37,2 €

### **1000 obiskovalcev pri vadbi na cikličnih trenažerjih enakovredni kolesarjenju pri 8,8 km/h:**

potencial proizvedene električne energije v obdobju enega meseca =  $866,1 \text{ kcal} \times 4,2 \times 0,25 \times 2,778 \times 10^{-4} \times 0,8 \times 0,94 \times 1000 = 0,19 \text{ kWh} \times 1000 = \mathbf{190 \text{ kWh}}$

Kar znaša 4,5 % celotne porabe električne energije fitnes centra Sportclub v mesecu februarju 2013.

Mesečni finančni prihranek = 24,4 €

### **750 obiskovalcev pri vadbi na cikličnih trenažerjih enakovredni kolesarjenju pri 8,8 km/h:**

potencial proizvedene električne energije v obdobju enega meseca =  $866,1 \text{ kcal} \times 4,2 \times 0,25 \times 2,778 \times 10^{-4} \times 0,8 \times 0,94 \times 750 = 0,19 \text{ kWh} \times 750 = \mathbf{142,5 \text{ kWh}}$

Kar znaša 4,3 % celotne porabe električne energije fitnes centra Sportclub v mesecu februarju 2013.

Mesečni finančni prihranek = 18,3 €

**500 obiskovalcev pri vadbi na cikličnih trenažerjih enakovredni kolesarjenju pri 8,8 km/h:**

potencial proizvedene električne energije v obdobju enega meseca =  $866,1 \text{ kcal} \times 4,2 \times 0,25 \times 2,778 \times 10^{-4} \times 0,8 \times 0,94 \times 500 = 0,19 \text{ kWh} \times 500 = \mathbf{95 \text{ kWh}}$

Kar znaša 2,3 % celotne porabe električne energije fitnes centra Sportclub v mesecu februarju 2013.

Mesečni finančni prihranek = 12,2 €

**1526 obiskovalcev pri vadbi na cikličnih trenažerjih enakovredni kolesarjenju pri 15 km/h:**

potencial proizvedene električne energije v obdobju enega meseca =  $1351,8 \text{ kcal} \times 4,2 \times 0,25 \times 2,778 \times 10^{-4} \times 0,8 \times 0,94 \times 1526 = 0,297 \text{ kWh} \times 1526 = \mathbf{453,2 \text{ kWh}}$

Kar znaša 10,8 % celotne porabe električne energije fitnes centra Sportclub v mesecu februarju 2013.

Mesečni finančni prihranek = 58,2 €

**1000 obiskovalcev pri vadbi na cikličnih trenažerjih enakovredni kolesarjenju pri 15 km/h:**

potencial proizvedene električne energije v obdobju enega meseca =  $1351,8 \text{ kcal} \times 4,2 \times 0,25 \times 2,778 \times 10^{-4} \times 0,8 \times 0,94 \times 1000 = 0,297 \text{ kWh} \times 1000 = \mathbf{297 \text{ kWh}}$

Kar znaša 7,1 % celotne porabe električne energije fitnes centra Sportclub v mesecu februarju 2013.

Mesečni finančni prihranek = 38,1 €

**750 obiskovalcev pri vadbi na cikličnih trenažerjih enakovredni kolesarjenju pri 15 km/h:**

potencial proizvedene električne energije v obdobju enega meseca =  $1351,8 \text{ kcal} \times 4,2 \times 0,25 \times 2,778 \times 10^{-4} \times 0,8 \times 0,94 \times 750 = 0,297 \text{ kWh} \times 750 = \mathbf{222,8 \text{ kWh}}$

Kar znaša 5,3 % celotne porabe električne energije fitnes centra Sportclub v mesecu februarju 2013.



Mesečni finančni prihranek = 28,6 €

### **500 obiskovalcev pri vadbi na cikličnih trenažerjih enakovredni kolesarjenju pri 15 km/h:**

potencial proizvedene električne energije v obdobju enega meseca =  $1351,8 \text{ kcal} \times 4,2 \times 0,25 \times 2,778 \times 10^{-4} \times 0,8 \times 0,94 \times 500 = 0,297 \text{ kWh} \times 500 = \mathbf{148,5 \text{ kWh}}$

Kar znaša 3,5 % celotne porabe električne energije fitnes centra Sportclub v mesecu februarju 2013.

Mesečni finančni prihranek = 19,1 €

## **3.3.2 OCENA POTENCIALA PROIZVODNJE ELEKTRIČNE ENERGIJE NA PODLAGI MERITEV NA LASTNEM KONCEPTU TRENAŽERJA, KI PROIZVAJA ELEKTRIČNO ENERGIJO**

### **3.3.2.1 Opis koncepta**

Glavni cilj pri izdelavi lastnega koncepta je bil, da se električno energijo, pridobljeno s pomočjo trenažerja, oddaja neposredno v električno omrežje. Kot je že bilo ugotovljeno, za realizacijo projekta poleg električnega generatorja potrebujemo še ustrezen razsmernik, ki enosmerni električni tok pretvarja v izmenični električni tok. Ob tem mora razsmernik amplitudo in frekvenco napetosti in toka na izhodu prilagajati vrednostim v javnem omrežju.

Naš koncept so sestavljali DC krtačni električni generator (proizvajalec: ZheJiang Unite Motor Co., Ltd; model: MY1016; moč: 250 W; napetost: 24 V), pritrjen na stojalo kolesarskega trenažerja, kolo in razsmernik (proizvajalec: Ningbo National Hi-Tech Park Sunshine Technology Co., Ltd; model: SUN-300G\_WDL; izhodna (AC) moč: 270 W; maksimalna izhodna (AC) moč: 300W; vhodna napetost: 10,8 - 30 VDC). Kolo smo pričvrstili na trenažer tako, da je prek zadnje pnevmatike poganjal električni generator. Električni generator je proizvajal enosmerni električni tok. S povezovalnimi kabli smo generator povezali z razsmernikom. Razsmernik smo preko

lokalnega električnega merilnika priključili na običajno vtičnico in tako proizvedeno električno energijo oddajali v javno omrežje.

