

**UNIVERZA NA PRIMORSKEM  
FAKULTETA ZA VEDE O ZDRAVJU**

**DNEVNA SPREMENLJIVOST ENERGIJSKEGA  
VNOSA Z VIDIKA ENERGIJSKEGA RAVNOVESJA**

**MAGISTRSKA NALOGA**

Študent: JURE ŽITNIK

Mentor: prof. dr. NEJC ŠARABON, dipl. fiziot., prof. šp. vzg.

Somentorica: doc. dr. ZALA JENKO PRAŽNIKAR, univ. dipl. biokem.

Študijski program: študijski program 2. stopnje dietetika

**Izola, 2019**

## **ZAHVALA**

Iskreno se zahvaljujem se mentorju prof. dr. Nejc Šarabonu za vso izkazano pomoč, usmeritve, nasvete in vložen čas od začetka priprav na raziskavo do končne oddaje moje magistrske naloge in zaključka študija.

Zahvaljujem se tudi somentorici doc. dr. Zali Jenko Pražnikar za vse usmeritve in nasvete pri pisanju magistrske naloge.

Hvala tudi Borutu, Janu, Kaji, Nastji in Žigu, ki so vsak na svoj način prispevali, da je šlo na meritvah vedno vse po načrtih.

Zahvala gre tudi bližnjim in vsem, ki so kakorkoli pripomogli k zaključku mojega študija.

## IZJAVA O AVTORSTVU

Spodaj podpisani *Jure Žitnik* izjavljam, da:

- je predložena magistrska naloga izključno rezultat mojega dela;
- sem poskrbel, da so dela in mnenja drugih avtorjev, ki jih uporabljam v predloženi nalogi, navedena oziroma citirana skladno s pravili UP Fakultete za vede o zdravju;
- se zavedam, da je plagiatstvo po Zakonu o avtorskih in sorodnih pravicah, Uradni list RS, št. 16/2007 (v nadaljevanju: ZASP) kaznivo.

Soglašam z objavo magistrske naloge v Repozitoriju UP.

Izola, 8. 9. 2019

Podpis študenta:

A handwritten signature in black ink, appearing to read 'Jure Žitnik', written in a cursive style.

## KLJUČNE INFORMACIJE O DELU

<b>Naslov</b>	Dnevna spremenljivost energijskega vnosa z vidika energijskega ravnovesja
<b>Tip dela</b>	magistrska naloga
<b>Avtor</b>	ŽITNIK, Jure
<b>Sekundarni avtorji</b>	ŠARABON, Nejc (mentor) / PRAŽNIKAR JENKO, Zala (somentorica)
<b>Institucija</b>	Univerza na Primorskem, Fakulteta za vede o zdravju
<b>Naslov inst.</b>	Polje 42, 6310 Izola
<b>Leto</b>	2019
<b>Strani</b>	VII, 44 str., 8 pregl., 4 sl., 2 pril., 104 vir
<b>Ključne besede</b>	energijsko ravnovesje, metabolni ekvivalent, energijska poraba, energijski vnos
<b>UDK</b>	641.1:613.2:796.035
<b>Jezik besedila</b>	slv
<b>Jezik povzetkov</b>	slv/eng
<b>Izvleček</b>	<p>Energijsko ravnovesje je eden temeljnih pojmov, ki povezuje prehrano in gibanje. Namen naloge je bil na vzorcu odraslih oseb ovrednotiti presnovni, gibalni in prehranski status preiskovancev z vidika energijskega ravnovesja. V raziskavo je bilo vključenih 57 preiskovancev. V prečno-presečni študiji so bile izvedene meritve telesne sestave in bazalne presnove; objektivno sta bila ovrednotena gibalna aktivnost in prehranski vnos. Ugotovljena je bila razlika med splošno privzeto in izmerjeno vrednostjo porabe metabolnega ekvivalenta. Odkrita je bila negativna povezava med izmerjeno vrednostjo metabolnega ekvivalenta in indeksom telesne mase, deležem telesne maščobe in starostjo. Pri oceni skladnosti metod za napoved energijske porabe z lastnim izračunom energijske porabe se je pokazala neskladnost metod pri napovedi energijske porabe posameznika. Opravljena je bila analiza spremenljivosti energijskega vnosa in energijske porabe. Analiza energijskega ravnovesja je pokazala negativno energijsko bilanco. Predstavljena je bila metoda ocene energijske porabe, s katero bi lahko v prihodnje natančneje določali energijske potrebe posameznika.</p>

## KEY WORDS DOCUMENTATION

<b>Title</b>	Variability of energy intake from an energy balance perspective
<b>Type</b>	Master's Thesis
<b>Author</b>	ŽITNIK, Jure
<b>Secondary authors</b>	ŠARABON, NEJC (supervisor) / PRAŽNIKAR JENKO, Zala (coadvisor)
<b>Institution</b>	University of Primorska, Faculty of Health Sciences
<b>address</b>	Polje 42, 6310 Izola
<b>Year</b>	2019
<b>Pages</b>	VII, 44 p., 8 tab., 4 fig., 2 ann., 104 ref.
<b>Keywords</b>	energy balance, metabolic equivalent, energy expenditure, energy intake
<b>UDC</b>	641.1:613.2:796.035
<b>Language</b>	slv
<b>Abstract language</b>	slv/eng
<b>Abstract</b>	<p>Energy balance is one of the fundamental principles coupling the fields of nutrition and physical activity. The aim of this study was to determine the level of physical activity and assess the metabolic and nutritional status of adult subjects. In a cross-sectional study, body composition and basal metabolic rate were assessed in a total of 57 subjects in addition to objective monitoring of physical activity and dietary assessment. Difference was found between values of general metabolic equivalent of task and metabolic equivalent of task determined by the measurement of metabolic rate. Measured values of metabolic equivalent were inversely associated with body mass index, bodyfat percentage and age. Difference and disagreement on individual level was found between energy expenditure determined by prediction equations and the objective measurements based method used. Variability of energy intake and energy expenditure was also determined. Negative energy balance was found by analyzing daily energy expenditure and energy intake of subjects. We present here a new method of energy expenditure that could improve the accuracy of estimating dietary energy needs of individuals.</p>

## KAZALO VSEBINE

KLJUČNE INFORMACIJE O DELU .....	I
KEY WORDS DOCUMENTATION .....	II
KAZALO VSEBINE.....	III
KAZALO SLIK.....	V
KAZALO PREGLEDNIC.....	VI
SEZNAM KRATIC .....	VII
1 UVOD.....	1
1.1 Energijska poraba .....	1
1.1.1 Neposredna kalorimetrija .....	2
1.1.2 Posredna kalorimetrija.....	2
1.1.3 Dvojno označena voda .....	3
1.1.4 Napovedne enačbe.....	4
1.1.5 Metabolni ekvivalent.....	5
1.1.6 Pospeškometer in energijska poraba .....	5
1.2 Vrednotenje prehranskega vnosa .....	7
1.2.1 Metoda prehranskega dnevnika.....	7
2 NAMEN, HIPOTEZE IN RAZISKOVALNO VPRAŠANJE .....	9
2.1 Predmet, problem in namen.....	9
2.2 Cilji in hipoteze .....	12
3 METODE DELA IN MATERIALI .....	13
3.1 Preiskovanci.....	13
3.2 Potek raziskave .....	13
3.3 Uporabljeni pripomočki in merski instrumenti .....	15
3.3.1 Antropometrične meritve .....	15
3.3.2 Meritev bazalne presnove in metabolnega ekvivalenta.....	15
3.3.3 Objektivno vrednotenje gibalne aktivnosti.....	17
3.3.4 Izračun celodnevne energijske porabe in ravni telesne dejavnosti.....	18
3.3.5 Izračun celodnevne energijske porabe z uporabo napovednih enačb.....	18
3.3.6 Tridnevni prehranski dnevnik s tehtanjem količin zaužite hrane .....	19
3.3.7 Izračun energijskega ravnovesja .....	20
3.4 Obdelava podatkov in statistična analiza.....	20
4 REZULTATI .....	22

4.1	Analiza vrednosti metabolnega ekvivalenta in energijske porabe.....	22
4.2	Analiza spremenljivosti energijskega vnosa.....	25
4.3	Analiza energijskega ravnovesja .....	26
5	RAZPRAVA.....	28
5.1	Metabolni ekvivalent .....	28
5.2	Energijska poraba .....	29
5.3	Skladnost pripravljenega izračuna energijske porabe z oceno napovednih enačb ....	30
5.4	Spremenljivost energijskega vnosa.....	31
5.5	Analiza energijskega ravnovesja .....	32
6	ZAKLJUČEK .....	34
7	VIRI .....	35
	PRILOGE .....	45

## KAZALO SLIK

Slika 1: Shema raziskave ter merila za vključitev in izključitev iz analize .....	14
Slika 2: Grafikon Bland-Altmana za prikaz skladnosti metod določanja energijske porabe ...	24
Slika 3: Prikaz posameznih vrednosti energijskega ravnovesja med preiskovanci.....	27
Slika 4: Prikaz individualnega stanja energijske bilance pri preiskovancih .....	27



## KAZALO PREGLEDNIC

Preglednica 1: Kategorije intenzivnosti gibalne aktivnosti.....	6
Preglednica 2: Osnovni podatki o preiskovancih.....	13
Preglednica 3: Napovedne enačbe za izračun bazalne presnove.....	19
Preglednica 4: Merilo za določitev vrednosti ravni telesne dejavnosti, uporabljene za izračun celodnevne energijske porabe z napovednimi enačbami.....	19
Preglednica 5: Antropometrični podatki, presnovni podatki in podatki o stopnji gibalne aktivnosti.....	22
Preglednica 6: Primerjava vrednosti izmerjene energijske porabe z ocenjenimi.....	23
Preglednica 7: Podatki o prehranskem vnosu preiskovancev.....	25
Preglednica 8: Vrednosti spremenljivk energijskega ravnovesja.....	26

## SEZNAM KRATIC

BMR	Basal metabolic rate, bazalna presnova
B	Beljakovine
CEP	Celodnevna energijska poraba
GA	Gibalna aktivnost
MET	Metabolic equivalent of task, metabolni ekvivalent naloge
M	Maščobe
OPKP	Odprta platforma za klinično prehrano
OH	Ogljikovi hidrati
PAL	Physical activity level, raven telesne dejavnosti
PM	Pusta telesna masa
RMR	Resting metabolic rate, presnova v mirovanju
RQ	Respiratory quotient, respiratorni količnik
TM	Telesna masa
TUH	Termični učinek hranil
TV	Telesna višina
VS	Vektorska stopnja
VO <sub>2</sub>	Poraba kisika v ml/min.
VCO <sub>2</sub>	Proizvodnja ogljikovega dioksida v ml/min.

## 1 UVOD

Energijsko ravnovesje, ki predstavlja razmerje med energijskim vnosom in energijsko porabo pri posamezniku, je eden najpomembnejših kazalnikov ustreznosti prehrane pri ljudeh. Dokazana je predvsem vloga motenega energijskega ravnovesja pri nastanku debelosti in z njo povezanih kroničnih nenalezljivih bolezni (Klein idr., 2004; Romieu idr., 2017). Vse več je podatkov, ki kažejo na porast podhranjenosti in posledic nezadostnega vnosa hranil pri ranljivih skupinah kot so starostniki, bolniki (Cederholm idr., 2015) in, v zadnjih letih pogosteje, tudi športniki (Mountjoy idr., 2018). Nastanek debelosti je posledica daljšega energijskega neravnovesja, v času katerega je prevladoval presežek energijskega vnosa iz hrane ali je bila zmanjšana energijska poraba kot posledica telesne neaktivnosti (Hall idr., 2012). Nastanek podhranjenosti je posledica nezadostnega vnosa ali privzema hranil glede na energijsko porabo ali potrebo po vnosu energije, ki so v času bolezni povečane (Jensen idr., 2010). Energijsko porabo opredelimo kot seštevke porabljene energije organizma na posamezen dan. Energija se v največji meri porablja za vzdrževanje homeostatskih procesov, sinteze novih spojin in za podporo mišičnega krčenja. Kadar energijski vnos posameznika presega količino energije, ki jo posameznik porabi, govorimo o pozitivni energijski bilanci. Ob nastopu pozitivne bilance ima presežek energije pri posamezniku za posledico sintezo maščobnega tkiva v telesu in povečanje telesne mase (TM). Pozitivna energijska bilanca je normalno fiziološko stanje pri nosečnici ali otroku, saj omogoča rast in razvoj. Krajša obdobja pozitivne energijske bilance pri športniku povzročijo povečanje energijskih zalog v obliki glikogena v jetrih in skeletni mišičnini. Te zaloge so ključnega pomena pri uspehu športnika in optimalni pripravi na tekmovanja (Thomas, Erdman in Burke, 2016).

Posebnost energijskega ravnovesja je, da je podrobno raziskovanje oteženo predvsem zaradi omejitev metod, ki so na voljo za vrednotenje energijske porabe in energijskega vnosa (Elia, Stratton in Stubbs, 2003). Energijsko neravnovesje, pri katerem je energijska poraba večja od energijskega vnosa, opredelimo kot negativno energijsko bilanco. Negativna energijska bilanca ima za posledico zmanjšanje maščobnih zalog v telesu in zmanjšanje TM. Tudi negativna energijska bilanca je običajno fiziološko stanje, ki ga želimo doseči pri osebah z debelostjo in prek zmanjševanja TM s tem pozitivno vplivati na njihove kazalnike zdravja. Negativna energijska bilanca ima lahko škodljive učinke pri bolnikih. Predvsem to velja za starejše in prehransko ogrožene (Konturek, Herrmann, Schink, Neurath in Zopf, 2015).

### 1.1 Energijska poraba

Celodnevno energijsko porabo (CEP) sestavljajo štiri komponente: i) bazalna presnova (ang. basal metabolic rate (BMR)); ii) termogeneza, povzročena z vadbo; iii) termogeneza med dnevno aktivnostjo; iv) termogeni učinek hranil (TUH) (Westerterp, 2013). CEP izražamo v kilojoulih (kJ) ali kilokalorijah (kcal). BMR prispeva največji del CEP (vsaj 60 %) ter vključuje vso porabo med spanjem in budnostjo, ko posameznik miruje. Najpomembnejši determinanti BMR sta TM in pusta telesna masa (PM) (Cunningham, 1991) posameznika. Na BMR vplivajo tudi: spol, starost, genetika in koncentracije nekaterih hormonov (hormoni ščitnice, leptin) pri

posamezniku, predvsem ob večjih spremembah TM v neposrednem obdobju merjenja (Müller, Enderle in Bosy - Westphal, 2016). Termogeneza, povzročena z vadbo, k CEP prispeva od 10 do 30 % in je odvisna predvsem od vrste, trajanja in od intenzivnosti vadbe. Pozitivno je povezana tudi s TM posameznika. K termogenezi med dnevno aktivnostjo štejemo energijsko porabo med vsemi drugimi spontanimi in hotenimi aktivnostmi med budnostjo, ki niso del termogeneze, povzročene z vadbo. Jasnega merila, kdaj je aktivnost del termogeneze med dnevno aktivnostjo ali del termogeneze, povzročene z vadbo, ni. Pri posamezniku je zato pri enaki CEP termogeneza med dnevno aktivnostjo lahko zelo spremenljiva (Villablanca idr., 2015).