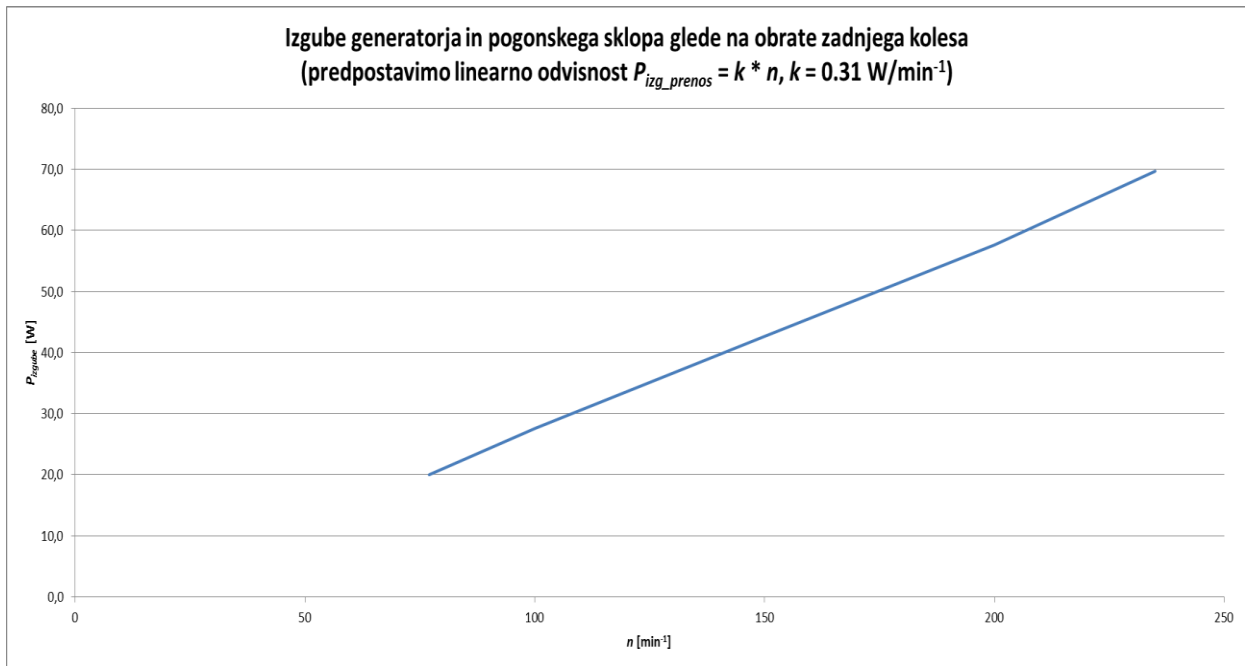


*Slika 4.* Gradniki lastnega koncepta trenažerja (osebni arhiv)

Na Sliki 4 vidimo zadnjo zračnico kolesa, pritrjeno na stojalo kolesarskega trenažerja, električni generator, povezovalne kable in razsmernik.

Pred opravljenimi meritvami proizvodnje električne energije s pomočjo sestavljenega koncepta smo izmerili tudi izkoristek posameznih gradnikov.

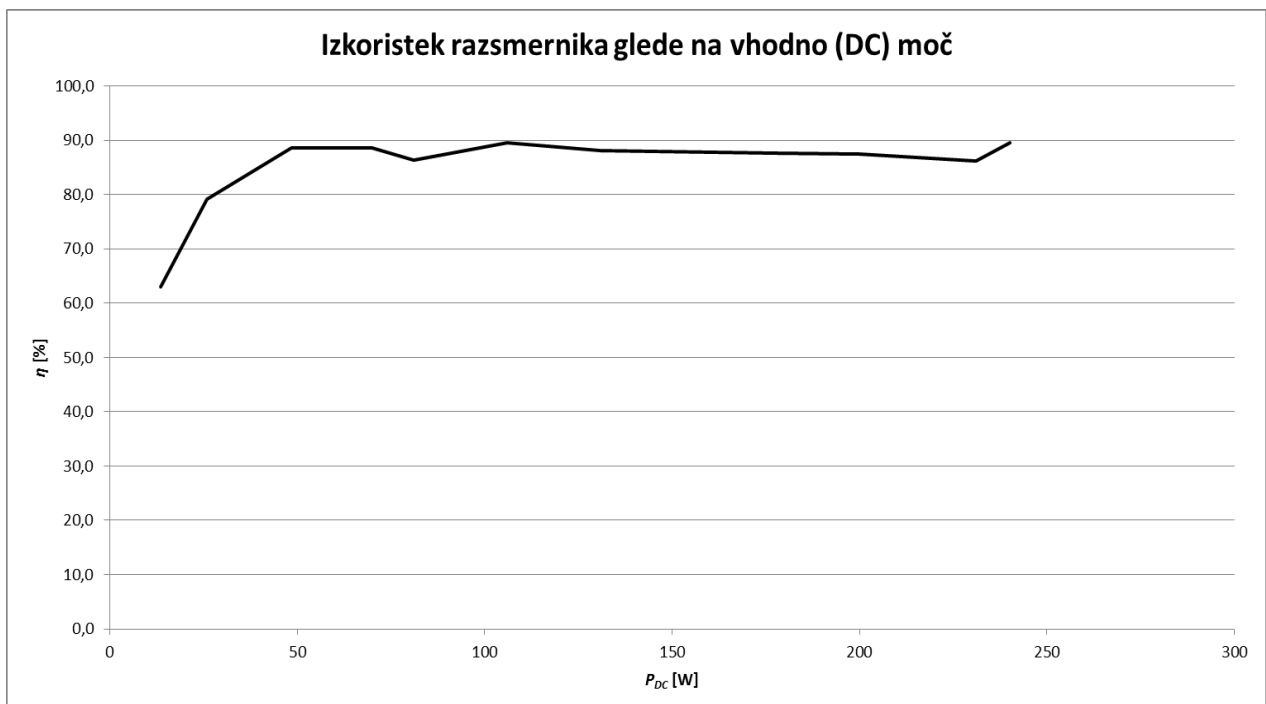
Električne izgube generatorja predstavljajo uporovne izgube v navitju in na krtačkah. Do pomembnih izgub prihaja tudi v pogonskem sklopu na stiku pnevmatike z osjo generatorja.



**Slika 5.** Izgube generatorja in pogonskega sklopa glede na obrate zadnjega kolesa (B. Kirn, osebna komunikacija, april 2013)

Na Sliki 5 so prikazani rezultati meritev izgub generatorja in pogonskega sklopa v odvisnosti od števila obratov na minuto zadnjega kolesa.

Seveda nas je zanimal tudi izkoristek uporabljenega razsmernika.



**Slika 6.** Izkoristek razsmernika glede na vhodno (DC) moč (B. Kirn, osebna komunikacija, april 2013)

Slika 6 prikazuje izkoristek uporabljenega razsmernika, izmerjenega s pomočjo simulatorja, glede na električno moč, ki jo vanj dovajamo. Pri vhodni moči nad 50 W privzamemo izkoristek 88 %.

### **3.3.2.2 Meritve**

Z meritvami smo ugotavljali, koliko električne energije oz. kakšno električno moč ustvari povprečen posameznik na sestavljenem konceptu pri zmerni aerobni obremenitvi.

#### **Preizkušanci**

Preizkušanci so bili naključno izbrani prostovoljci, večinoma so bili to zaposleni s Fakultete za elektrotehniko. Starost preizkušancev je bila med 22 in 59 let, s povprečno starostjo 33,1 let. Njihova telesna teža se je gibala od 52 do 95 kilogramov, s povprečjem 77,1 kilogramov.

#### **Pripomočki**

- Koncept trenažerja, ki proizvaja električno energijo
- Merilec frekvence srca (Polar RS400)
- Merilec proizvedene električne energije

#### **Postopek**

Preizkušancem smo s pomočjo frekvence srca določili interval napora, znotraj katerega so opravljali testiranje. Na podlagi največje frekvence srca (FS max), ki je bila ocenjena z enačbo –  $FS\ max = 220 - \text{starost}$ , smo določili spodnjo in zgornjo mejo napora. Spodnja meja je bila postavljena pri 80 % FS max, zgornja pa pri 85 % FS max. Testiranje je trajalo 10 minut. Prvih 5 minut so preizkušanci postopoma stopnjevali intenzivnost do določenega intervala napora. Sledilo je 5 minut vztrajanja znotraj intervala napora določenega s frekvenco srca. V tem delu testiranja smo merili proizvedeno električno energijo oziroma povprečno električno moč, ki smo jo v tem času pošiljali v omrežje. Preizkušanci so srčni utrip spremljali s pomočjo merilnika frekvence srca.

## Rezultati meritev

Tabela 4

Vrednosti, ki so jih na testiranju dosegali merjenci (B. Kirn, osebna komunikacija, april 2013)

Merjenec	E [kWh]	P povprečna (E/t) [W]	Izračunana moč človeka [W]	Izkoristek sistema [%]
1	0,007	84	176,24	47,66
2	0,006	72	155,34	46,35
3	0,0055	66	143,54	45,98
4	0,005	60	130,24	46,07
5	0,002	24	73,01	32,87
6	0,0045	54	121,87	44,31
7	0,005	60	134,97	44,46
8	0,0035	42	108,29	38,78
9	0,005	60	138,27	43,39
<b>Povprečje</b>	0,0048	58	131,31	43,32

Tabela 4 prikazuje količino proizvedene energije, povprečno električno moč na izhodu, izračunano moč merjencev in izkoristek sistema. Električna moč proizvedena pri aerobnem naporu znotraj intervala 80 – 85 % FS max je pri povprečnem preizkušancu znašala 58 W.

## IZRAČUNI

potencial proizvedene električne energije v obdobju enega meseca = električna moč povprečnega preizkušanca x čas zasedenosti trenažerjev

### 1526 obiskovalcev pri aerobni vadbi na cikličnih trenažerjih:

potencial proizvedene električne energije v obdobju enega meseca =  $P \times t = 58 \text{ W} \times 4435,5 \text{ h} = 257,3 \text{ kWh}$

Kar znaša 6,1 % celotne porabe električne energije fitness centra Sportclub v mesecu februarju 2013.

Mesečni finančni prihranek = 33 €

### **1000 obiskovalcev pri aerobni vadbi na cikličnih trenažerjih:**

potencial proizvedene električne energije v obdobju enega meseca =  $P \times t = 58 \text{ W} \times 2906,7 \text{ h} = \mathbf{168,6 \text{ kWh}}$

Kar znaša 4,0 % celotne porabe električne energije fitnes centra Sportclub v mesecu februarju 2013.

Mesečni finančni prihranek 21,6 €

### **750 obiskovalcev pri aerobni vadbi na cikličnih trenažerjih:**

potencial proizvedene električne energije v obdobju enega meseca =  $P \times t = 58 \text{ W} \times 2180 \text{ h} = \mathbf{126,4 \text{ kWh}}$

Kar znaša 3,0 % celotne porabe električne energije fitnes centra Sportclub v mesecu februarju 2013.

Mesečni finančni prihranek = 16,2 €

### **500 obiskovalcev pri aerobni vadbi na cikličnih trenažerjih:**

potencial proizvedene električne energije v obdobju enega meseca =  $P \times t = 58 \text{ W} \times 1453,3 \text{ h} = \mathbf{84,3 \text{ kWh}}$

Kar znaša 2,0 % celotne porabe električne energije fitnes centra Sportclub v mesecu februarju 2013.

Mesečni finančni prihranek = 10,8 €

### **3.3.2.3 Meritve na drugi verziji lastnega trenažerja, ki proizvaja električno energijo**

Glede na to, da so bili izkoristki prvega preizkušane sistema izredno nizki (pod 50 %), smo se odločili, da preizkusimo še drugo verzijo lastnega trenažerja. Pri drugi verziji smo uporabili sobno kolo in zamenjali električni generator. Kot generator smo uporabili brezkrtačni trofazni motor (BLDC; proizvajalec: Suzhou Bafang Electric Motor Science-Technology Co., Ltd; model: 8FUN SWXH 250 W; moč: 250 W; napetost: 24 V), ki se ga sicer uporablja za poganjanje električnih koles in je vgrajen

direktno v pesto kolesa. Da bi motor deloval kot generator, ga je bilo treba predelati. Sklopka v motorju ni dovoljevala vrtenja v nasprotno smer kot se to dogaja pri delovanju motorja. Sklopko smo zato mehansko blokirali.



*Slika 7. Notranjost električnega motorja oziroma generatorja (osebni arhiv)*

Na Sliki 7 je vidna notranjost električnega motorja, ki smo ga kot generator uporabili v drugi verziji lastnega koncepta trenažerja. V zgornjem obroču je nameščena sklopka, ki smo jo morali blokirati.

Za povezavo generatorja z razsmernikom je bil potreben še Grecov usmerniški spoj diod, ki električni tok pridobljen z generatorjem pretvori v enosmernega. Za pretvorbo enosmernega toka v izmeničnega pa smo uporabili isti razsmernik kot v prejšnjem primeru. Postopek meritev iz prejšnjega primera smo ponovili le z enim merjencem, saj nas je zanimalo doseženo relativno povečanje količine električne energije oddane v omrežje.



Slika 8. Druga verzija lastnega koncepta trenažerja (osebni arhiv)

Na Sliki 8 vidimo pogonski sklop in generator tipa Wheel-in, ki smo ga namestili na sobno kolo. Dodali smo še zobnike in menjalnik.

Tabela 5

*Primerjava meritev z različnima lastnima konceptoma trenažerja*

Merjenec	E [kWh]	P povprečna (E/t) [W]	P minimalna [W]	P maksimalna [W]
1	0,007	84	62	109
1'	0,011	132	83	166

*Legenda: 1 – meritve na prvi verziji trenažerja, 1' – meritve na drugi verziji trenažerja*

V Tabeli 5 so prikazane vrednosti proizvedene električne energije, povprečne električne moči, najmanjše električne moči in največje električne moči za istega merjenca na dveh različnih konceptih trenažerja.

Pri merjencu 1 smo z drugo verzijo trenažerja zaznali 57 % izboljšanje pri povprečni električni moči oddani v omrežje. Za oceno proizvodnje električne energije z drugo verzijo trenažerja smo to izboljšanje prenesli na ostale merjence, ki so meritve



opravili le na prvi verziji trenažerja. Povprečna proizvedena električna moč merjencev oddana v omrežje bi v tem primeru znašala 91 W. To vrednost smo uporabili pri nadaljnjih izračunih.

## **IZRAČUNI**

potencial proizvedene električne energije v obdobju enega meseca = električna moč povprečnega preizkušanca x čas zasedenosti trenažerjev

### **1526 obiskovalcev pri aerobni vadbi na cikličnih trenažerjih:**

potencial proizvedene električne energije v obdobju enega meseca =  $P \times t = 91 \text{ W} \times 4435,5 \text{ h} = \mathbf{403,6 \text{ kWh}}$

Kar znaša 9,6 % celotne porabe električne energije fitnes centra Sportclub v mesecu februarju 2013.

Mesečni finančni prihranek = 51,8 €

### **1000 obiskovalcev pri aerobni vadbi na cikličnih trenažerjih:**

potencial proizvedene električne energije v obdobju enega meseca =  $P \times t = 91 \text{ W} \times 2906,7 \text{ h} = \mathbf{264,5 \text{ kWh}}$

Kar znaša 6,3 % celotne porabe električne energije fitnes centra Sportclub v mesecu februarju 2013.

Mesečni finančni prihranek 34,0 €

### **750 obiskovalcev pri aerobni vadbi na cikličnih trenažerjih:**

potencial proizvedene električne energije v obdobju enega meseca =  $P \times t = 91 \text{ W} \times 2180 \text{ h} = \mathbf{198,4 \text{ kWh}}$

Kar znaša 4,7 % celotne porabe električne energije fitnes centra Sportclub v mesecu februarju 2013.