K TUH prištevamo vso dodatno energijo v času po obroku, ki se porabi za prebavo in presnovo dnevnih obrokov hrane. TUH prispeva od 8 do 10 % CEP, in sicer ob predpostavki, da je energijski vnos enak CEP. Največji vpliv na TUH imata energijski in prehranski vnos beljakovin pri posamezniku (Calcagno idr., 2019).

### **1.1.1 Neposredna kalorimetrija**

Meritev z metodo neposredne kalorimetrije je najstarejša oblika merjenja energijske porabe telesa. Metoda temelji na predpostavki, da količina oddane toplote s telesa v okolico neposredno predstavlja tudi energijsko porabo telesa. Od razvoja posredne kalorimetrije ob koncu 19. stoletja je uporaba neposredne kalorimetrije stalno upadala. Zaradi načela delovanja (toplota se s telesa prevaja v prostor in se meša z zrakom v prostoru) je vzorčenje počasno, kar onemogoča kakovostno vrednotenje predvsem termogeneze, povzročene z vadbo, pri kateri prihaja do hitrih sprememb v porabi energije in proizvedeni toploti. Danes je neposredna kalorimetrija pomembno orodje pri raziskovanju vplivov termoregulacije (Kenny, Notley in Gagnon, 2017) in redko uporabljena pri meritvah presnove.

### **1.1.2 Posredna kalorimetrija**

Posredna kalorimetrija temelji na načelu vzorčenja relativnih deležev in prostornine O<sub>2</sub> in CO<sub>2</sub> v vdihanem in izdihanem zraku. Poznavanje prostornin porabljenega O<sub>2</sub> in proizvedenega CO<sub>2</sub> daje tudi globlji vpogled v trenutno presnovno stanje. Razmerje med proizvedenim CO<sub>2</sub> in porabljenim O<sub>2</sub> imenujemo respiratorni količnik (ang. respiratory quotient (RQ)), ki posredno nakazuje, katero izmed hranil se v telesu oksidira v največji meri.

Posredni kalorimetri so danes opremljeni z digitalnimi senzorji, s katerimi vzorčenje in prikaz rezultatov potekata v realnem času, brez daljših zamikov. Največji pomen pri vrednotenju energijske porabe in posameznih komponent porabe ima metoda merjenja v prostoru, s presnovno komoro. V njej je prezračevanje uravnano tako, da omogoča natančno vzorčenje porabljenega in proizvedenega O<sub>2</sub> in CO<sub>2</sub> ter meritev energijske porabe. V komori se lahko izvaja večdnevne meritve energijske porabe, ki je sorazmerno neinvazivna in omogoča simulacijo aktivnosti, ki so podobne tistim v domačem okolju. Meritev v presnovni komori velja za meritev zlatega standarda na področju meritev CEP (Shephard in Aoyagi, 2012). Zaradi

velikosti merilnega prostora imajo presnovne komore podobne omejitve kot neposredni kalorimetri in v realnem času ni mogoče natančno vrednotiti termogeneze, povzročene z vadbo.

Za vrednotenje termogeneze, povzročene z vadbo, so v uporabi posredni kalorimetri v obliki »presnovnega vozička«, kot je imenovan v literaturi (Singer in Singer, 2016). Prednost vozička je predvsem zmanjšana prostornina dela naprave, v katerem se vzorči vdihan in izdihan zrak. To omogoča dovolj hitro vzorčenje za natančno vrednotenje energijske porabe med telesno vadbo visoke intenzivnosti (Beijst, Schep, Breda, Wijn in Pul, 2013). Pri meritvi vdihanega in izdihanega zraka se uporabljajo ustniki, dihalne maske in prezračevano prekrivalo. S presnovnim vozičkom lahko z izjemo skupne CEP natančno vrednotimo vse druge našete komponente energijske porabe. Zaradi sorazmernega neudobja in zmanjšane mobilnosti preiskovancev ob nameščenem ustniku ali dihalni maski meritev CEP in druge daljše meritve tako niso smiselne (da Rocha, Alves in da Fonseca, 2006). Omeniti velja tudi najsodobnejše prenosne posredne kalorimetre, pri katerih meritev ni več vezana na zaprt prostor, saj naprave omogočajo brezžično povezljivost. Glavna prednost mobilnih kalorimetrov je možnost vrednotenja energijske porabe pri aktivnostih v širšem bivalnem okolju in med telesno aktivnostjo na prostem. Meritev s presnovnim kalorimetrom v primerjavi z meritvijo s presnovnim vozičkom ne prinaša izboljšav z vidika udobja ali invazivnosti merjenja (ves čas meritve preiskovanec nosi dihalno masko), zato tudi z mobilnim kalorimetrom meritve CEP pri preiskovancih niso smiselne (Macfarlane, 2017).

### 1.1.3 Dvojno označena voda

Merjenje energijske porabe z metodo dvojno označene vode je zasnovana na podlagi razmerja med hitrostjo eliminacije devterijevih atomov in atomov kisikovega izotopa  $^{18}\text{O}$  (Westerterp, 2017). Meritev se po predhodnem odvzemu urina začne z zaužitjem znane količine dvojno označene vode ( $^2\text{H}_2^{18}\text{O}$ ). Zaužita voda se po absorpciji uravnoteži z neoznačeno vodo v telesu. Kisikovi atomi, ki sestavljajo neoznačeno vodo v telesu, so stalno v ravnovesju z izdihanim  $\text{CO}_2$ . Devterijevi atomi in atomi kisikovega izotopa  $^{18}\text{O}$  se razlikujejo glede na način izločanja iz telesa – atom  $^{18}\text{O}$  se povezuje in izloča v povezavi z molekulami  $\text{CO}_2$  in vode. Devterij se izloča kot del molekule vode. Z razliko v eliminaciji atomov  $^{18}\text{O}$  in  $^2\text{H}$  se lahko posredno določi skupni obrat  $\text{CO}_2$ . Koncentracijo  $^{18}\text{O}$  in  $^2\text{H}$  se v urinu analizira vsaj sedem dni po začetku merjenja (Ritz, Johnson in Coward, 1994). Zaželeno je, da se meritev opravlja dlje, če je to izvedljivo. Na podlagi ugotovljenega obrata  $\text{CO}_2$  in z uporabo vrednosti RQ (splošne ali preračunane glede na vnos makrohranil med meritvijo) se nato izračuna CEP.

Metoda dvojno označene vode je meritev zlatega standarda za meritve CEP med prostočasnimi aktivnostmi (Hills, Mokhtar in Byrne, 2014). Zaradi neinvazivnosti meritve in merjenja v domačem okolju ta metoda dopolnjuje glavno pomanjkljivost meritev v presnovni komori – omejen prostor gibanja. Raziskave potrjujejo skladnost CEP, ocenjene z metodo dvojno označene vode, z vrednostmi CEP, ki so bile ugotovljene pri merjenju v presnovni komori (de Jonge idr., 2007). Potrjena je tudi natančnost metode pri določanju dnevnega povprečja termogeneze, povzročene z vadbo, in povprečne ravni telesne dejavnosti (ang. physical activity level (PAL)), ki se jo določi s kombinacijo meritev z dvojno označeno vodo in meritvijo BMR

s posredno kalorimetrijo (Schutz, 2018). Z metodo dvojno označene vode se povprečno CEP vrednoti v časovnem obdobju, ki mora za doseganje zadostne občutljivosti analitičnih testov razlikovanja koncentracije izotopov v urinu trajati najmanj sedem dni. Pri meritvi odraslih oseb s sedečim življenjskim slogom je treba podaljšati trajanje meritve (Westerterp, 2010). Glavna ovira, ki preprečuje širšo uporabo metode v praksi, je visok strošek meritve.

#### 1.1.4 Napovedne enačbe

Danes najpogosteje uporabljena metoda za določitev energijske porabe so napovedne enačbe. Namenjene so oceni BMR, CEP in energijske porabe med GA pri posameznikih. Pogosto so v uporabi tudi za določanje energijskih potreb posameznih skupin kot so bolniki, starostniki in športniki. Enačbe za določanje energijskih potreb lahko poleg energijske porabe vključujejo dodatek energije zaradi bolezni ali presnovnega stanja posameznika in so bolj kot za oceno energijske porabe uporabljene za oceno prehranskih potreb, ki je potrebna za pravilen predpis prehrane (Wichansawakun, Meddings, Alberda, Robbins in Gramlich, 2015). V tej nalogi se bomo osredotočili na enačbe za oceno BMR pri zdravih odraslih oseb. Enačbe za oceno BMR se v praksi najpogosteje uporabljajo za določanje CEP, v kombinaciji z vrednostjo PAL. Napovedne enačbe za oceno BMR so zasnovane z uporabo podatkov iz raziskav, v katerih so BMR pri preiskovancih vrednotili z uporabo kalorimetrije. Ena prvih je bila enačba, ki sta jo objavila Harris in Benedict (1918). Čeprav je bila objavljena pred več kot 100 leti, se ponekod še vedno uporablja za ocenjevanje energijskih potreb. Tako kot enačba Harris in Benedict (1918), tudi večina današnjih enačb pri oceni BMR upošteva TM, starost in spol (Schofield, 1985; Livingston in Kohlstadt, 2005; Müller idr., 2004). Nekatere poleg TM, starosti in spola upoštevajo tudi telesno višino (TV) (Harris in Benedict, 1918; Henry, 2005; Mifflin idr., 1990) in PM (Cunningham, 1991). Glavna prednost ocene BMR z napovednimi enačbami je, da lahko ocenimo BMR zgolj na podlagi antropometričnih in bioloških podatkov o posamezniku, brez uporabe kalorimetrije. Slabost napovednih enačb je, da je možnost za napako pri oceni BMR posameznika velika, kljub temu, da se nekatere kažejo za natančne na stopnji celotnega vzorca (Schusdziarra, Wolfschläger, Hausmann, Wagenpfeil in Erdmann, 2014). Ta napaka se po oceni BMR in uporabi vrednosti PAL za določitev CEP, poveča vsaj za 30-40 %. Nekateri avtorji so zasnovali enačbe glede na kategorije ITM in predlagali različni enačbi za posameznike z normalno TM in posameznike z debelostjo (Frankenfield, 2013; Müller idr., 2004). Kljub poročani natančnosti, raziskave ne kažejo enotnih rezultatov in ni dovolj dokazov, da bi bila katera izmed enačb primernejša od vseh ostalih. V tej nalogi bomo z namenom primerjave trenutne prakse pri izračunu BMR v okviru prehranskega svetovanja, obravnavali enačbi Harris in Benedict (1918) in Mifflin idr. (1990), ki se najpogosteje uporabljata pri oceni energijske porabe in za določanje energijskih potreb (Henry in Camps, 2018). Poleg zadnjih enačb bomo obravnavali tudi enačbo, ki jo je objavil Henry (2005). Ta je sicer manj uveljavljena kot pred tem omenjeni enačbi, a je priporočena s strani Evropske organizacije za varno hrano (ang. European food safety authority (EFSA)) za namen ocenjevanja energijske porabe pri odraslih (EFSA panel on dietetic products, nutrition and allergies (NDA), 2013).

### 1.1.5 Metabolni ekvivalent

Metabolni ekvivalent (ang. metabolic equivalent of task (MET)) se na področju fiziologije vadbe že vrsto let uporablja kot mera za opis porabe energije med vsakodnevnimi aktivnostmi in vadbo. 1 MET je opredeljen s splošno vrednostjo, ki je enaka privzemu kisika v vrednosti  $3,5 \text{ ml O}_2 \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{min.}^{-1}$  in predstavlja porabo energije posameznika v mirovanju. Vrednost 1 MET se ob uporabi Weirove enačbe (Weir, 1949) in predpostavki za vrednost RQ (uporabi se vrednost 0,85) lahko izrazi tudi v enoti energije. Poraba energije 1 MET je enaka porabi  $4,18 \text{ kJ kg}^{-1} \cdot \text{hr}^{-1}$  ali  $1 \text{ kcal kg}^{-1} \cdot \text{hr}^{-1}$ . Za opis intenzivnosti napora med telesno aktivnostjo se poraba energije izrazi kot večkratnik vrednosti MET. V literaturi so v obliki zbornika na voljo podatki o vrednostih energijske porabe za različne športne in dnevne aktivnosti (Ainsworth idr., 2011). Podatki temeljijo na vrednostih energijske porabe, izmerjene s posredno kalorimetrijo pri aktivnostih, ki so objavljene v literaturi.

Vrednost energijske porabe 1 MET je v zborniku Ainsworth idr. določena z vrednostjo presnove v mirovanju (ang. resting metabolic rate (RMR)). V tej nalogi bomo za določitev 1 MET uporabili vrednost BMR. Avtorji trenutno veljavnih priporočil glede protokola meritve (Fullmer idr., 2015) svetujejo, da se meritev BMR izvede po prespani noči, v jutranjih urah in vsaj 12 ur po zadnjem obroku. Drugačen je protokol za meritev RMR, ki se lahko izvede v popoldanskem času in ne zahteva, da je preiskovanec popolnoma tešč. Izmerjene vrednosti po protokolu za merjenje RMR so navadno nekoliko višje od tistih, izmerjenih po protokolu za meritev BMR. Raziskave, pri katerih so avtorji raziskovali tematiko, ki je sorodna naši (Byrne, Hills, Hunter, Weinsier in Schutz, 2005; Heydenreich, Schutz, Melzer in Kayser, 2019; Wilms, Ernst, Thurnheer, Weisser in Schultes, 2014), navajajo vrednosti RMR, a je bil protokol merjenja presnove v teh raziskavah kljub drugačnemu poimenovanju enak tistemu, ki se uporablja za meritev BMR.

Najpomembnejša omejitev pri opisovanju energijske porabe z večkratnikom Vrednosti MET je splošna predpostavka, da je poraba energije v mirovanju premo sorazmerna s TM posameznika, ne glede na spol, starost, pusto maso in morebitne druge spremenljivke, za katere je znano, da vplivajo na vrednosti BMR. V praksi je MET najbolj uveljavljen kot merilo za določanje intenzivnosti posamezne aktivnosti pri objektivnem vrednotenju gibalne aktivnosti (GA). Pri tem se GA kategorizira glede na intenzivnost, ki je izražena z vrednostjo večkratnika MET.

### 1.1.6 Pospeškometer in energijska poraba

V zadnjih letih se vedno več pozornosti namenja objektivnemu vrednotenju GA. Najpogostejša metoda za objektivno vrednotenje GA je merjenje GA z uporabo pospeškometra. To je naprava, ki zaznava in zapisuje pospeške v različnih smereh. Za izhodno mero se uporabljajo sunki v določenem časovnem intervalu. Pospeškometri novejših izdelave zaznavajo sunke v smeri treh različnih osi. Eden izmed takšnih, ki trenutno velja za »zlato standard«, je Actigraph wGT3X-BT, ki meri in zajema pospeške z magnitudo do 8 G.