Mesečni finančni prihranek = 25,5 €

### 500 obiskovalcev pri aerobni vadbi na cikličnih trenažerjih:

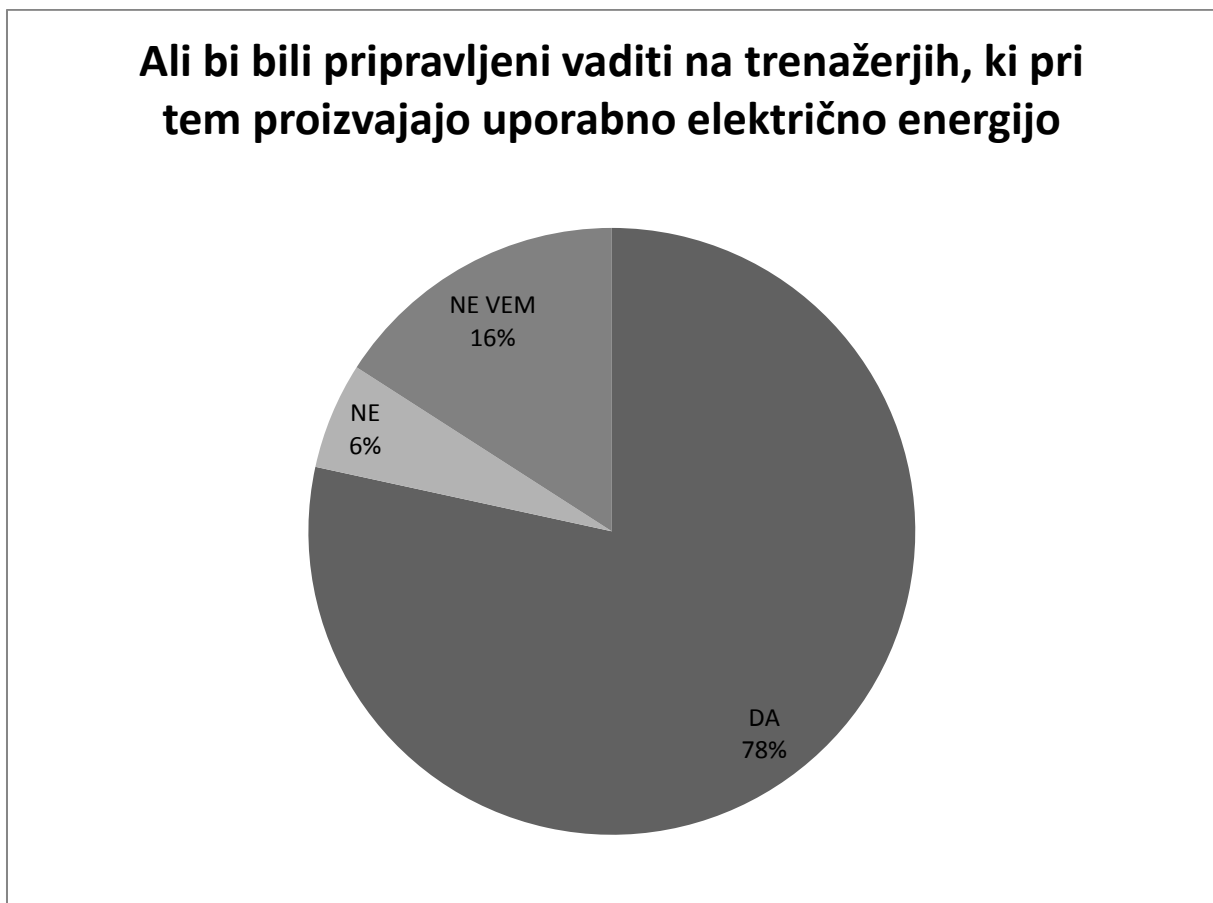
potencial proizvedene električne energije v obdobju enega meseca =  $P \times t = 91 \text{ W} \times 1453,3 \text{ h} = 132,3 \text{ kWh}$

Kar znaša 3,2 % celotne porabe električne energije fitnes centra Sportclub v mesecu februarju 2013.

Mesečni finančni prihranek = 17,0 €

### 3.4 SPREJETOST NOVE TEHNOLOGIJE MED OBISKOVALCI FITNES CENTRA

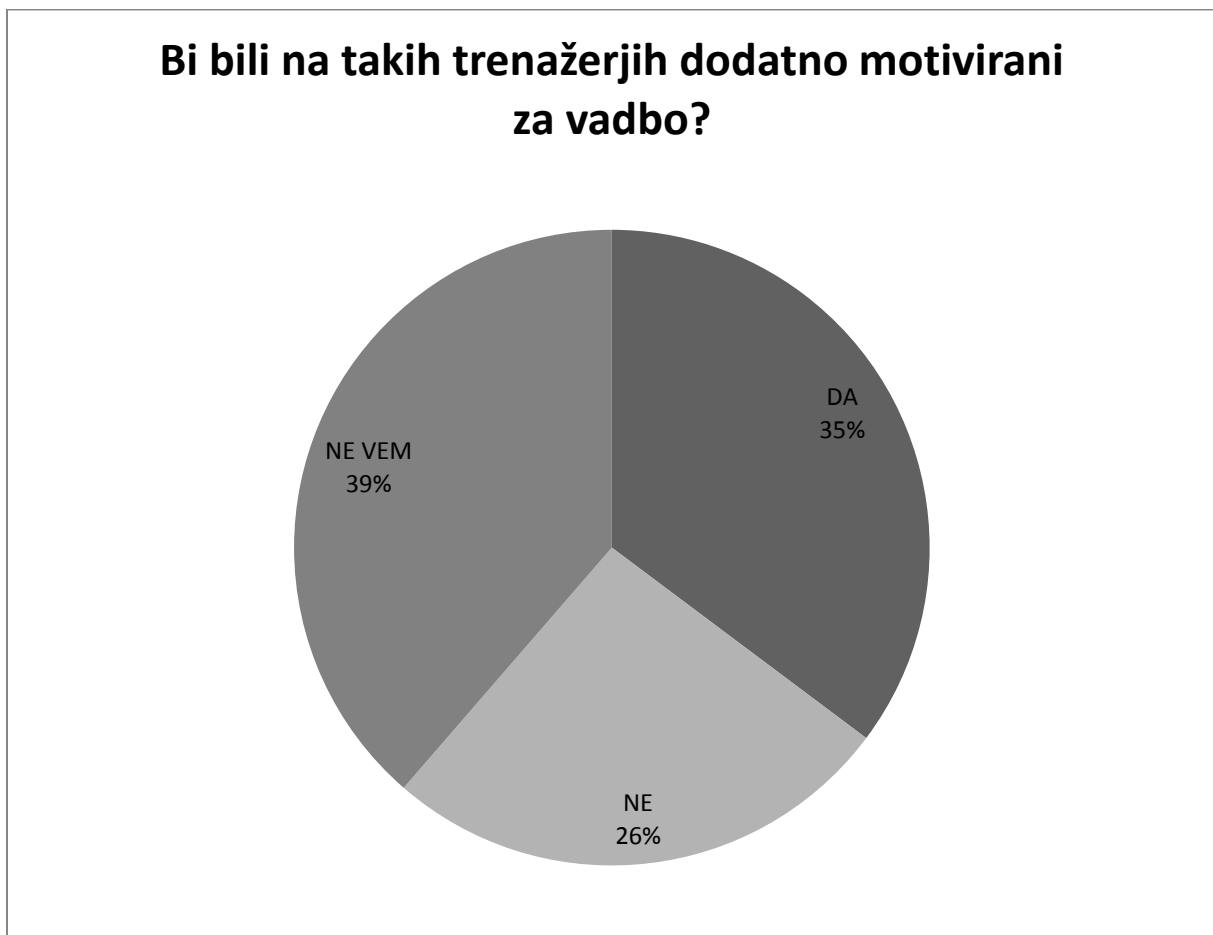
Najprej nas je zanimalo, ali bi bili obiskovalci fitnes centra sploh pripravljeni vaditi na trenažerjih, ki ob tem proizvajajo električno energijo.



Slika 9. Pripravljenost za vadbo na predelanih trenažerjih

Na Sliki 9 vidimo razporeditev odgovorov na vprašanje o pripravljenosti za vadbo na trenažerjih, ki imajo vgrajeno tehnologijo za pretvarjanje mehanske energije v električno energijo.

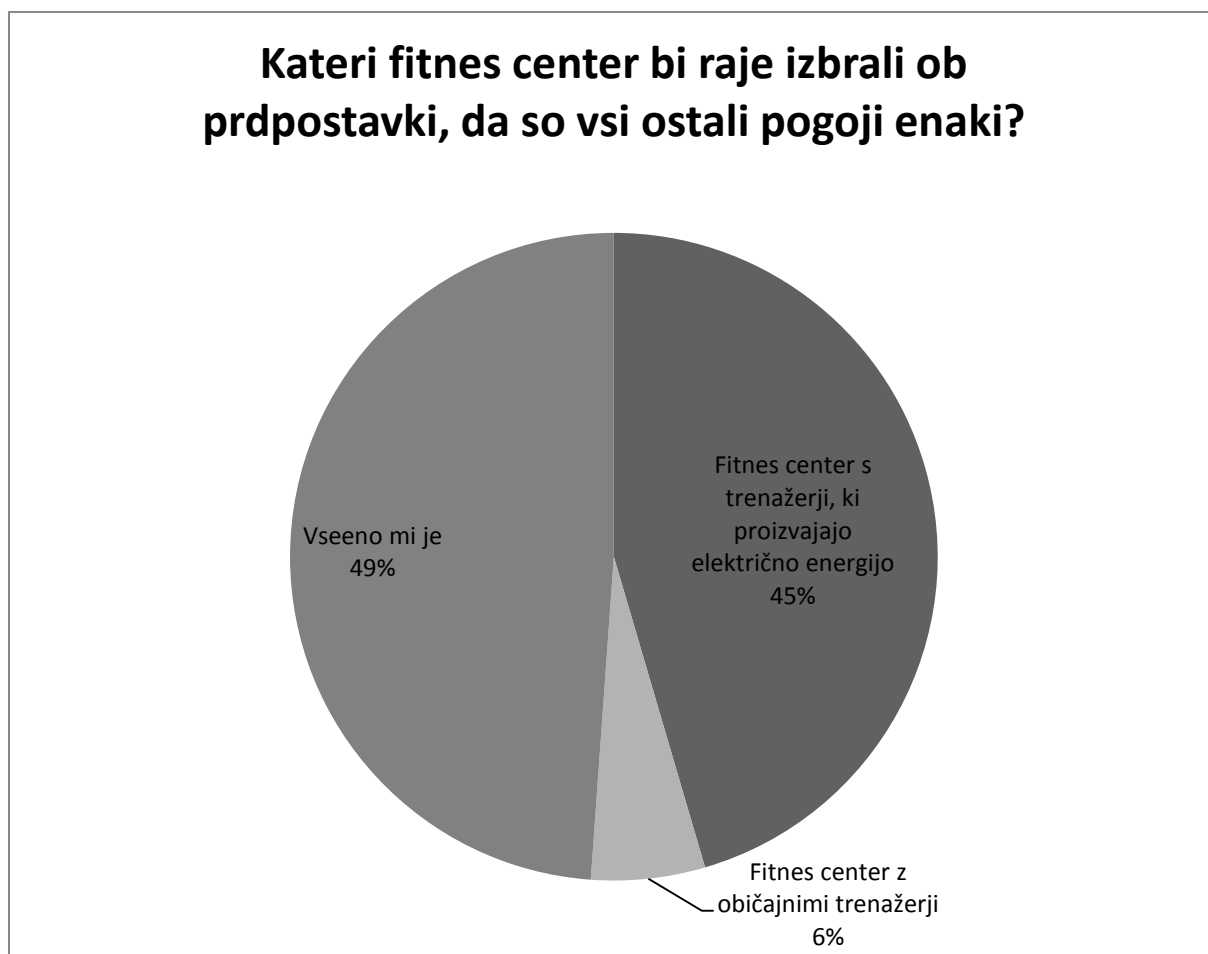
Naslednje vprašanje se je nanašalo na njihovo motivacijo ob vadbi na trenažerjih, ki proizvajajo električno energijo.



*Slika 10. Motivacija ob vadbi na predelanih trenažerjih*

Na Sliki 10 vidimo, koliko obiskovalcev bi bilo ob uporabi nove tehnologije na cikličnih trenažerjih dodatno motiviranih za vadbo oz. na koliko obiskovalcev to ne bi imelo vpliva ali pa še ne vedo, kakšen vpliv na njihovo motivacijo bi to prineslo.

Zanimalo nas je tudi, kateri fitness bi raje izbrali ob ponujenih možnostih.



*Slika 11. Izbira fitness centra*

Koliko obiskovalcev bi ob enakih pogojih raje izbralo fitness center s trenažerji, ki proizvajajo električno energijo kot fitness center z običajnimi trenažerji vidimo na Sliki 11.

## 4. RAZPRAVA

Glavni namen diplomskega dela je bil raziskati možnosti proizvodnje električne energije s pomočjo cikličnih trenažerjev v slovenskih fitnes centrih. Zanimalo nas je, koliko električne energije bi proizvedli obiskovalci fitnes centra Sportclub v Ljubljani, če bi vsa kolesa, kolesa z naklonom in eliptične trenažerje predelali tako, da bi mehansko energijo sproščeno na njih pretvarjali v električno energijo. Tekom raziskave smo prišli do naslednjih pomembnejših ugotovitev:

- Povprečen posameznik lahko na predelanem trenažerju v pogojih dolgotrajne vzdržljivosti proizvaja od 50 W do 100 W električne moči.
- Električno energijo pridobljeno s pomočjo predelanega trenažerje je mogoče ob uporabi ustreznega razsmernika oddajati neposredno v električno omrežje.
- Obiskovalci fitnes centra Sportclub v Ljubljani bi v najboljšem možnem scenariju na ta način nadomestili več kot 10 % porabljene električne energije.
- Uporaba nove tehnologije bi bil med obiskovalci fitnes centra Sportclub v Ljubljani dobro sprejeta in prinaša pozitiven marketinški vpliv.
- Izkoristke predelanih trenažerjev je mogoče z uporabo ustrezne regulacije dodatno povečati, kar bi omogočilo tudi večjo proizvodnjo električne energije.