Vrednotenje GA s pospeškometrom poteka tako, da preiskovanec pospeškometer nosi več zaporednih dni. Na kateri del telesa bo nameščen, je odvisno od vrste naprave ali vrste informacij o aktivnosti, ki bi jih želeli z vrednotenjem pridobiti. Pogoji za kakovostno meritev je, da so način nošenja, nastavitve pospeškometra in pospeškometer validirani z referenčno metodo v primerljivih pogojih (Mathie, Coster, Lovell in Celler, 2004).

Končni podatki, ki jih pridobimo z uspešnim vrednotenjem in obdelavo podatkov, so podatki o absolutnem in relativnem trajanju GA, ki je kategorizirana glede na intenzivnost. GA glede na intenzivnost delimo na tri kategorije: i) nizko; ii) zmerno; iii) visoko intenzivno (Haskell idr., 2007) (Preglednica 1).

**Preglednica 1: Kategorije intenzivnosti gibalne aktivnosti**

<b>Intenzivnost</b>	<b>Merilo</b>
Nizka	< 3 MET
Zmerna	3–6 MET
Visoka	> 6 MET

Legenda: MET – metabolni ekvivalent.

Vrednotenje GA s pospeškometrom je povezano z energijsko porabo. Vrednosti MET se določijo na podlagi števila zabeleženih sunkov v določenem časovnem intervalu. V literaturi je več uveljavljenih meril (Crouter, Churilla in Bassett, 2006; Freedson, Melanson in Sirard, 1998; Powell, Carson, Dowd in Donnelly, 2017; Santos - Lozano idr., 2013; Troiano idr., 2008), s katerimi na podlagi zbranih podatkov o sunkih določimo vrednost MET v časovnem intervalu, za katerega želimo poznati intenzivnost. Mejne vrednosti števila sunkov se zaradi različnih metod zaznavanja pospeškov med napravami razlikujejo in za posamezno napravo lahko v literaturi najdemo različne mejne vrednosti za določanje intenzivnosti. Pri vrednotenju energijske porabe je pri obdelavi podatkov ključna uporaba mejnih vrednosti, ki so bile ustrezno preverjene z metodo posredne kalorimetrije.

Velik potencial vrednotenja energijske porabe s pospeškometrom, predvsem v primerjavi z metodama dvojno označene vode in posredne kalorimetrije, predstavljata možnost spremljanja GA ter ocena energijske porabe na posamezne dneve v domačem in delovnem okolju.

Primerjava vrednosti energijske porabe, določene s pospeškometrom z referenčno meritvijo porabe v presnovni komori, kaže, da lahko s pospeškometrom sorazmerno dobro ocenjujemo CEP (Rothney, Brychta, Meade, Chen in Buchowski, 2010; Warolin idr., 2012). Rothney idr. (2010) so poročali, da ocena CEP s pospeškometrom v primerjavi z meritvijo v presnovni komori preceni porabo za 3 %. Isti avtorji so podobno ugotovili tudi s primerjavo vrednosti porabe, ocenjene s pospeškometrom, in vrednosti porabe, ugotovljenih ob merjenju z dvojno označeno vodo. S pospeškometrom je bila energijska poraba glede na meritev z dvojno označeno vodo podcenjena za 2 %. Druge raziskave, pri katerih so primerjali vrednosti energijske porabe, ocenjene s pospeškometrom, z vrednostmi, izmerjenimi v presnovni komori, so pokazale neskladnost med metodama (Tan, Batterham in Tapsell, 2010; Wetten, Batterham,



Tan in Tapsell, 2014). Poudarili so, da je bila za večji del neskladnosti kriva nenatančnost pri ocenjevanju aktivnosti z nizko intenzivnostjo GA (< 3 MET).

Avtorji, ki so natančnost pospeškometra pri oceni energijske porabe preverjali s prenosnim kalorimetrom, so ugotovili, da oblikovanje in uporaba regresijskih enačb za popravek napovedi ocene energijske porabe izboljšata stopnjo skladnosti z vrednostmi, ugotovljenimi z uporabo kalorimetrije (Crouter idr., 2006; Powell idr., 2017; Sasaki, John in Freedson, 2011). Powell idr. (2017) so z navzkrižno validacijo potrdili ujemanje med vrednostmi energijske porabe, ocenjene s pospeškometrom v kombinaciji z regresijsko enačbo, z vrednostmi energijske porabe, izmerjene s prenosnim kalorimetrom (v mirovanju in med aktivnostjo). Na visoko stopnjo ujemanja kaže tudi poročana vrednost koeficienta skladnostne korelacije (CCC = 0,95).

## 1.2 Vrednotenje prehranskega vnosa

Prehranski vnos je pomembna determinanta zdravja. Natančno vrednotenje prehranskega vnosa je ključnega pomena, če želimo kakovostno preučevati vpliv prehrane na zdravje. Poleg poznavanja vrste, količine, časa zaužitja in načina priprave zaužitega živila ali jedi potrebujemo enake informacije tudi glede popite tekočine in zaužitih prehranskih dopolnil. Za vrednotenje prehranskega vnosa imamo na voljo več uveljavljenih metod: metoda prehranske zgodovine, vprašalnik o pogostosti uživanja živil, metoda jedilnika prejšnjega dne, metoda prehranskega dnevnika in druge. V praksi in literaturi se prehranski vnos najpogosteje vrednoti z uporabo vprašalnika o pogostosti uživanja živil, metode jedilnika prejšnjega dne ali z uporabo metode prehranskega dnevnika (Schoeller in Westerterp, 2017). Te metode spadajo med klasične in se bolj kot ne v enaki obliki uporabljajo že desetletja. Za raziskovanje spremenljivosti energijskega vnosa je primerna metoda jedilnika prejšnjega dne ali metoda prehranskega dnevnika. Vprašalnik o pogostosti uživanja živil ni primeren za ugotavljanje dnevne spremenljivosti prehrane, saj z analizo frekvence zaužitih živil ugotavljamo povprečni dnevni vnos hranil v preteklem obdobju (Pérez Rodrigo, Aranceta, Salvador in Varela - Moreiras, 2015). Poleg klasičnih metod se zaradi hitrega razvoja tehnologije in spletnih orodij pojavljajo novi načini vrednotenja prehranskega vnosa, ki jih lahko delimo v tri različne skupine (Burrows in Rollo, 2019): i) spletna orodja za vrednotenje prehranskega vnosa; ii) slikovne metode vrednotenja; iii) metode vrednotenja s pametnimi napravami ali z mobilniki. Ker novejšie metode še nimajo potrjene natančnosti in veljavnosti ter niso prevedene v slovenščino, niso primerne za uporabo v naši raziskavi.

Velika večina raziskav na temo spremenljivosti dnevnega vnosa je energijski vnos preučevala z uporabo metode prehranskega dnevnika. Zaradi primerne natančnosti te metode in z namenom boljše primerljivosti ugotovitev z drugimi raziskavami, smo jo uporabili tudi v tej nalogi.

### 1.2.1 Metoda prehranskega dnevnika

Metoda prehranskega dnevnika je prospektivna metoda, ki velja za zlati standard na področju vrednotenja prehranskega vnosa. Največje prednosti, vezane na predmet preučevanja v tej nalogi v nasprotju z drugimi metodami, so: natančna ocena količine živil in pijače (pri tehtanju

živil), mogoče preučevanje spremenljivosti in večja možnost, da vnos ne odstopa od dolgoročnega povprečja (Schoeller in Westerterp, 2017).

Metoda od preiskovanca zahteva, da na vnaprej pripravljen prazen obrazec zapiše vsa zaužita živila in popito pijačo. Zaželeno je, da obrazec ne vsebuje imen obrokov ali druge strukture, ki bi lahko nehote vplivali na sestavo obrokov in spodbudila spremembo prehranskega vedenja pri preiskovancu. Pri zapisovanju mora biti preiskovanec natančen in dovolj podroben, zato je še pred začetkom treba preveriti razumevanje navodil. Zaželeno je, da se količino živil preverja z uporabo tehtnice. Za zagotavljanje realne ocene prehranskega vnosa mora preiskovanec izpolniti vsaj tri prehranske dnevnik (tj. tri dni). V literaturi se najpogosteje uporablja tri-, štiri- ali sedemdnevni prehranski dnevnik, pri katerem preiskovanec zapisuje vnos na zaporedne dneve (Shim, Oh in Kim, 2014). Za ugotavljanje realnega vnosa posameznega hranila je treba vrednotiti zadostno število dni. Več dnevnih zapisov pri preiskovancu naj bi boljše predstavljalo realen prehranski vnos, a je zapisovanje več kot treh dni zaradi dodatnega napora lahko tudi slabost. Potencialne omejitve, ki jih prinaša uporaba te metode, so: zahtevana večja stopnja motivacije in angažiranosti, daljše trajanje in možnost za spremembo prehranskega vedenja med vrednotenjem.

## 2 NAMEN, HIPOTEZE IN RAZISKOVALNO VPRAŠANJE

### 2.1 Predmet, problem in namen

Naloga obravnava energijsko ravnovesje, ki je eden temeljnih pojmov na področjih prehrane, telesne aktivnosti in zdravja. Z vidika zdravja je pojem obravnavan zaradi posledic na eni strani trajnega presežka energijskega vnosa, ki spremlja nastanek debelosti in pomembno vpliva na nastanek kroničnih nenalezljivih bolezni (Klein idr., 2004; Romieu idr., 2017), in na drugi strani zmanjšane vnosa, ki omogoča zmanjševanje TM, ki je lahko načrtovano (zdravljenje debelosti) ali nezaželeno (podhranjenost) (Jensen idr., 2010). Pri energijskem ravnovesju obravnavamo dva glavna pojma – energijski vnos in energijsko porabo – ter njuno medsebojno razmerje. Pridobivanje ali zmanjševanje TM pri posamezniku nakazuje na energijsko neravnovesje, ki se kaže kot pozitivna ali negativna energijska bilanca. Debelost in z njo povezani zapleti so neposredna posledica dolgotrajne pozitivne energijske bilance pri posamezniku (Hall idr., 2012).

Vloga prekomernega energijskega vnosa s hrano na TM in tudi vloga nezadostne porabe energije z gibanjem sta z vidika fiziologije dobro raziskani. Raziskave kažejo vpliv na kazalnike presnovnega zdravja že po treh dneh pozitivne energijske bilance pri zdravih posameznikih in še izrazitejše pri posameznikih z debelostjo. V tem času se poleg porasta TM že pokažeta upad občutljivosti na inzulin in povečanje koncentracij označevalcev oksidativnega stresa v krvi (Samocha - Bonet idr., 2012). Po štirih tednih pozitivne bilance poleg dodatnega zmanjšanja občutljivosti na inzulin pride do povečanja zalog visceralnega maščobnega tkiva in pojava negativnih sprememb v morfološki sestavi skeletnega mišičja, ki so zaznavne že samo pri 3-odstotnem povečanju TM (Tam, Chaudhuri, Hutchison, Samocha - Bonet in Heilbronn, 2017). Dolgoročno posledico pozitivne energijske bilance predstavljata debelost in povečano tveganje za nastanek kroničnih nenalezljivih bolezni (Guh idr., 2009). Domneva se, da sta povečan oksidativen stres in zmanjšana občutljivost na inzulin, ki se pokažeta že pri kratkoročni pozitivni energijski bilanci, ključna dejavnika, ki debelost povezujeta z nastankom kroničnih nenalezljivih bolezni (Manna in Jain, 2015). Na področju prehrane avtorji priporočil za obravnavo debelosti poudarjajo, da je energijska bilanca najpomembnejši dejavnik pri nastanku (pozitivna bilanca) in zdravljenju debelosti (negativna bilanca) (Ryan in Kahan, 2018). Tudi če je obravnavo debelosti temelječa na dokazih, je na področju energijskega ravnovesja več pomembnih omejitev, ki zadevajo širša področja zdravja, prehrane in telesne aktivnosti.

Prva izmed teh je omejitev je vrednotenje energijske porabe. Pri prehranski obravnavi se za ugotavljanje energijskih potreb večinoma uporabljajo manj objektivni načini določanja potreb, kot so: izračuni z napovednimi enačbami, vprašalniki o GA ali splošna ocena porabe (Gandy, 2014). Raziskave kažejo, da so napovedne enačbe kljub majhni povprečni napaki zaradi nenatančnosti neprimerne za oceno energijske porabe posameznika (Schusdziarra idr., 2014). Če se z napovedno enačbo izračuna vrednost BMR posameznika, je za oceno CEP pri obravnavi treba določiti tudi vrednost PAL. Ocena vrednosti PAL z metodo vprašalnika za vrednotenje

GA – po raziskavah sodeč – ni dovolj natančna za oceno vrednosti PAL pri posamezniku (Elliott, Baxter, Davies in Truby, 2014; Mahabir idr., 2006).

Potencialno uporabne za vrednotenje energijske porabe se kažejo pametne naprave (Woodman, Crouter, Bassett, Fitzhugh in Boyer, 2017) in pospeškometri (Schneller, Pedersen, Gupta, Aadahl in Holtermann, 2015).

Vrednotenje s pospeškometrom je pri oceni GA natančnejše od ocenjevanja z uporabo vprašalnika (Dowd idr., 2018). Vrednotenje s pospeškometrom daje veljavne podatke o GA. Primerjava referenčne metode merjenja porabe energije z dvojno označeno vodo in pospeškometrom kaže, da ocena celodnevne energijske porabe s pospeškometrom ni skladna z referenčno metodo. Delno je za napako kriva uporaba splošne vrednosti za 1 MET, ki je opredeljen kot privzem  $3,5 \text{ ml O}_2 \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{min.}^{-1}$  v mirovanju. Pri uporabi te vrednosti se predpostavlja, da je energijska poraba pri preiskovancu linearno povezana le s količino telesne mase. Ta predpostavka se ne zdi smiselna glede na dozdajšnje raziskave, ki kažejo na odvisnost porabe od bioloških in antropometričnih dejavnikov, kot so: spol, starost, telesna višina, telesna masa in količina PM (Donahoo, Levine in Melanson, 2004). Navedeni dejavniki vplivajo predvsem na komponento BMR, ki je pri posamezniku enaka 1 MET.

Na neprimernost uporabe vrednosti MET za ta namen so nekateri avtorji že opozarjali (Byrne idr., 2005) in za izboljšavo ocene energijske porabe svetovali popravek izračuna z izmerjeno vrednostjo BMR. Izmerjena vrednost privzema kisika v mirovanju je v raziskavah pogosto manjša, kot jo opredeljuje splošna vrednost za 1 MET. To je bilo potrjeno na vzorcu prekomerno težkih in debelih oseb. V raziskavi Gunn idr. (2002) je bila izmerjena vrednost BMR za 25 % manjša od ocenjene s splošno vrednostjo MET. Podobno so pokazale tudi druge raziskave, v katerih je bila izmerjena poraba energije v primerjavi z oceno s splošno vrednostjo 1 MET v mirovanju precenjena za 37 % (Byrne idr., 2005), 35 % (Savage, Toth in Ades, 2007) in 29 % (Wilms idr., 2014). V teh raziskavah so ujemanje izmerjene porabe energije s tisto, ocenjeno na podlagi splošne vrednosti MET, preverjali tudi med hojo in drugimi vsakodnevnimi aktivnostmi. Pri tem so ugotovili, da je bila izmerjena poraba med aktivnostjo večja od vrednosti, ki je bila za to aktivnost navedena v zborniku vrednosti MET. Velikost razlike je bila močno povezana z ITM in je bila največja pri preiskovancih z ITM nad  $40 \text{ kg/m}^2$ . Pri preiskovancih z normalnim ITM so bila ugotovljena manjša odstopanja. Avtorji poročajo, da bi z uporabo splošne vrednosti 1 MET pri oceni porabe v mirovanju realno porabo precenili pri veliki večini preiskovancev, ki imajo ITM večji od  $25 \text{ kg/m}^2$  (Wilms idr., 2014). Drugače je s porabo med aktivnostjo, saj se z uporabo splošne vrednosti MET za oceno porabe podceni realno energijsko porabo predvsem pri preiskovancih z ITM nad  $30 \text{ kg/m}^2$ . Prednost merjenja energijske porabe s pospeškometrom je, da se energijsko porabo med priložnostnimi aktivnostmi lahko vrednoti za vsak posamezen dan. V povezavi s podatki o energijskem vnosu smo tako lahko preučevali spremenljivost energijske porabe in energijskega ravnovesja na posamezne dneve, kar do zdaj, z izjemo raziskav znotraj presnovne komore, še ni bilo natančno preučevano.

Druga omejitev pri obravnavi energijskega ravnovesja zadeva vrednotenje energijskega vnosa. Za vrednotenje energijskega vnosa ni metode, s katero bi ugotavljali vnos brez vpliva na prehranske navade preiskovanca. Vse metode, ki so na voljo in primerne za uporabo v domačem okolju, temeljijo na samoocenjevanju prehranskega vnosa. Ocenjuje se, da svoj energijski vnos podcenjuje od 25 % (Murakami in Livingstone, 2015) do 40 % (Lopes idr., 2016) vseh oseb, ki poročajo o svojem prehranskem vnosu v okviru raziskav. To velja za vse tri uveljavljene metode za vrednotenje prehranskega vnosa: metodo vprašalnika o pogostosti uživanja živil, metodo jedilnika prejšnjega dne in metodo prehranskega dnevnika. Napačno poročanje prehranskega vnosa je povezano z ITM preiskovanca (Freisling idr., 2012; Trijsburg idr., 2017); poročan vnos je vsaj za 20 % manjši od pričakovanega, ki je enak energijski porabi. Pri takšni vrednosti negativne energijske bilance se pričakuje pojav zmerne izgube telesne mase.

Predmet naloge je energijsko ravnovesje, ki je eden temeljnih pojmov na področju prehrane. Pozitivna energijska bilanca vodi v debelost in kronične nenalezljive bolezni. Razmerje med energijsko porabo in energijskim vnosom predstavlja velik izziv za raziskovanje in je pomembno za delo dietetika, saj predpisuje prehrano prek poznavanja vnosa in porabe.

Problem naloge zadeva vrednotenje energijske porabe in energijskega vnosa. Z vidika energijske porabe ni uveljavljene metode, s katero bi dnevno vrednotili energijsko porabo v prostoživečem okolju. Pri prehranski obravnavi se uporablja enačbe vprašljive natančnosti za oceno BMR in tudi vrednosti PAL in se ne uporablja objektivnih metod. Spremenljivost energijskega in prehranskega vnosa je pomembna, ampak slabo raziskana.

Namen naloge je na vzorcu odraslih oseb ovrednotiti presnovni, gibalni in prehranski status preiskovancev z vidika energijskega ravnovesja. Preveriti želimo skladnost objektivnega načina vrednotenja energijske porabe z obstoječim, ugotoviti prehranski vnos ter oceniti, kakšna je dnevna spremenljivost energijske porabe in vnosa.

## 2.2 Cilji in hipoteze

Pri načrtovanju smo si zastavili naslednje cilje (C):

C 1: Določiti BMR preiskovancev, primerjati splošno vrednost porabe 1 MET z izmerjeno porabo MET in raziskati povezanost izmerjene porabe s spremenljivkami ITM, deležem telesne maščobe in starostjo.

C 2: S ciljem določitve vrednosti energijske porabe objektivno ovrednotiti GA z uporabo pospeškometra ter ugotovitve uporabiti za oceno energijske porabe in dnevne spremenljivosti energijske porabe.

C 3: Preveriti skladnost uporabljene metode za oceno energijske porabe z uveljavljenimi metodami.

C 4: Ugotoviti, kakšen je prehranski vnos preiskovancev in izračunati dnevno spremenljivost energijskega vnosa.

C 5: Ugotoviti stanje energijskega ravnovesja in energijske bilance.

Za izpolnitev ciljev smo si zastavili naslednje hipoteze (H):

H 1.1: Vrednost izmerjenega 1 MET se bo statistično značilno ( $p < 0,05$ ) razlikovala od splošne vrednosti 1 MET.

H 1.2: Izmerjena vrednost za MET bo negativno povezana z ITM preiskovanca.

H 1.3: Izmerjena vrednost za 1 MET bo negativno povezana z deležem telesne maščobe preiskovanca.

H 1.4: Izmerjena vrednost za MET bo negativno povezana s starostjo preiskovanca.

H 2: Povprečna vrednost koeficienta variacije dnevne spremenljivosti energijske porabe bo znotraj preiskovanca znašala več kot 10 %.

H 3: Izračunane vrednosti za dnevno energijsko porabo, ocenjene z napovednimi enačbami, se bodo statistično značilno razlikovale od vrednosti, ki bodo izračunane z našo metodo.

H 4: Dnevna spremenljivost energijskega vnosa znotraj preiskovanca bo manjša kot med preiskovanci.

H 5: Energijska poraba bo pri preiskovancih večja od energijskega vnosa.

### 3 METODE DELA IN MATERIALI

#### 3.1 Preiskovanci

V mesecih maju in juniju 2019 smo v okviru projekta Promocija zdravja, namenjena slovenskim policistom (akronim: PROZ-SIPO), sodelujoče povabili k udeležbi v raziskavi z vabilom, poslanim prek elektronske pošte. Povabljeni so bili zaposleni v policiji iz obalne, goriške, ljubljanske in iz gorenjske regije. Raziskava je bila izvedena pod okriljem krovne odobritve Komisije Republike Slovenije za medicinsko etiko (št. 0120-557/2017/4) skladno z načeli Helsinške in Oviedske deklaracije. Informirano privolitev v sodelovanje v raziskavi je podpisalo 66 oseb moškega in ženskega spola. Analizo smo razdelili v tri sklope in za vsak sklop določili vključevalna merila. Po podpisani informirani privolitvi se 9 preiskovancev ni udeležilo meritev. Končno število preiskovancev, ki so se udeležili antropometričnih meritev in izpolnjevali vključevalna merila vsaj ene izmed analiz, je bilo 57 (Slika 1). Vsak izmed teh je bil vključen v enega ali več sklopov analiz. Osnovni podatki o preiskovancih so navedeni v Preglednici 2.

**Preglednica 2: Osnovni podatki o preiskovancih**

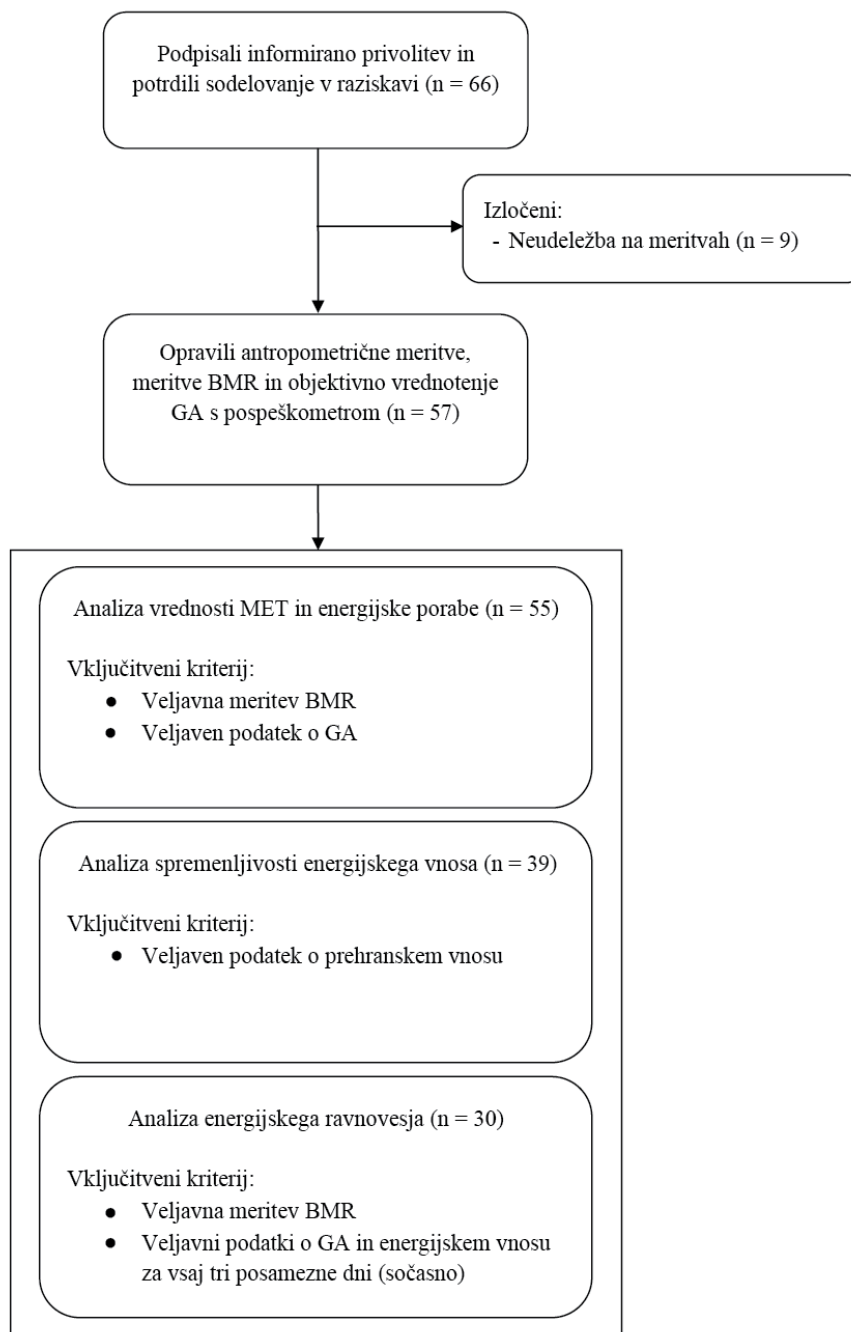
n	Spol	Starost (leta)	TV (cm)	TM (kg)	ITM (kg/m <sup>2</sup> )
		Povprečje ± SO			
42	moški	42 ± 6,9	180 ± 6,3	92 ± 15,5	28,2 ± 4,7
15	ženski	41 ± 8,4	168 ± 5,7	68 ± 11,4	24,0 ± 4,0

Legenda: ITM – indeks telesne mase; TV – telesna višina; TM – telesna masa.

V analizo vrednosti MET in energijske porabe je bilo vključenih 55 preiskovancev. Vključevalno merilo je bila veljavna meritev BMR in veljavni podatki o GA, izmerjeni s pospeškometrom. V sklop analize spremenljivosti energijskega vnosa je bilo vključenih 39 preiskovancev. Glavno vključevalno merilo je bil veljaven podatek o prehranskem vnosu. Vključevalno merilo za analizo energijskega ravnovesja sta bila sočasno za vsaj tri dni veljavna podatka o prehranskem vnosu in GA, izmerjeni s pospeškometrom. Merila za veljavnost meritve BMR, GA izmerjene s pospeškometrom in prehranskega vnosa, so opisana v poglavjih 3.3.2, 3.3.3 in 3.3.6.

#### 3.2 Potek raziskave

Vsak preiskovanec je merilne prostore obiskal trikrat. Ob prvem obisku smo preiskovance seznanili s potekom raziskave. Vsak izmed preiskovancev je z namenom objektivnega vrednotenja GA ob prvem obisku namestil pospeškometer. Tega je predvidoma nosil od 10 do 14 zaporednih dni. Preiskovancem je bila prikazana pravilna namestitev pospeškometra. Prejeli so tudi natisnjene izročke z navodili za ravnanje (Priloga 2). Pred spanjem so morali pospeškometer odstraniti in ga takoj po bujenju znova namestiti.



**Slika 1: Shema raziskave ter merila za vključitev in izključitev iz analize**

Ob drugem obisku so preiskovanci opravili antropometrične meritve in meritve BMR<sub>izm</sub>. Po opravljeni meritvi so prejeli obrazce za izpolnjevanje prehranskega dnevnika s pripadajočimi navodili (Priloga 1). Ker so bile meritve izvedene med 7. in 10. uro zjutraj, so pisanje prehranskega dnevnika predvidoma začeli že istega dne. V času drugega obiska smo dodatno preverjali, ali preiskovanci pri nošenju pospeškometra upoštevajo navodila, ki so jih prejeli ob prvem obisku.



Ob tretjem, zadnjem obisku so preiskovanci odstranili in predali pospeškometre ter izpolnjene prehranske dnevnik. Podatke iz zbranih pospeškometrov smo nato s pomočjo programske opreme izvozili v datoteke, primerne za nadaljnjo obravnavo. Zbrane prehranske dnevnik smo evidentirali in pripravili za analizo.

### 3.3 Uporabljeni pripomočki in merski instrumenti

#### 3.3.1 Antropometrične meritve

V sklopu antropometričnih meritev smo preiskovancem izmerili obseg pasu, obseg bokov in telesno sestavo. Telesno sestavo smo izmerili z bioimpedančno tehtnico (Tanita MC-980MA, Tanita Corp., Tokio, Japonska). Meritev telesne sestave smo izvedli skladno z navodili proizvajalca naprave. Vsak izmed preiskovancev je stopil na merilno površino tehtnice, na kateri so nameščene elektrode. Po meritvi TM je preiskovanec z rokami prijel ročni elektrodi in roke sproščeno spustil ob telo, ne da bi se ob tem z elektrodami dotikal bokov. V tem položaju je preiskovanec miroval 30 s, tj. do pojava zvočnega signala, ki je naznanil konec meritve. Obseg pasu smo z merilnim trakom izmerili na srednji točki med vrhom medenice in najnižjim otipljivim rebrom. Obseg bokov smo izmerili na najširšem delu v višini ritnic. Rezultate smo po meritvi zapisali v vnaprej pripravljeno preglednico. Vse antropometrične meritve je izvajala ista oseba. Končne izhodne mere antropometričnih meritev so bile: TM in PM v kg, delež telesne maščobe v odstotkih ter obseg pasu in bokov v cm.