Ocene potenciala za proizvodnjo električne energije fitnes centra Sportclub v Ljubljani smo se lotili na tri različne načine: s pomočjo podatkov zabeleženih v predhodnih raziskavah, s pomočjo podatkov o povprečni zmogljivosti posameznikov na kolesu in s pomočjo podatkov pridobljenih s testiranjem lastnih konceptov trenažerjev. Za vse tri primere smo potrebovali tudi podatek o zasedenosti cikličnih trenažerjev. Na tem mestu smo prepoznali tri različne možnosti. Zasedenost trenažerjev bi lahko ocenili z opazovanjem, čas opravljene vadbe na teh trenažerjih bi lahko beležili vadeči sami ali pa bi zasedenost ocenili z uporabo anketnih vprašalnikov. Prva metoda bi nam vzela veliko časa in v primeru gneče bi bilo rezultate težko beležiti, druga metoda bi sicer zagotavljala višjo natančnost, vendar pa ne bi mogli zagotoviti sodelovanja vadečih, zato smo se odločili za izvedbo ankete. Anketa nam je omogočila tudi hkratno ugotavljanje sprejetosti take tehnologije med obiskovalci. Obstaja pa verjetnost, da so anketo izpolnjevali predvsem tisti, ki pogosteje obiskujejo fitnes center, na kar bi lahko nakazoval tudi

podatek o povprečnem številu obiskov na teden za posameznega vadečega – 3,66/teden.

Nova dilema se je pojavila, ko smo prejeli podatek o številu obiskovalcev, ki imajo aktivno karto za fitnes. Teh naj bi bilo kar 1526. To število smo združili s časom, ki ga po podatkih pridobljenih iz ankete, na cikličnih trenažerjih preživi povprečen obiskovalec in prišli do ugotovitve, da naj bi bili v tem primeru skoraj ves obratovalni čas zasedeni vsi ciklični trenažerji. Ker se to ni skladalo z opazovanji, ker se je število zdelo pretirano in ker ni bilo mogoče pridobiti podatka o številu obiskovalcev, ki v fitnesu dejansko redno vadijo, smo se odločili za izračune pri različnih možnih scenarijih. Žal na ta način težje pridemo do konkretnih zaključkov in preverjanja hipotez. H1 smo tako preverili za vsak scenarij posebej.

#### **4.1 OCENA POTENCIALA PROIZVODNJE ELEKTRIČNE ENERGIJE NA PODLAGI PODATKOV PREDHODNIH RAZISKAV**

H1 smo potrdili le v enem scenariju. V scenariju s 1526 obiskovalci in ob upoštevanju zgornje meje proizvodnje električne moči za posameznika, ugotovljene v opravljenih raziskavah, ki znaša 100 W. V tem primeru bi porabo električne energije zmanjšali za 10,6 %. Poleg tega je bila poraba električne energije v mesecu februarju relativno nizka.

#### **4.2 OCENA POTENCIALA PROIZVODNJE ELEKTRIČNE ENERGIJE NA PODLAGI PODATKOV O POVPREČNI ZMOGLJIVOSTI POSAMEZNIKOV NA KOLESU**

H1 smo tudi v tem primeru potrdili le z najboljšim možnim scenarijem – 1526 obiskovalcev pri intenzivnosti vadbe enakovredni kolesarjenju s 15 km/h. Vrednosti proizvedene energije pri vadbi enakovredni kolesarjenju z 8,8 km/h so bile precej nižje, vendar pa ta intenzivnost večini ljudi predstavlja nizek napor. Ob upoštevanju, da so obiskovalci fitnes centrov športno aktivni posamezniki, lahko dosti večji pomen pripišemo rezultatom, ki se nanašajo na višjo intenzivnost vadbe.

Vrednosti so bile malenkost višje kot v predhodnem primeru. Poraba električne energije bi se tako zmanjšala za 10,8 %.

Res pa je vprašljiva metoda preračunavanja človeške zmogljivosti na podlagi podatkov o njihovi energijski porabi. Energijska poraba namreč običajno narašča s telesno težo, kar pa ne moremo trditi za zmogljivost. V tem primeru ni upoštevana ekonomičnost gibanja in učinkovitost krvožilnega ter dihalnega sistema različnih posameznikov in pa na primer sam bazalni metabolizem, ki tudi ni odvisen le od telesne teže. Prav zato lahko na dobljene rezultate gledamo le kot na oceno.

#### **4.3 OCENA POTENCIALA PROIZVODNJE ELEKTRIČNE ENERGIJE NA PODLAGI MERITEV NA LASTNEM KONCEPTU TRENAŽERJA, KI PROIZVAJA ELEKTRIČNO ENERGIJO**

Električno energijo nam je uspelo oddajati v omrežje, vendar so se v sistemu pojavile velike izgube in ugotovljeno je bilo, da je izkoristek pri pretvarjanju sproščene človeške energije v električno energijo oddano v omrežje, manjši od 50 %. To je tudi eden izmed glavnih razlogov, da smo v tem primeru H1 ovrgli v vseh scenarijih. Prav tako ni bilo preverjeno športno udejstvovanje merjencev in tako ne vemo, če njihova kondicijska pripravljenost sovпада s pripravljenostjo športno aktivnih obiskovalcev fitnes centra, ki bi morda dosegali boljše rezultate. Metoda določanja najvišje frekvence srca, ki je bila osnova za odmerjanje intervala napora, ni omogočala natančnosti, vendar pa je bila v tem primeru edina razpoložljiva. Subjektivna ocena intenzivnosti pri določenem intervalu napora je bila pri nekaterih merjencih zelo nizka in bi ob bolj natančnih fizioloških meritvah mogoče dosegli višje vrednosti. Končni rezultat je v najboljšem možnem scenariju znašal 257,3 kWh, kar je kljub vsemu daleč od predpostavljenih 10%. Tako bi namreč porabo zmanjšali le za 6,1 %.

Odločili smo se, da koncept nadgradimo. Tokrat smo uporabili sobno kolo, na katerega smo vgradili nov električni generator. V omrežje smo pri enakem naporu oddali za 57 % višjo povprečno električno moč. Tudi v tem primeru pa smo H1 ovrgli v vseh zastavljenih scenarijih. Porabo bi v najboljšem možnem scenariju zmanjšali za 9,6 %.

Meritve smo ponovili le na enem merjencu, saj je odločitev za dodatne meritve prišla naknadno in ostali merjenci o tem niso bili predhodno obveščeni. Izmerjeno relativno izboljšanje smo vseeno posplošili in ga prenesli še na rezultate ostalih merjencev, da smo lahko prišli do novega povprečja v omrežje oddane električne moči. Na dobljeno oceno potenciala proizvedene električne energije je potrebno gledati kritično, saj opravljene meritve niso bile popolne.

Z lastnima konceptoma smo dosegli podobne rezultate proizvodnje električne moči pri pogojih dolgotrajne vzdržljivosti, kot v predhodnjih raziskavah. Podatki teh se namreč gibljejo med 50 W in 100 W električne moči, medtem, ko smo z lastnima konceptoma dosegli povprečji 58 W in 91 W električne moči.

Pojavil pa se je še en problem, ki kompromitira dobljene rezultate v primeru druge verzije lastnega koncepta. Problem predstavlja regulacija razsmernika. Težava je v tem, da je moč človeka na kolesu nezvezna - ko je pedalo v najnižji točki, takrat je mehanska moč na generatorju skoraj enaka 0. Razsmernik pa želi v omrežje oddajati konstantno moč, tako da, ko gre pedalo skozi pravokotno lego toliko bolj obremeni generator. Če bi bil razsmernik zmožen spreminjanja izhodne moči z veliko hitrostjo, bi v omrežje oddajal pulzno moč glede na poganjanje pedala. Razsmerniki običajno tega ne zmorejo, oziroma niso narejeni za take naloge (B. Kirn, osebna komunikacija, 17. 5. 2013). Posledično se težave pojavijo tudi pri samih karakteristikah napora, ki ga povzroči nekontinuirana obremenitev pri poganjanju pedal. Zaradi različnega obremenjevanja generatorja s strani razsmernika skozi posamezen obrat pedal, se obremenitev občuti kot izmenično potiskanje in ne kot ciklično poganjanje. Taka obremenitev pa povzroča predvsem lokalno utrujenost določenih mišičnih skupin in jo je težko smatrati kot aerobno. Hkrati pa to pomeni, da bi z odpravo teh težav, znotraj enakega intervala napora določenega s frekvenco srca, dosegali še boljše rezultate.