#### 3.3.2 Meritev bazalne presnove in metabolnega ekvivalenta

Za meritve  $BMR_{izm}$  smo uporabili posredni kalorimeter (Quark CPET, Cosmed, Rim, Italija). Ustrezna natančnost te naprave je bila ugotovljena v pretekli raziskavi Blond idr. (2011). Uporabljena naprava porabo energije pri posamezniku določa na podlagi vzorčenja koncentracij plinov  $O_2$  (paramagnetni senzor z merilno napako  $\pm 0,1 \%$ ) in  $CO_2$  (infrardeči digitalni senzor z merilno napako  $\pm 0,02 \%$ ) ob vsakem vdihu in izdihu. Poleg senzorjev za vzorčenje  $O_2$  in  $CO_2$  je sestavni del merilne naprave tudi dvosmerna merilna vetrnica (merilna napaka  $\pm 2 \%$ ), s katero naprava vzorči prostornino vdihanega in izdihanega zraka. S pomočjo programske opreme (Omnia, Cosmed, Rim, Italija) lahko ob vsaki izmenjavi vdiha in izdiha razberemo privzem  $O_2$  in proizvodnjo  $CO_2$ , ki je navedena v prostorninski enoti (ml/min.). Z uporabo Weirove (1949) enačbe podatke pretvorimo v enote energije in določimo BMR (Enačba 1).

$$BMR_{izm} = 1,44 ( 3,94 VO_2 + 1,11 VCO_2 ) \quad \dots(1)$$

$BMR_{izm}$  - izmerjena bazalna presnova

$VO_2$  - privzem  $O_2$  v ml/min

$VCO_2$  - proizvodnja  $CO_2$  v ml/min

Merilno napravo smo na meritve pripravili skladno s priporočili proizvajalca. Po 10 minutah ogrevanja naprave smo začeli postopek umerjanja. Ta je obsegal umerjanje dvosmerne merilne vetrnice z vpihovanjem znane prostornine (3 l), umerjanje senzorjev z vzorčenjem zraka v prostoru in vzorčenje mešanice plina za umerjanje (5 %  $CO_2$  in 16 %  $O_2$ ). Merilno vetrnico smo

umerjali vsaj enkrat dnevno ali po vsaki tretji opravljeni meritvi. Oba senzorja smo umerili neposredno pred vsako izmed meritev.

Meritve smo izvedli skladno z objavljenimi priporočili glede priprave merilnega prostora in uporabe merilnih postopkov za merjenje BMR (Fullmer idr., 2015). Preiskovancem smo dan pred meritvijo poslali sporočilo, v katerem smo jih opozorili, da naj večerni obrok zaužijejo vsaj 12 ur pred meritvijo naslednjega dne in da naj zadnji obrok ne bo preobilan. Opozorili smo jih, da 12 ur pred meritvijo in do same meritve lahko pijejo samo vodo ter da naj v jutranjih urah ne uživajo nikotina in kofeina. Pred tem smo jim ob prvem obisku svetovali, da naj na dan pred meritvijo ne načrtujejo nobene intenzivne telesne aktivnosti.

Vsak izmed preiskovancev je po prihodu v merilni prostor opravil obdobje aklimatizacije (20 min.) na prostor v sedečem položaju. V merilnem prostoru smo vzdrževali temperaturo zraka med 22 °C in 25 °C. Z namenom zmanjšanja svetlobne stimulacije smo med aklimatizacijo zatemnili tisti del prostora, ki je bil predviden za izvedbo meritve. Po končanem obdobju aklimatizacije smo preiskovancu namestili dihalno masko (7450 V2; Hans Rudolph, Shawnee, ZDA) in preverili, da je ustrezno zatesnjena in dovolj udobna. Po namestitvi dihalne maske so preiskovanci v ležečem položaju mirovali še nekaj minut, s čimer smo ocenili, kako preiskovanec prenaša nameščeno masko.

Po petih minutah smo preiskovancem na masko namestili merilno vetrnico in začeli meritev. Pred tem smo jim svetovali, da naj se skušajo v naslednjih 30 minutah popolnoma umiriti. Svetovali smo jim, da poskusijo z enakomernim dihanjem, in jih opozorili, da naj med meritvijo ne zaspijo. Preiskovanci so si pred meritvijo v sluhovod namestili tudi ušesne čepke s poliuretanske pene. Takoj po začetku meritve smo preiskovancem oči prekrili s pokrivalom.

Podatke smo med meritvijo zajemali ob vsakem ciklu vdiha in izdiha, pri katerem je izpisana vrednost v intervalu 10 s predstavljala povprečje zadnjih 30 s pretečene meritve. Po končani meritvi smo podatke s programsko opremo obdelali, tako da smo zavrgli prvih 10 min. meritve. Končno vrednost  $BMR_{izm}$  smo odčitali v prvem obdobju ustaljenega stanja, ki je moralo trajati vsaj 5 min. Merilo za določitev ustaljenega stanja smo opredelili kot prvi časovni interval v trajanju 5 minut, pri katerem je koeficient variacije za vrednost minutne respiratorne frekvence  $VO_2$  in  $VCO_2$  znašal manj kot 10 %.

Izmerjeno vrednost  $BMR_{izm}$  smo pretvorili v enote kJ(kcal)/dan. Odčitali smo tudi podatek o minutnem privzemu  $VO_2$  (ml/min.), proizvodnji  $CO_2$  (ml/min.) in vrednosti RQ v obdobju ustaljenega stanja. Za določitev vrednosti 1 MET smo privzem  $VO_2$  pri preiskovancih izrazili na enoto TM. Izmerjeno vrednost 1 MET smo označili s kratico  $MET_{izm}$ . Meritev smo označili za veljavno, v kolikor preiskovanec ni poročal o jemanju zdravil in trenutni prisotnosti bolezni ščitnice, sladkorni bolezni ali kateri izmed ostalih kroničnih bolezni, ki bi lahko imela vpliv na rezultate meritev. Preiskovance smo vprašali tudi, kakšna je bila njihova TM v zadnjih tednih. Pri preiskovancu je bila meritev veljavna, v kolikor je poročal o stabilni TM v zadnjih tednih.

### 3.3.3 Objektivno vrednotenje gibalne aktivnosti

Za objektivno vrednotenje gibalne aktivnosti (GA) smo uporabili pospeškometer proizvajalca Actigraph™ (wGT3X-BT, Pensacola, California, ZDA), ki je bil predhodno validiran v več raziskavah na temo vrednotenja GA (Duncan idr., 2018; Powell idr., 2017; Santos - Lozano idr., 2013; Sasaki idr., 2011). Izbrani model pospeškometra vzorči sunke v horizontalni (x- in z-os) in vertikalni smeri (y-os). Vzorčijo se z 12-bitnim analogno-digitalnim pretvornikom na podlagi predhodno nastavljenih frekvence vzorčenja. Pri izračunu smo uporabili podatek o vektorski stopnji (VS) zabeleženih sunkov. VS je opredeljena kot vrednost vektorskega seštevka sunkov na x-, y- in z-osi v izbranem časovnem intervalu (Enačba 2).

$$VS = \sqrt{x^2 + y^2 + z^2} \quad \dots (2)$$

VS – vektorska stopnja  
x – sunki na x-osi  
y – sunki na y-osi  
z – sunki na z-osi

Vsakega izmed pospeškometrov smo pred namestitvijo pripravili z uporabo priložene programske opreme (Actilife 6.13.4, Pensacola, ZDA). Določili smo datum in čas začetka vrednotenja ter datum in čas konca vrednotenja, ki sta sovpadala s prvim (začetek) in tretjim obiskom (zaključek) preiskovancev. Ves čas vrednotenja so bili sunki vzorčeni s frekvenco 30 Hz. Podatki se na notranji pomnilnik naprave shranjujejo v surovi obliki. Preiskovanci so pospeškometer namestili na desni bok, v liniji med desnim kolenom in pazduho. Med raziskavo so lahko pospeškometer odstranili le v umivanju in spanju.

Po končanem obdobju vrednotenja smo z uporabo programske opreme izvozili surove podatke z notranjega pomnilnika pospeškometrov. Način vrednotenja in izvoza podatkov smo uskladili z metodologijo, ki so jo Powell idr. (2017) uporabili pri validaciji pospeškometra z metodo posredne kalorimetrije med prostočasnimi aktivnostmi. Za časovni interval združevanja sunkov smo uporabili interval 60 s in ob združevanju uporabili način digitalnega filtriranja, ki sunke nizkih frekvenc izloča manj selektivno. Veljavnost ugotovljenih podatkov smo z vidika zadostnega časa nošenja za vsakega preiskovanca preverili z uveljavljenim algoritmom (Choi, Liu, Matthews in Buchowski, 2011) za avtomatsko oceno dnevnega časa nošenja. Za izključitveno merilo smo določili manj kot 600 min. dnevne nošnje pospeškometra. Dneve, ki so bili z uporabo algoritma ocenjeni s časom nošenja. manjšim od 600 min., smo označili za neveljavne in vrednosti za tisti dan izločili iz nadaljnje analize. Za določitev vrednosti MET pri preiskovancih smo uporabili regresijsko enačbo, ki so jo zasnovali Powell idr. (2017) (Enačba 3).

$$MET = 1,055121 + (0,000911 \times \text{sunki (VS) } 60 \text{ s}^{-1}) \quad \dots (3)$$

MET – metabolni ekvivalent  
sunki (VS) – vektorska stopnja sunkov v časovnem intervalu 60 s

Povprečje vrednosti MET vsakega izmed veljavnih dni merjenja smo označili s simbolom  $MET_{24ur}$ . To vrednost smo nato uporabili pri nadaljnjem izračunu CEP.

### 3.3.4 Izračun celodnevne energijske porabe in ravni telesne dejavnosti

Na podlagi podatkov o  $BMR_{izm}$  in vrednosti  $MET_{24ur}$  (Enačba 3), ugotovljeno z objektivnim vrednotenjem GA, smo določili vrednost  $CEP_{izm}$  za vsakega izmed veljavnih dni merjenja. Pri oblikovanju enačbe smo upoštevali, da so Powell idr. (2017) pri zasnovi regresijske enačbe, konstante za določitev vrednosti MET med aktivnostjo, izrazili kot večkratnik izmerjenega BMR pri preiskovancih in ne kot večkratnik splošne vrednosti MET. PAL smo določili z enačbo (Enačba 4):

$$PAL_{izm} = 0,1 + MET_{24ur} \quad \dots (4)$$

$PAL_{izm}$  – raven telesne dejavnosti, izmerjena pri objektivnem vrednotenju GA

$MET_{24ur}$  – dnevna vrednost metabolnega ekvivalenta izmerjen pri objektivnem vrednotenju

Vrednost 0,1, zapisana v Enačba 4, predstavlja prilagoditveni faktor za termičen učinek hranil. Termični učinek hranil k CEP prispeva v povprečju 10 % celotne energije, vnesene s hrano in pijačo (Calcagno idr., 2019). Prilagoditveni faktor smo vključili v enačbo, ker vrednosti za MET v literaturi ne upoštevajo komponente TUH in so preiskovanci v raziskavah navadno tešči.

Končno mero  $CEP_{izm}$  smo pri preiskovancih določili z naslednjo enačbo (Enačba 5):

$$CEP_{izm} = BMR_{izm} \times PAL_{izm} \quad \dots (5)$$

$CEP_{izm}$  – celodnevna izmerjena energijska poraba

$BMR_{izm}$  – izmerjena bazalna presnova

$PAL_{izm}$  – raven telesne dejavnosti

$CEP_{izm}$  smo izrazili v enotah kJ (kcal)/dan in vrednost uporabili pri nadaljnji analizi.

### 3.3.5 Izračun celodnevne energijske porabe z uporabo napovednih enačb

Z namenom primerjave med izmerjeno in ocenjeno energijsko porabo smo na podlagi podatkov o TM, TV, starosti in spolu, BMR izračunali z uporabo treh uveljavljenih napovednih enačb. Postopek izračuna za vsako izmed navedenih enačb je prikazan v Preglednici 3. Izračunane vrednosti bazalne presnove  $BMR_{Harris}$  (Harris in Benedict, 1918),  $BMR_{Mifflin}$  (Mifflin idr., 1990) in  $BMR_{Henry}$  (Henry, 2005) smo nato uporabili za izračun  $CEP_{Harris}$ ,  $CEP_{Mifflin}$ ,  $CEP_{Henry}$  z uporabo enačbe 4, ki smo jo predstavili v prejšnjem poglavju. Pri tem smo namesto  $BMR_{izm}$  uporabili nove spremenljivke:  $BMR_{Harris}$ ,  $BMR_{Mifflin}$  in  $BMR_{Henry}$ . Namesto vrednosti PAL v enačbi 4, smo za oceno aktivnosti uporabili vrednost  $PAL_{ocenjeno}$ .

**Preglednica 3: Napovedne enačbe za izračun bazalne presnove**

	Enačba za izračun BMR (kcal)	Vir
BMR <sub>Harris</sub>	M $TM \text{ (kg)} \times 13,7516 + TV \text{ (cm)} \times 5,0033 - \text{starost (leta)} \times 6,755 + 66,473$	Harris in Benedict (1918)
	Ž $TM \text{ (kg)} \times 9,5634 + TV \text{ (cm)} \times 1,8496 - \text{starost (leta)} \times 4,6756 + 655$	
BMR <sub>Mifflin</sub>	$9,99 \times TM \text{ (kg)} + 6,25 \times TV \text{ (cm)} - 4,92 \times \text{starost (leta)} + 166 \times \text{spol} - 161$	Mifflin idr. (1990)
BMR <sub>Henry</sub>	M 18–30 let : $14,4 \times TM \text{ (kg)} + 3,13 \times TV \text{ (cm)} + 113$	Henry (2005)
	M 30–60 let : $11,4 \times TM \text{ (kg)} + 5,41 \times TV \text{ (cm)} - 137$	
	Ž 18–30 let : $10,4 \times TM \text{ (kg)} + 6,15 \times TV \text{ (cm)} - 282$	
	Ž 30–60 let : $8,18 \times TM \text{ (kg)} + 5,02 \times TV \text{ (cm)} - 11,6$	

Legenda: M – moški; Ž – ženska; TM – telesna masa v kg; TV – telesna višina v cm; spol: moški = 1; ženski = 0; BMR<sub>Harris</sub> – bazalna presnova, izračunana z uporabo enačbe Harris in Benedict (1918); BMR<sub>Mifflin</sub> – bazalna presnova, izračunana z uporabo enačbe Mifflin idr. (1990); BMR<sub>Henry</sub> – bazalna presnova, izračunana z uporabo enačbe Henry (2005).

Vrednost PAL<sub>ocenjeno</sub> smo določili skladno s priporočili glede vrednosti PAL, ki so objavljene v literaturi (EFSA panel on dietetic products, nutrition and allergies (NDA), 2013). To smo naredili tako, da smo pri vsakem izmed preiskovancev na podlagi vrednosti PAL, ki smo jo pred tem določili z objektivnim vrednotenjem GA s pospeškometrom, v Preglednici 4 poiskali pripadajočo vrednost PAL<sub>ocenjeno</sub>. To smo zaokrožili na vrednost, ki je bila najbližja ocenjeni in s tem poskušali posnemati način določanja PAL v praksi z delno pomočjo objektivne meritve.

**Preglednica 4: Merilo za določitev vrednosti ravni telesne dejavnosti, uporabljene za izračun celodnevne energijske porabe z napovednimi enačbami**

PAL <sub>izm</sub>	PAL <sub>ocenjeno</sub>	Življenjski slog
< 1,49	1,4	Sedeč
1,5–1,69	1,6	Zmerno aktiven
1,7–1,89	1,8	Aktiven
1,9–2,1	2	Zelo aktiven

Legenda: PAL<sub>izm</sub> – raven telesne dejavnosti pri preiskovancu (izmerjena s pospeškometrom); PAL<sub>ocenjeno</sub> – raven telesne dejavnosti uporabljena za izračun celodnevne energijske porabe z napovednimi enačbami.

### 3.3.6 Tridnevni prehranski dnevnik s tehtanjem količin zaužite hrane

Preiskovanci so navodila za izpolnjevanje prehranskega dnevnika sprejeli ob drugem obisku. Poleg praznih obrazcev, v katere so zapisovali vso zaužito hrano in pijačo, so prejeli tudi natisnjen list z navodili. Ta je vseboval primer izpolnjenega prehranskega dnevnika, številko za stik in elektronski naslov, na katerega so se lahko obrnili ob vprašanjih ali težavah pri reševanju (Priloga 1). Preiskovanci so prejeli digitalno namizno tehtnico (HG04770C, Silvercrest, Neckarsulm, Nemčija), s katero so si med pisanjem prehranskega dnevnika pomagali pri določanju količin zaužite hrane in pijače. Svetovali smo jim, da poskušajo ohraniti enak ritem

prehranjevanja in uživati enaka živila v podobnih količinah, kot so jih običajno uživali pred izpolnjevanjem dnevnika. Za obroke, ki so jih v tem času zaužili v restavraciji ali na poti, smo jim svetovali, da naj jih podrobno opišejo in fotografirajo. Iz nadaljnje analize smo izločil preiskovance, ki so poročali o spremembi prehranskega vnosa ali redukcijski dieti med raziskavo ali v času pred začetkom raziskave. Prav tako smo pri preiskovancih za neveljavne določili vse posamezne dnevne zapise prehrane, iz katerih se ni dalo dovolj natančno ugotoviti količine ali vrste katerega izmed zapisanih živil. Za veljaven podatek o prehranskem vnosu je preiskovanec moral imeti vsaj tri dnevne zapise prehrane, ki so bili skladni z navodili za izpolnjevanje dnevnika.

Ob tretjem obisku smo z vsakim izmed preiskovancev opravili krajši posvet. Ta je bil namenjen pregledu prehranskih dnevnikov preiskovancev in ob nejasnosti pri zapisanih živilih in jedeh, pridobitvi dodatnih informacij in pojasnil. Te smo upoštevali pri analizi prehranskega vnosa. Zbrane prehranske dnevnike smo uredili in pripravili za nadaljnjo obdelavo. Analizo prehranskega vnosa smo opravili s spletnim orodjem Odprta platforma za klinično prehrano (OPKP). Ugotovljene podatke o vsebnosti hranil smo izvozili v razširjeni obliki. Zaradi manjkajočih podatkov o hranilih, ki se pojavljajo pri uporabi OPKP, smo ročno preverili vsak izvožen izpis dnevnika in podatke po potrebi ročno popravili. Pri analizi prehranskega vnosa smo prikazali povprečne vrednosti vnesenih makrohranil, mikrohranil in vode v obdobju treh dni. Energijski vnos smo izrazili z enotama kJ (kcal) in druga hranila ter vodo v primernih utežnih enotah ( $\mu\text{g}$ , mg in g).

### 3.3.7 Izračun energijskega ravnovesja

Pri izračunu vrednosti energijskega ravnovesja smo primerjali vrednosti  $CEP_{izm}$  in energijski vnos za posamezne dneve. Za opis obeh vrednosti smo uporabili energijsko enoto kJ(kcal)/dan. Vrednost energijskega ravnovesja za posamezni dan smo izračunali tako, da smo od vrednosti  $CEP_{izm}$  odšteli vrednost energijskega vnosa pri preiskovancu na tisti dan, za vsakega od treh zahtevanih dni. Pri tem je bil pogoj veljavnost vsakega izmed prehranskih dnevnikov. Vrednost smo izrazili tudi relativno glede na energijsko porabo tisti dan. Navedeni podatek o energijskem ravnovesju predstavlja povprečno razliko med energijsko porabo in energijskim vnosom med vrednotenjem. Pozitivna vrednost v tem primeru kaže na večji vnos od porabe. Vrednosti smo ločeno predstavili na ravni celotnega analiziranega vzorca in povprečja pri vsakem izmed preiskovancev. Vrednost energijskega ravnovesja smo podali v enotah kJ (kcal).

## 3.4 Obdelava podatkov in statistična analiza

Pridobljene podatke smo uredili s programsko opremo Microsoft Excel 2019 (Microsoft, Redmond, ZDA). Pri statistični analizi smo uporabili program SPSS Statistics 25 (IBM, Sacramento, ZDA) in za pripravo grafičnih elementov programsko opremo Prism 8 (GraphPad, San Diego, ZDA). Pri opisovanju vrednosti smo uporabili mere in metode opisne statistike: povprečje, standardni odklon ( $SO$ ), interval zaupanja ( $IZ$ ) in frekvenčno porazdelitev. S t-testom za en vzorec smo  $MET_{izm}$  primerjali s splošno vrednostjo 1 MET in izračunali 95 %  $IZ$ . Pred tem smo normalno porazdeljenost vrednosti spremenljivk preverili s Shapiro-Wilkovim testom.

Velikost učinka  $d$  (Cohenov  $d$ ) smo izračunali po metodi Cohen (1992). Ta za vrednost  $d = 0,2$  opredeljuje majhen učinek, za  $d = 0,5$  zmeren učinek in za  $d = 0,8$  velik učinek. Povezanost med spremenljivkami smo v analizah ocenjevali z uporabo Pearsonovega koeficienta korelacije ( $r$ ) in uporabili vrednost determinacijskega koeficienta ( $r^2$ ) za oceno velikosti učinka. Pri vrednosti determinacijskega koeficienta  $r^2 = 0,01$  je učinek majhen, pri  $r^2 = 0,09$  zmeren in pri  $r^2 = 0,25$  velik (Cohen, 1988). Razliko povprečij med izračuni energijske porabe  $CEP_{izm}$ ,  $CEP_{Harris}$ ,  $CEP_{Mifflin}$  in  $CEP_{Henry}$  smo preverili s t-testom za odvisna vzorca. Pri tem smo vsakega izmed pogojev ( $CEP_{Harris}$ ,  $CEP_{Mifflin}$  in  $CEP_{Henry}$ ) primerjali s  $CEP_{izm}$  in za velikost učinka med primerjanimi vrednostmi izračunali Cohenov  $d$  ter za pogoje izračunali 95 % IZ. Skladnost izračunane in izmerjene energijske porabe smo grafično ocenili z metodo mej skladnosti (Bland in Altman, 1999). Za primerjavo vrednosti CEP in energijskega vnosa smo uporabili Wilcoxonov test za neodvisna vzorca in izračunali velikost učinka  $r$ , ki je pri vrednostih 0,1 majhna, pri 0,3 zmerena in pri vrednostih 0,5 velika (Cohen, 1992).

Spremenljivost energijske porabe in spremenljivost energijskega vnosa smo izrazili s koeficientom variacije znotraj preiskovanca ( $CV_{znotraj}$ ), med preiskovanci ( $CV_{med}$ ) in na ravni vzorca ( $CV_{skupno}$ ). Poleg spremenljivosti energijskega vnosa smo izračunali tudi spremenljivost prehranskega vnosa beljakovin (B), ogljikovih hidratov (OH) in maščob (M). Za izračun  $CV_{skupno}$  smo spremenljivost izračunali z deljenjem standardnega odklona v vzorcu vseh zapisanih dnevnih vrednosti s povprečno vrednostjo te množice. Za določitev  $CV_{znotraj}$  smo izračunali standardni odklon od vrednosti energijske porabe ali vnosa in jo delili s povprečjem vrednosti preiskovanca. Za izračun spremenljivosti med preiskovanci  $CV_{med}$  smo uporabili enačbo, ki sta jo za vrednotenje dnevne spremenljivosti med preiskovanci uporabljala Black in Cole (2000) (Enačba 6):

$$CV_{med} = \sqrt{\left( CV_{skupno}^2 - \frac{CV_{znotraj}^2}{m} \right)} \quad \dots (6)$$

$CV_{med}$  – koeficient variacije med preiskovanci

$CV_{skupno}$  – koeficient variacije za vzorec

$CV_{znotraj}$  – koeficient variacije znotraj preiskovanca

$m$  – število opažanj pri preiskovancu

Koeficient variacije  $CV_{med}$ , smo določili z uporabo enačbe 6, pri kateri je vrednost koeficienta med preiskovanci določena kot kvadratni koren razlike kvadratov  $CV_{skupno}$  in  $CV_{znotraj}$ , ki se deli s številom ponovljenih merjenj znotraj preiskovanca. Mejo statistične značilnosti smo določili pri vrednosti  $p < 0,05$ .

## 4 REZULTATI

Z namenom doseganja večjega števila preiskovancev pri izpolnjevanju posameznih ciljev smo analizo podatkov razdelili na tri sklope.

### 4.1 Analiza vrednosti metabolnega ekvivalenta in energijske porabe

V analizo je bilo vključenih 55 preiskovancev, od tega 41 moških in 14 žensk, v povprečju starih  $42 \pm 7,4$  leta. Preglednica 5 prikazuje podatke o preiskovancih in rezultate antropometričnih, presnovnih meritev in objektivnih meritev GA. Povprečna TM preiskovancev je bila  $86,2 \pm 17,9$  kg, od tega je bilo povprečno  $64,6 \pm 11,1$  kg PM. Delež telesne maščobe je znašal  $24,5 \pm 6,5$  %.

**Preglednica 5: Antropometrični podatki, presnovni podatki in podatki o stopnji gibalne aktivnosti preiskovancev**

	Vsi preiskovanci (n = 55)	Moški (n = 41)	Ženske (n = 14)
	Povprečje $\pm$ SO		
Starost (leta)	$42 \pm 7,4$	$42 \pm 7,0$	$41 \pm 8,6$
TV (cm)	$177 \pm 8,3$	$180 \pm 6,4$	$168 \pm 5,8$
TM (kg)	$86,2 \pm 17,9$	$92,2 \pm 15,6$	$68,4 \pm 11,6$
ITM (kg/m <sup>2</sup> )	$27,3 \pm 4,9$	$28,4 \pm 4,7$	$24,2 \pm 4,0$
Obseg pasu (cm)	$93 \pm 14,5$	$98,2 \pm 13$	$79,5 \pm 9,0$
Obseg bokov (cm)	$101 \pm 7,6$	$101 \pm 7,4$	$99 \pm 8,2$
Razmerje pas/boki	$0,92 \pm 0,10$	$0,97 \pm 0,07$	$0,8 \pm 0,05$
PM (kg)	$64,6 \pm 11,1$	$69,3 \pm 7,2$	$52 \pm 10,0$
Delež telesne maščobe (%)	$24,5 \pm 6,5$	$23,9 \pm 6,6$	$27,1 \pm 6,3$
BMR <sub>izm</sub>	kJ/dan	$7.561 \pm 1.255$	$8.029 \pm 1.054$
	kcal/dan	$1.806 \pm 299$	$1.919 \pm 252$
CEP <sub>izm</sub>	kJ/dan	$12.087 \pm 2.265$	$12.920 \pm 1.916$
	kcal/dan	$2.887 \pm 541$	$3.088 \pm 458$
PAL	$1,60 \pm 0,19$	$1,61 \pm 0,13$	$1,55 \pm 0,8$
VO <sub>2</sub> (ml/min.)	$262 \pm 43$	$279 \pm 36$	$212 \pm 17$
MET <sub>izm</sub> (ml O <sub>2</sub> • kg <sup>-1</sup> • min <sup>-1</sup> )	$3,09 \pm 0,32$	$3,06 \pm 0,32$	$3,15 \pm 0,35$
RQ	$0,8 \pm 0,04$	$0,8 \pm 0,04$	$0,8 \pm 0,06$

Legenda: ITM – indeks telesne mase; TV – telesna višina; TM – telesna masa; PM – pustna telesna masa; BMR<sub>izm</sub> – izmerjena bazalna presnova; CEP<sub>izm</sub> – celodnevna energijska poraba; PAL – raven telesne dejavnosti; VO<sub>2</sub> – privzem kisika v mirovanju; MET<sub>izm</sub> – izmerjena vrednost za metabolni ekvivalent; RQ – respiratorni količnik.

### Merjenje bazalne presnove in metabolnega ekvivalenta

Meritev s posredno kalorimetrijo v mirovanju so preiskovanci opravili ob drugem obisku. Povprečna vrednost izmerjenega BMR je bila  $7.561 \pm 1.255$  kJ ( $1.806 \pm 299$  kcal)/dan in vrednost RQ  $0,80 \pm 0,04$ . Privzem VO<sub>2</sub> v mirovanju je bil v povprečju  $262 \pm 43$  ml/min. Vrednost MET<sub>izm</sub> pri preiskovancih je znašala  $3,09 \pm 0,32$  ml O<sub>2</sub> • kg<sup>-1</sup> • min<sup>-1</sup>. Primerjava



vrednosti  $MET_{izm}$  s porabo 1 MET je pokazala statistično značilno razlikovanje in veliko velikost učinka ( $t(54) = -9,63; p < 0,001; d = 1,28; 95\% \text{ IZ } [-0,50; -0,33]$ ). Analiza povezanosti je pokazala statistično značilno negativno povezavo med  $MET_{izm}$  in ITM preiskovanca ( $r(55) = -0,64; p < 0,001; r^2 = 0,41$ ) z veliko velikostjo učinka ter močno negativno povezavo med spremenljivko  $MET_{izm}$  in deležem telesne maščobe ( $r(55) = -0,59; p < 0,001; r^2 = 0,35$ ) z veliko velikostjo učinka in doseženo stopnjo statistične značilnosti. Med spremenljivkama  $MET_{izm}$  in starostjo preiskovancev smo odkrili zmerno statistično značilno povezanost ( $r(55) = -0,33; p = 0,014; r^2 = 0,11$ ) in zmerno velikost učinka.

### Energijska poraba v povezavi z gibalno aktivnostjo in spremenljivost energijske porabe

Objektivno vrednotenje je pri vsakem preiskovancu trajalo najmanj sedem dni; v povprečju smo analizirali deset veljavnih dni. Pri oceni energijske porabe smo uporabili podatke o  $BMR_{izm}$  izmerjene ob drugem obisku. Povprečje  $CEP_{izm}$  med nošenjem pospeškometra je bilo  $12.087 \pm 2.265$  kJ ( $2887 \pm 541$  kcal)/dan. Razmerje med  $CEP_{izm}/BMR_{izm}$ , s katerim smo določili vrednost PAL, je znašalo  $1,60 \pm 0,19$ . Za oceno spremenljivosti smo izračunali koeficiente variacije. Spremenljivost  $CEP_{izm}$   $CV_{skupno}$  je bila za celoten analiziran vzorec preiskovancev 20,8 %. Povprečje  $CV_{znotraj}$  je bilo  $8,2 \pm 3,5\%$  z razponom vrednosti med 2,8 % in 23,4 %. Vrednost  $CV_{med}$  je znašala  $20,6 \pm 0,2\%$  za vrednosti  $CEP_{izm}$ . Vrednost  $SO$   $CEP_{izm}$  znotraj preiskovanca je bila 1.013 kJ (242 kcal) in med preiskovanci 2.487 kJ (594 kcal).