#### **4.4 SPREJETOST TEHNOLOGIJE MED OBISKOVALCI FITNES CENTRA**

78 % obiskovalcev fitnes centra Sportclub bi bilo pripravljenih vaditi na trenažerjih, ki pri tem proizvajajo električno energijo. S tem smo potrdili H2. Izmed ostalih je bilo 73 % obiskovalcev neopredeljenih in lahko predpostavimo, da jih uporaba te tehnologije v fitnes centru ne bi motila. Za tak odgovor so se morda odločili, ker si niso znali



predstavljati, kako tak trenažer deluje, ali pa bi si ga pred odločitvijo želeli preizkusiti. 6 % na takih trenažerjih ne bi želelo vaditi. Kaj je razlog za tako odločitev, lahko ponovno samo ugibamo. Kot možne razloge vidim, da se jim koncept ne zdi ekološki, ali pa bi se počutili, da jih lastniki fitnes centrov na ta način izkoriščajo.

Pri vprašanju, ali bi bili za vadbo dodatno motivirani, se jih je kar 39 % odločilo za odgovor ne vem. Razlogi za to bi lahko bili podobni kot pri prejšnjem vprašanju. V tem primeru je še toliko bolj verjetno, da bi obiskovalci trenažer želeli najprej preizkusiti, preden bi lahko korektno odgovorili na to vprašanje. 35 % jih meni, da bi bili pri tem dodatno motivirani, ne da bi trenažer predhodno preizkusili.

Tabela 6  
Korelacija med odgovori obiskovalcev

		vadba_el_en	motiv
vadba_el_en	Pearson Correlation	1	,318**
	Sig. (2-tailed)		,003
	N	88	88
motiv	Pearson Correlation	,318**	1
	Sig. (2-tailed)	,003	
	N	88	88

\*\* . Correlation is significant at the 0.01 level (2-tailed).

Tabela 6 prikazuje pozitivno korelacijo med odgovori obiskovalcev na vprašanje - Ali bi bili pripravljeni vaditi na trenažerjih (npr. kolesu), ki pri tem proizvajajo uporabno električno energijo (kakovost vadbe bi ostala enaka)? in - Bi bili na takih trenažerjih dodatno motivirani za vadbo?

Nekoliko manj obiskovalcev, od pričakovanih 50 %, bi izbralo fitnes center s trenažerji, ki proizvajajo električno energijo, raje kot običajen fitnes. Glede na to, da na takih trenažerjih ni pripravljenih vaditi le 6 % obiskovalcev lahko sklepamo, da obstajajo pomembnejši dejavniki za izbiro fitnes centra. Na to nakazuje tudi dejstvo, da je na vprašanje o izbiri fitnesa, kar 49 % obiskovalcev odgovorilo z »vseeno mi je«. Obiskovalcem je pri izbiri fitnesa verjetno pomembnejša njegova lokacija, socializacija in dejavniki, ki vplivajo na ugodno počutje ob vadbi. Vrsta trenažerjev za to skupino ni bistveni dejavnik pri izbiri fitnes centra, vseeno pa jih lahko prištevamo k

potencialnim uporabnikom trenažerjev, ki proizvajajo električno energijo. Vsekakor so to podatki, ki vključevanje te tehnologije v ponudbo fitnes centra, predstavljajo kot dobro marketinško potezo. Na ta način bi izgubili zelo malo obstoječih strank in pridobili precej več novih.

## 5. SKLEP

Fitnes centre ter ostale rekreacijske centre pri nas in po svetu obiskuje ogromno število ljudi. V nekaterih so že sprejeli idejo o izkoriščanju človeške energije za proizvodnjo uporabne električne energije in najučinkovitejši mehanizem za to je prav poganjanje pedal. Fitnes centri na ta način znižujejo lastno porabo električne energije in izkoriščajo prednosti zelenega marketinga. Po pregledu ponudbe na trgu in predhodnih raziskav, smo se odločili, da na primeru fitnes centra Sportclub opravimo študijo primera, ki bo prinesla oceno skupnega potenciala fitnes centra za proizvodnjo električne energije. Posameznik zmore s pomočjo cikličnega trenažerja proizvesti le manjše količine električne energije. Gre za zajemanje in pretvarjanje že sproščene energije, ki lahko ob številnih obiskovalcih fitnes centrov, nadomesti opazen del porabljene električne energije. Ocenjeni potencial proizvedene električne energije v fitnes centru Sportclub v Ljubljani, je predpostavljeno vrednost kljub vsemu, dosegel le v nekaterih primerih najboljšega možnega scenarija.

H1 - Z uporabo cikličnih trenažerjev, ki mehansko delo pretvarjajo v električno energijo, je možno nadomestiti več kot 10% celotne porabe električne energije fitnes centra Sportclub v Ljubljani; smo potrdili v dveh primerih:

- Pri oceni potenciala proizvodnje električne energije na podlagi podatkov predhodnih raziskav, v primeru s 1526 aktivnimi obiskovalci, ob upoštevanju zgornje meje proizvodnje električne moči za povprečnega posameznika (100 W)
- Pri oceni potenciala proizvodnje električne energije na podlagi podatkov o povprečni zmogljivosti posameznikov na kolesu, v primeru s 1526 aktivnimi obiskovalci, ob vadbi na cikličnih trenažerjih enakovredni kolesarjenju s 15 km/h

Manj smo se ukvarjali s samo ekonomiko, vendar lahko glede na izračunane prihranke ob uporabi tehnologije sklepamo, da bi vračilne dobe za začetno investicijo presegle 10 let. Govorimo o investiciji za predelavo običajnih trenažerjev v take, ki proizvajajo električno energijo. Če bi izvajalci že sami v svoje trenažerje vgradili potrebne gradnike, bi se ekonomika bistveno spremenila, saj taki trenažerji ne bi bili nujno bistveno dražji od običajnih. To so tudi edini fitnes trenažerji, ki z zmanjšanjem stroškov, neposredno povrnejo začetno investicijo.

Dodaten argument, ki nas lahko prepriča, da o tej tehnologiji vsaj razmislimo, je dobra sprejetost med obiskovalci fitnessov in izredno malo negativnih predsodkov. To se je pokazalo tako v naši raziskavi, kot tudi že v predhodnih. Za lastnike fitness centrov se zdi investicija v omenjene trenažerje torej dobra marketinška poteza.

H2 - Več kot 75% trenutnih obiskovalcev fitness centra bi bilo pripravljenih vaditi na trenažerjih, ki proizvajajo električno energijo; je bila s pomočjo ankete potrjena.

H3 - Več kot 50% bi jih ob možnosti izbire med fitness centrom z običajnimi trenažerji in fitness centrom s trenažerji, ki proizvajajo električno energijo, izbrala drugo možnost je bila sicer zavrnjena, vendar z majhno razliko (5 %) in z velikim številom neopredeljenih odgovorov (49 %).