### Preverjanje skladnosti izmerjene in izračune energijske porabe

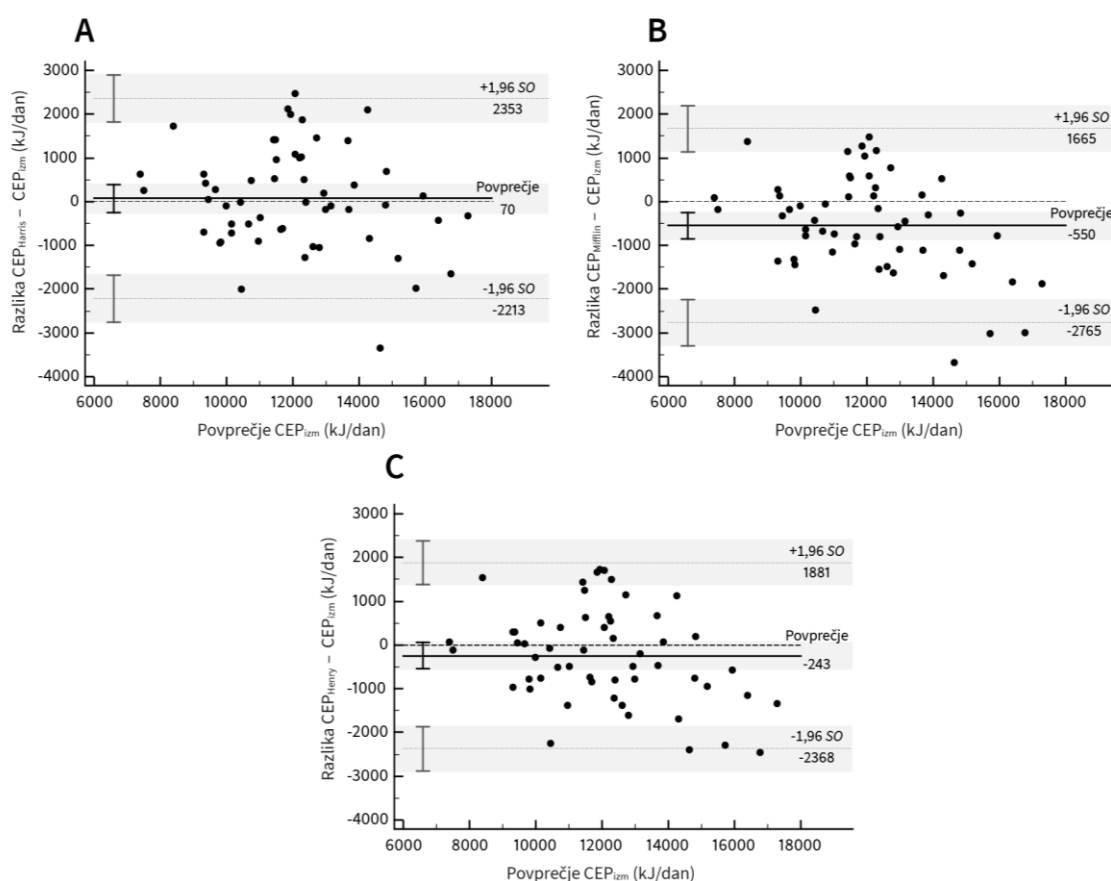
Energijsko porabo smo ocenili z uporabo napovednih enačb ob upoštevanju antropometričnih in bioloških podatkov preiskovancev. Rezultati so prikazani v Preglednici 6.

**Preglednica 6: Primerjava vrednosti izmerjene energijske porabe z ocenjenimi**

	n = 55					
	Energijska poraba		Povprečje razlik		95 % IZ za razlike	
	kJ/dan	kcal/dan	kJ/dan	kcal/dan		
	Povprečje ± SO					
<b>Izmerjeno</b>						
$CEP_{izm}$	$12.087 \pm 2.265$	$2.887 \pm 541$				
<b>Napovedne enačbe</b>						
$CEP_{Harris}$	$12.157 \pm 2.340$	$2.903 \pm 559$	70	16	[-244; 385]	[-58; 92]
$CEP_{Mifflin}$	$11.537 \pm 2.071$	$2.755 \pm 494$	-550	-131	[-855; -244]	[-204; -58]
$CEP_{Henry}$	$11.844 \pm 2.164$	$2.828 \pm 517$	-243	-58	[-536; 49]	[-128; 11]

Legenda: IZ – interval zaupanja;  $CEP_{izm}$  – celodnevna energijska poraba;  $CEP_{Harris}$  – celodnevna energijska poraba, ocenjena z uporabo napovedne enačbe Harris in Benedict (1918);  $CEP_{Mifflin}$  – celodnevna energijska poraba, ocenjena z uporabo napovedne enačbe Mifflin idr. (1990);  $CEP_{Henry}$  – celodnevna energijska poraba, ocenjena z uporabo napovedne enačbe Henry (2005)

Povprečna vrednost za  $PAL_{ocenjeno}$ , uporabljena pri izračunu, je bila  $1,59 \pm 0,13$ . Izračunana vrednost za  $CEP_{Harris}$  je bila  $12.157 \pm 2.340$  kJ ( $2.903 \pm 559$  kcal)/dan,  $CEP_{Mifflin}$   $11.537 \pm 2.071$  kJ ( $2.755 \pm 494$  kcal)/dan in za  $CEP_{Henry}$   $11.844 \pm 2.164$  kJ ( $2.828 \pm 517$  kcal)/dan. Primerjava vrednosti z uporabo t-testa za odvisna vzorca ni pokazala statistično značilnih razlikovanj med  $CEP_{Harris}$  in  $CEP_{izm}$  ( $t(54) = -0,45$ ;  $p = 0,66$ ;  $d = 0,06$ ; 95 % IZ  $[-244; 385]$ ). Analiza je pokazala zelo majhno velikost učinka. Statistično značilno razliko in zmerno velikost učinka smo ugotovili pri primerjavi vrednosti  $CEP_{izm}$  in  $CEP_{Mifflin}$ . ( $t(54) = -3,61$ ;  $p = 0,001$ ;  $d = 0,49$ ; 95 % IZ  $[-855; -244]$ ). Pri primerjavi vrednosti  $CEP_{Henry}$  in  $CEP_{izm}$  smo sicer ugotovili zmerno velikost učinka ( $t(54) = -1,665$ ;  $p = 0,1$ ;  $d = 0,48$ ;  $[-536; 49]$ ), a razlika med vrednostmi ni dosegla meje statistične značilnosti. Slika 2 prikazuje oceno skladnosti med  $CEP_{izm}$  ter vrednostmi  $CEP_{Harris}$ ,  $CEP_{Mifflin}$  in  $CEP_{Henry}$ .



Prikaz skladnosti med vrednostmi  $CEP_{izm}$  in  $CEP_{Harris}$  (A),  $CEP_{izm}$  in  $CEP_{Mifflin}$  (B) ter  $CEP_{izm}$  in  $CEP_{Henry}$  (C). Na abscisni osi je prikazano povprečje  $CEP_{izm}$  in na ordinatni razlika med  $CEP_{izm}$  in primerjano vrednostjo. Zgornja in spodnja premica na posameznem grafikonu označujeta zgornjo in spodnjo mejo skladnosti (premica s pripisano vrednostjo) in pripadajoč 95 % interval zaupanja, ki je na grafikonu osenčen s sivo barvo. Sredinska premica (neprekinjena črta) s pripisano vrednostjo označuje povprečno razliko med metodama. Sivo osenčen pas na sliki označuje standardni odklon povprečne razlike.

Legenda:  $CEP_{Harris}$  – celodnevna energijska poraba, ocenjena z uporabo napovedne enačbe Harris in Benedict (1918);  $CEP_{Mifflin}$  – celodnevna energijska poraba, ocenjena z uporabo napovedne enačbe Mifflin idr. (1990);  $CEP_{Henry}$  – celodnevna energijska poraba, ocenjena z uporabo napovedne enačbe Henry (2005).

**Slika 2: Grafikon Bland-Altmana za prikaz skladnosti metod določanja energijske porabe**

## 4.2 Analiza spremenljivosti energijskega vnosa

Po podrobnem pregledu prehranskih dnevnikov smo v to analizo vključili 39 preiskovancev (30 moških, 9 žensk). Glavno vključitveno merilo je bilo veljavnost in zadostno število izpolnjenih dnevnikov prehrane. Podatki o prehranskem vnosu preiskovancev so prikazani v Preglednici 7.

**Preglednica 7: Podatki o prehranskem vnosu preiskovancev**

<b>Hranilo</b>		<b>Povprečje ± SO (n = 39)</b>
Energijski vnos	kJ	10.548 ± 2.642
	kcal	2.519 ± 631
B (g)		111 ± 38
OH (g)		264 ± 64
M (g)		99 ± 27
Delež B (%)		18 ± 4
Delež OH (%)		43 ± 9
Delež M (%)		36 ± 6
Nasičene MK (g)		32,2 ± 11,1
Enkrat nenasičene MK (g)		30,4 ± 11,3
Večkrat nenasičene MK (g)		17,4 ± 6,2
ω-3 MK (g)		1,6 ± 1
ω-6 MK (g)		10,5 ± 5,1
Holesterol (mg)		422 ± 258
Alkohol (g)		11,2 ± 14
Vlaknine (g)		25,6 ± 11
Voda (g)		2.796 ± 1.234
Natrij (mg)		3.457 ± 1.238
Kalij (mg)		3.464 ± 984
Kalcij (mg)		1.157 ± 401
Magnezij (mg)		443 ± 167
Železo (mg)		20,2 ± 8,5
Cink (mg)		15,4 ± 9,8
Selen (μg)		111 ± 44
Vitamin A (μg)		666 ± 314,1
Tiamin (mg)		1,8 ± 0,6
Riboflavin (mg)		2,2 ± 0,8
Niacin (mg)		32,4 ± 13,4
Pantotenska kislina (mg)		6,3 ± 2,5
Vitamin B 6 (mg)		2,2 ± 0,8
Folat (μg)		390 ± 134
Vitamin C (mg)		106 ± 73
Vitamin B 12 (μg)		7,8 ± 9,6
Vitamin D (μg)		3,2 ± 2,6
Vitamin E (mg)		15,8 ± 6
Vitamin K (μg)		164 ± 161,1

Legenda: B – beljakovine, OH – ogljikovi hidrati,  
M – maščobe.

Povprečni energijski vnos preiskovancev je znašal  $10.548 \pm 2.642$  kJ ( $2.519 \pm 631$  kcal). Spremenljivost energijskega vnosa  $CV_{\text{skupno}}$  na ravni celotnega vzorca je bila 25,1 %. Spremenljivost energijskega vnosa znotraj preiskovanca  $CV_{\text{znotraj}}$  je bila v povprečju  $17,3 \pm 2,8$  %. Razpon vrednosti  $CV_{\text{znotraj}}$  pri preiskovancih je bil med 2,8 % in 37,1 %. Povprečna spremenljivost energijskega vnosa med preiskovanci  $CV_{\text{med}}$  je bila  $22,3 \pm 2,9$  %.  $CV_{\text{skupno}}$  za prehranski vnos B, OH in M je v povprečju znašala 41,6 % za vnos B, 31,1 % za vnos OH in 38,9 % za vnos M. Povprečna  $CV_{\text{znotraj}}$  vnosa posameznih makrohranil je bila v primeru vnosa B  $24,3 \pm 26,5$  % z razponom vrednosti med 5,2 % in 63 %, v primeru vnosa OH  $26,1 \pm 67,1$  % z razponom vrednosti med 5,1 % in 74,9 % in v primeru vnosa M  $31,3 \pm 31,4$  % in razponom vrednosti med 11,1 % in 59,0 %. Vrednost  $CV_{\text{med}}$  za vnos makrohranil je bila  $38 \pm 43,7$  % za vnos B,  $25,2 \pm 69,3$  % za vnos OH in za vnos M  $33,6 \pm 33,8$  %.

### 4.3 Analiza energijskega ravnovesja

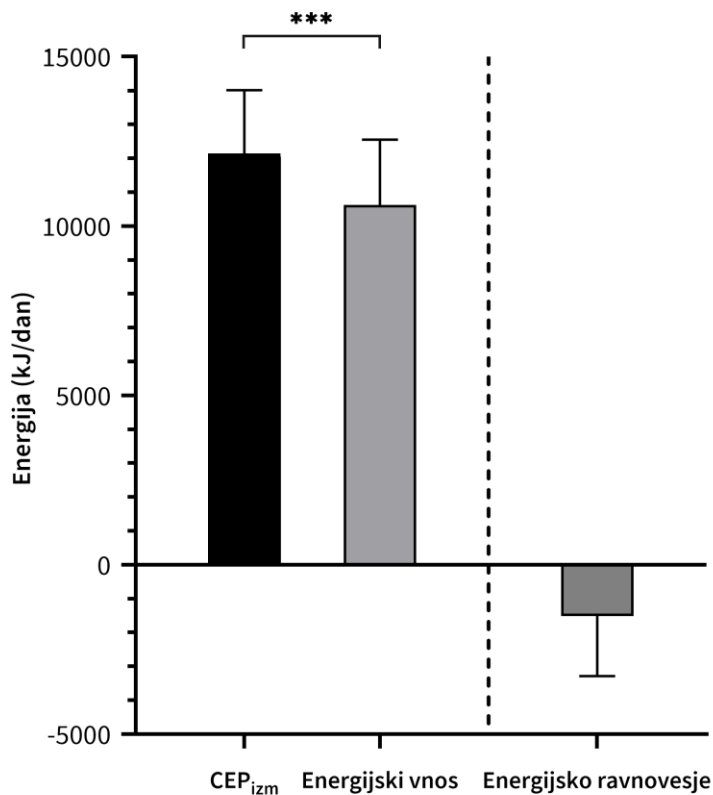
V analizo energijskega ravnovesja je bilo vključenih 30 preiskovancev, od tega 6 žensk in 24 moških. Podatki o vrednosti spremenljivk energijskega ravnovesja so navedeni v Preglednici 8.