V oči bode tudi nepričakovano visoka poraba električne energije fitness centra. To bi vsekakor lahko okrivili za nedoseganje predpostavljene hipoteze (H1). Tu se pokaže nova pozitivna lastnost te tehnologije, ki so jo zaznali že v predhodnih raziskavah. Vadeči ob vadbi na teh trenažerjih spoznajo, koliko dela je potrebno vložiti za drobec električne energije, ki jo ves čas porabljamo. Zavemo se, kako ogromne so postale naše vsakodnevne potrebe po električni energiji in kako poceni je dejansko.

Raziskava je odprla nekatere nove tematike, saj zajema dve na prvi pogled manj združljivi področji, športno vadbo in energetiko. Spoznali smo, da je projekt tehnično bolj kompleksen, kot smo predpostavljali, vendar vsekakor izvedljiv. Uporaba te tehnologije ponuja nekatere prednosti tako za vadeče, kot tudi za lastnike fitness centrov in za okolje. Energija je v vsakem primeru že na voljo in jo je ob ustrezni ekonomiki ter marketinškem odzivu smiselno izkoristiti. Za optimalno izkoriščanje predstavljenega koncepta pa bodo potrebne dodatne raziskave.

## 6. VIRI

Barois, R., Caverly, M. in Marshall, K. (30.11.2010). An Investigation Into Using Electricity Harvesting Elliptical Machines As A Renewable Energy Source. Izvleček pridobljen 20.11.2012 iz

[https://circle.ubc.ca/bitstream/handle/2429/34049/APSC261\\_RenewableEnergySources\\_Group01\\_clean.pdf?sequence=1](https://circle.ubc.ca/bitstream/handle/2429/34049/APSC261_RenewableEnergySources_Group01_clean.pdf?sequence=1)

Blechman, A., Braker, G., Chodnicki, B., DuBow, E., Perina, K., Sy, T., idr. (2009). A study of benefits of retrofitting cardiovascular exercise equipment of a gym with human energy harvesting technology. Izvleček pridobljen 20.11.2012 iz <http://drum.lib.umd.edu/bitstream/1903/9083/1/HEAT.pdf>

Cerle, M. (2008). Oblikovanje modela ocenjevanja fitnes centrov. Diplomsko delo. Ljubljana: Univerza v Ljubljani, Fakulteta za šport.

Električni generator (2013). Wikipedia The Free Encyclopedia. Pridobljeno 29.1.2013, iz [http://sl.wikipedia.org/wiki/Elektri%C4%8Dni\\_generator](http://sl.wikipedia.org/wiki/Elektri%C4%8Dni_generator)

Električni potencial (2013). Wikipedia The Free Encyclopedia. Pridobljeno 29.1.2013, iz [http://sl.wikipedia.org/wiki/Elektri%C4%8Dni\\_potencial](http://sl.wikipedia.org/wiki/Elektri%C4%8Dni_potencial)

Elektromagnetna indukcija (2013). Wikipedia The Free Encyclopedia. Pridobljeno 29.1.2013, iz [http://sl.wikipedia.org/wiki/Elektri%C4%8Dna\\_indukcija](http://sl.wikipedia.org/wiki/Elektri%C4%8Dna_indukcija)

Gibson, T. (2011). These Exercise Machines Turn Your Sweat Into Electricity. Ieee spectrum, Pridobljeno 7.1.2013 iz <http://spectrum.ieee.org/green-tech/conservation/these-exercise-machines-turn-your-sweat-into-electricity/0>

Gradniki PV sistemov (2013). Slovenski portal za fotovoltaike. Pridobljeno 29.1.2013, iz <http://pv.fe.uni-lj.si/Gradniki.aspx>

Haji, M. N., Lau, K. in Agogino, M. A. (2010). Harnessing human power for alternative energy fitness facilities: a case study. Izvleček pridobljen 18.11.2012 iz [http://www.aashe.org/files/resources/student-research/2009/HPG\\_AASHE\\_2010.pdf](http://www.aashe.org/files/resources/student-research/2009/HPG_AASHE_2010.pdf)

How it works. (25. 5. 2011). ReRev. Pridobljeno 2. 2. 2013, iz <http://rerev.com/howitworks.html>

Joubert, S. (2011) The short history of early pedal powered machines. Low-tech Magazine, Pridobljeno 29. 1. 2013 iz <http://www.lowtechmagazine.com/2011/05/history-of-pedal-powered-machines.html>

McArdle, D. W., Katch, F. I. & Katch, V. L. (1996). Exercise physiology: energy, nutrition and human performance. Maryland: Rose Tree Corporate Center.

Papler, D. (2012). Osnove uporabe solarnih toplotnih in fotonapetostnih sistemov. Ljubljana: Energetika marketing d.o.o.

Sila, B. (2007). Vpliv gibalne in športne aktivnosti na posamezne motorične in funkcionalne sposobnosti. V H. Brečič (ur.), Šport v obdobju zrelosti (str. 74-93). Ljubljana: Fakulteta za šport, Inštitut za šport.

Sila, B. (2009). Nekaj rezultatov o športnorekreativni vadbi Slovencev, Položaj fitnesa med ostalimi športi. V 8. kongres Fitnes zveze Slovenije (str. 16-19). Ljubljana: Fitnes zveza Slovenije.

Sweeney, J. (15.8.2010). Minimising lightning power within gyms and leisure centers using gym equipment. Izvleček pridobljen 19.11.2012 iz <http://eleceng.dit.ie/kkelly/IrishLighter/2010/JohnSweeney.pdf>

The Pedal-A-Watt Stationary Bike Power Generator. (2013). Convergence Tech. Pridobljeno 23. 1. 2013 iz <http://www.econvergence.net/>

## 7. PRILOGE

### PRILOGA 1

#### ANKETA

Spoštovani obiskovalec/-ka fitnes centra Sportclub, sem Dane Nemač, absolvent Fakultete za šport. V sklopu raziskave za diplomsko delo potrebujem nekaj splošnih podatkov o Vaši vadbi v fitnes centru, zato Vas prosim za sodelovanje. Anketa je popolnoma anonimna. Iskrena hvala.

Spol: \_\_\_\_\_

Starost: \_\_\_\_\_

Telesna teža: \_\_\_\_\_

Kolikokrat tedensko trenirate v fitnes centru Sportclub (obisk skupinske vadbe ali wellness centra se ne upošteva)?

\_\_\_\_\_x

Kolikokrat tedensko pri vadbi v fitnes centru Sportclub uporabljate kolo, kolo z naklonom ali eliptični trenažer (= simulator teka na smučeh)?

\_\_\_\_\_x

Koliko časa povprečno traja vaša vadba na kolesu, kolesu z naklonom ali eliptičnemu trenažerju? (podatek napišite v minutah pri čemer ni pomembno, da je povsem natančen)

\_\_\_\_\_min

Ali bi bili pripravljeni vaditi na trenažerjih (npr. kolesu), ki pri tem proizvajajo uporabno električno energijo (kakovost vadbe bi ostala enaka)? (obkrožite ustrezen odgovor)

DA    NE    NE VEM

Bi bili na takih trenažerjih dodatno motivirani za vadbo?

DA    NE    NE VEM

Kateri fitnes center bi raje izbrali ob predpostavki, da so vsi ostali pogoji enaki?  
(obkrožite številko pred ustreznim odgovorom)

- 1 Fitnes center s trenažerji, ki proizvajajo električno energijo
- 2 Fitnes center z običajnimi trenažerji
- 3 Vseeno mi je