**Preglednica 8: Vrednosti spremenljivk energijskega ravnovesja**

	<b>Povprečje <math>\pm</math> SO (n = 30)</b>
<b>CEP<sub>izm</sub></b>	
kJ/dan	$12.134 \pm 1.874$
kcal/dan	$2.898 \pm 447$
<b>Energijski vnos</b>	
kJ/dan	$10.623 \pm 1.927$
kcal/dan	$2.537 \pm 460$
<b>Energijsko ravnovesje</b>	
kJ/dan	$-1.511 \pm 1.771$
kcal/dan	$-360 \pm 423$
<b>PAL<sub>izm</sub></b>	$1,58 \pm 0,14$

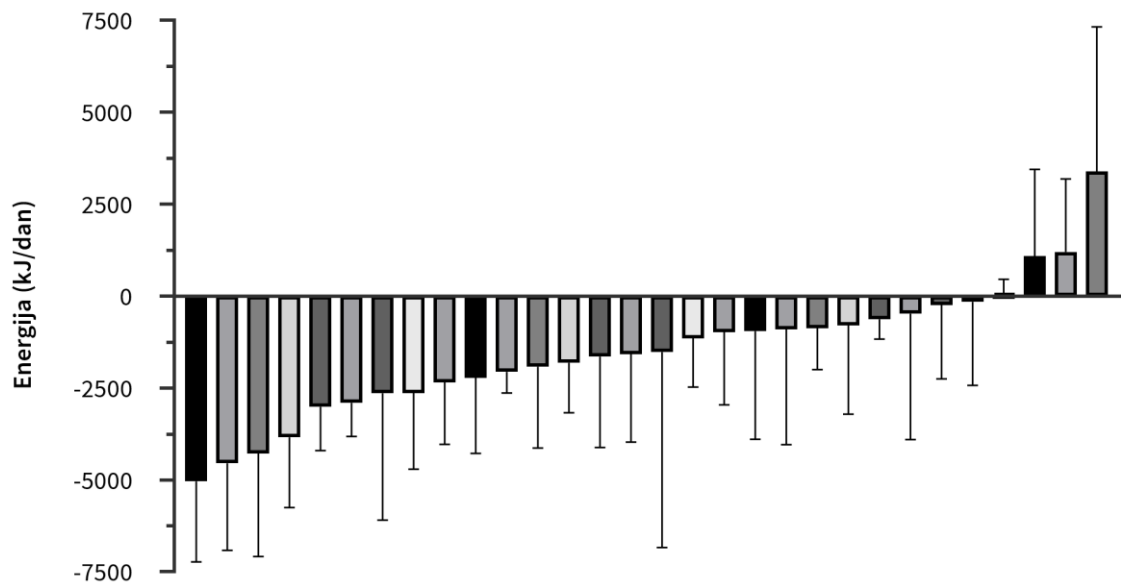
Legenda: energijsko ravnovesje = energijska poraba – energijski vnos; CEP<sub>izm</sub> – izmerjena celodnevna energijska poraba; PAL<sub>izm</sub> – raven telesne dejavnosti.

V tem podvzorcu je CEP<sub>izm</sub> znašala v povprečju  $12.134 \pm 1.874$  kJ ( $2.898 \pm 447$  kcal)/dan, povprečen energijski vnos je bil  $10.623 \pm 1.927$  kJ ( $2.537 \pm 460$  kcal)/dan. Vrednost energijskega ravnovesja je bila  $1.511 \pm 1.771$  kJ ( $-360 \pm 423$  kcal)/dan. Povprečna relativna razlika ravnovesja je znašala  $11,9 \pm 13$  %. Wilcoxonov test za odvisna vzorca je pokazal statistično značilno razlikovanje z zmerno do veliko velikostjo učinka ( $Z = 3,73$ ,  $p < 0,001$ ;  $r = 0,48$ ) med spremenljivkama CEP<sub>izm</sub> in energijskim vnosom (Slika 3Slika 3). Štirje preiskovanci so bili v pozitivni energijski bilanci in 26 v negativni energijski bilanci. Slika 4 prikazuje individualne vrednosti energijske bilance pri posameznih preiskovancih.



Legenda: \*\*\* – statistično značilno pri stopnji  $p < 0,001$ ; CEP<sub>izm</sub> – celodnevna energijska poraba. Energijsko ravnovesje = CEP<sub>izm</sub> – energijski vnos.

Slika 3: Prikaz posameznih vrednosti energijskega ravnovesja med preiskovanci



Legenda: Od leve proti desni je prikazana povprečna vrednost energijskega ravnovesja za vsakega izmed preiskovancev (stolpci). Vrednosti so podane kot povprečja (višina stolpca) in SO (dolžina podaljšanega intervala).

Slika 4: Prikaz individualnega stanja energijske bilance pri preiskovancih

## 5 RAZPRAVA

V tej nalogi smo opisali izvedeno raziskavo, s katero smo na vzorcu odraslih oseb ( $n = 57$ ) ovrednotili presnovni, gibalni in prehranski status preiskovancev z vidika energijskega ravnovesja. Za določitev energijske porabe pri preiskovancih smo zasnovali lastno metodo izračuna porabe, ki temelji na združevanju podatkov o GA pridobljenih s pospeškomerom in meritvi BMR. Pri zasnovi te, smo upoštevali BMR posameznika in podatek o GA tako, da vrednosti BMR pri preiskovancu prištejemo energijsko porabo med vso dodatno GA in v celodnevem izračunu upoštevamo TUH. Podatek o GA je izražen relativno na vrednost BMR in ne relativno na splošno privzeto vrednost za MET, kot se običajno izraža v primeru določanja energijske porabe s pospeškomerom. Z validacijo in dodatnim razvojem ima metoda izračuna potencialno pomemben prispevek na znanstvenem področju in področju prehranskega svetovanja, predvsem pri ugotavljanju energijskih potreb posameznika.

### 5.1 Metabolni ekvivalent

Za izpolnitev prvega cilja smo pri preiskovancih ( $n = 55$ ) določili  $BMR_{izm}$ . Na podlagi vrednosti  $VO_2$  in meritve telesne sestave smo izračunali vrednost  $MET_{izm}$  in preverili razlikovanje med porabo 1 MET. Ugotovili smo statistično značilno razliko med  $MET_{izm}$ , ki je v povprečju znašal  $3,09 \pm 0,32 \text{ ml O}_2 \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{min}^{-1}$ , in porabo 1 MET, ki je dogovorno enaka porabi  $3,5 \text{ ml O}_2 \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{min}^{-1}$ . Raziskali smo tudi povezanost  $MET_{izm}$  s spremenljivkami ITM, deležem telesne maščobe in starostjo. Pri tem smo odkrili močno negativno povezavo med vrednostmi  $MET_{izm}$  in ITM ter  $MET_{izm}$  in deležem telesne maščobe. Zmerno povezanost smo odkrili med spremenljivko  $MET_{izm}$  in starostjo preiskovanca. Primerjava vrednosti  $MET_{izm}$  s splošno vrednostjo porabe 1 MET je pokazala statistično značilno povezavo in veliko velikost učinka. Ugotovili smo negativno povezavo med spremenljivko ITM, deležem telesne maščobe in starostjo s spremenljivko  $MET_{izm}$ , ki je dosegla stopnjo statistične značilnosti, zato hipoteze H 1.1, H 1.2, H 1.3 in H 1.4. potrdimo.

V naši raziskavi je vrednost  $MET_{izm}$  večja kot v primerljivih raziskavah, ki so poročale o vrednostih, izmerjenih z neposredno kalorimetrijo (Byrne idr., 2005; Gunn idr., 2002; Savage idr., 2007; Wilms idr., 2014). Vrednosti se gibljejo med 2,45 in 2,9  $\text{ml O}_2 \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{min}^{-1}$  in so tudi za 18–43 % manjše od splošne vrednosti za porabo 1 MET. Eden izmed razlogov za razlike med našo vrednostjo in drugimi, ki so poročane v literaturi, je drugačna sestava vzorca glede na vrednosti ITM v preostalih raziskavah, saj je bil v navedenih raziskavah povprečen ITM preiskovancev večji od povprečnega ITM v naši raziskavi ( $27,3 \pm 4,9$ ). Da ima ITM pomemben vpliv, kaže izračunana velikost učinka ( $r^2$ ) za negativno povezanost med  $MET_{izm}$  in ITM v naši raziskavi, ki kaže, da z vrednostjo ITM lahko pojasnimo 41 % variance vrednosti  $MET_{izm}$ . Potencialno bi bila lahko za del razlike kriva uporaba dihalne maske, ki smo jo v raziskavi uporabili pri merjenju BMR namesto prezračevanega prekrivala. Forse (1993) je ugotovil, da so vrednosti BMR, merjenega z dihalno masko, v povprečju za 7 % višje kot z uporabo prezračevanega prekrivala, ki je referenčna metoda za merjenje BMR. Še posebej naj bi to veljalo za tiste, ki maske ne prenašajo in pri nošenju čutijo utesnjenost. V protokolu meritve

BMR smo sicer vnaprej načrtovali dodaten čas, namenjen seznanitvi z dihalno masko, a bi del opažene razlike v  $MET_{izm}$  vseeno lahko pojasnili z uporabo maske namesto prezračevanega prekrivala. Čeprav več raziskav poroča o tem, da je dogovorjena splošna vrednost porabe pri 1 MET neprimerno zastavljena, ker se s tem precenjuje energijsko porabo v mirovanju, v literaturi zasledimo tudi raziskave, ki ne poročajo o razliki med izmerjeno porabo in splošno porabo 1 MET (Heydenreich idr., 2019; Kim idr., 2017; Wu idr., 2019). Naštetim raziskavam je skupno to, da uporabljen merilni protokol za merjenje presnove v mirovanju ne vključuje 12-urne prekinitve hranjenja in ne zahteva opravljanja meritve v jutranjih urah brez kofeina in nikotina. Navadno se protokol navaja s kratico RMR (opisan v Poglavje 1.1.5) in ga v klinični praksi uporabljajo kot sinonim za BMR. Vsaj na področju vrednotenja GA, pri validaciji pospeškometrov, zasledimo oznako RMR za obe vrsti protokolov. V novejših smernicah protokola, ki zahteva prekinitvev hranjenja vsaj 4 ure pred začetkom meritve, ne navajajo, ker se to obdobje obravnava kot čas po obroku in je v tem času komponenta TUH lahko še zaznavna (Fullmer idr., 2015; Hills idr., 2014).

Za nadaljevanje uporabe MET v praksi je ključno, da se preuči potencialno napako, ki se jo vnese pri oceni s splošno vrednostjo MET. Več raziskav ugotavlja, da se ob večjem odstopanju izmerjene vrednosti MET (Byrne idr., 2005; Kim idr., 2017; Kim in Welk, 2015; Wilms idr., 2014), predvsem pri preiskovancih z višjim ITM, preceni porabo v mirovanju in podceni pri telesni aktivnosti (3 MET). Podobno je bilo ugotovljeno v raziskavi na vzorcu starostnic, v kateri so avtorji poročali, da ima 95 % vseh izmerjenih preiskovank porabo kisika manjšo kot predvideno s splošno vrednostjo porabe 1 MET (Sergi idr., 2010).

## 5.2 Energijska poraba

Za izpolnitev drugega cilja smo pri preiskovancih ( $n = 55$ ) ugotovili  $CEP_{izm}$  in dnevno spremenljivost  $CEP_{izm}$ . Povprečna  $CEP_{izm}$  je znašala  $12.087 \pm 2.265$  kJ ( $2.887 \pm 541$  kcal)/dan  $PAL_{izm}$  je bila v povprečju  $1,60 \pm 0,19$ . Dnevno spremenljivost  $CEP_{izm}$  smo obravnavali na treh različnih stopnjah: znotraj preiskovanca, med preiskovanci in na ravni vzorca. Pričakovano smo večjo spremenljivost opazili na ravni populacije in med preiskovanci.  $CV_{znotraj}$  je znašala  $8,2 \pm 3,5$  %, kar je manj od napovedane 10-odstotne spremenljivosti, zato H 2 zavrnamo.

Primerljive raziskave, ki so preučevale spremenljivost energijskega vnosa, so bile v večini izvedene v presnovni komori. V raziskavi Murgatroyd idr. (1987) so z desetdnevno meritvijo v neposrednem kalorimetru pri moških preiskovancih ugotovili, da je koeficient variacije znašal manj kot 2 % in je bil najverjetneje manjši od merilne napake naprave. De Boer, van Es, Vogt, van Raaij in Hautvast (1987) so poročali o spremenljivosti energijske porabe treh preiskovank, ki so šest dni prebivale v kalorimetru. Vrednost koeficienta variacije znotraj preiskovanca je bila 3,1 %. Fuller idr. (2008) so z uporabo pospeškometra 14 dni spremljali skupino moških v diagnostičnem centru in opazili večjo spremenljivost energijske porabe – koeficient variacije znotraj preiskovanca je v povprečju znašal 15 %. Donahoo idr. (2004) so preučevali prispevek posameznih komponent energijske porabe k skupni spremenljivosti in ugotovili, da je povprečna spremenljivost energijske porabe pri prebivanju znotraj kalorimetra 4,6 % in zaradi omejitve gibanja večji del spremenljivosti pri merjenju v kalorimetru nastane zaradi BMR. V

naši raziskavi smo ugotovili  $8,2 \pm 3,5$  % spremenljivost, ki je nekoliko večja od povprečne, izmerjene v kalorimetru (4,6 %) (Donahoo idr., 2004). Pri tem je treba upoštevati pomanjkljivost v naši raziskavi, saj z uporabo pospeškometra ni bilo mogoče zaznavati spremenljivosti komponent BMR in TUH, zato je verjetno, da je realna spremenljivost energijske porabe večja. Ima tudi zelo pomembno prednost, saj – čeprav posredno – lahko z njim vrednotimo energijsko porabo na prostem ali v domačem okolju. Hkrati je mogoče vrednotiti posamezne aktivnosti ali posamezne dneve, kar z uporabo metode dvojno označene vode ni mogoče.

Veliko pozornosti smo namenili načrtovanju obdelave podatkov in načinu pretvorbe podatkov o sunkih v enote energije, ki bi lahko imel uporabnost tudi v praksi. Za pretvorbo izhodnih mer iz pospeškometra so na voljo številne enačbe, s katerimi sunke pretvorimo v enoto porabe v MET. Pri izbiri smo upoštevali potencialne slabosti splošne vrednosti porabe MET v praksi in izbrali metodo pretvorbe sunkov v MET, ki je že vključevala korekcijski faktor in bila na podlagi tega tudi validirana (Powell idr., 2017). Za končni izračun porabe je bilo treba združiti podatek o BMR in GA ter določiti CEP. V literaturi nismo uspeli zaslediti veljavne metode, ki bi jo uporabili za ta izračun. Predvsem na temo združevanja porabe v MET z izmerjeno BMR smo zasledili vprašljive metode izračuna CEP (Gerrior, Juan in Peter, 2006), zato smo za potrebe raziskave skladno s priporočili pripravili lasten način. Velja opomniti, da je pripravljen način izračuna CEP validiran za določanje MET pri aktivnosti, vendar ne tudi v povezavi z drugim izračunom, ki smo ga nadalje uporabili v raziskavi.

### **5.3 Skladnost pripravljenega izračuna energijske porabe z oceno napovednih enačb**

Za tretji cilj smo si zadali preverjanje skladnosti izmerjene  $CEP_{izm}$  z uveljavljenimi metodami izračuna  $CEP_{Harris}$ ,  $CEP_{Mifflin}$ ,  $CEP_{Henry}$ . Pri tem smo uporabili antropometrične podatke in  $PAL_{ocenjeno}$ , ki smo jo uporabili pri izračunu BMR s tremi enačbami. Za vrednost  $PAL_{ocenjeno}$  smo izbrali tisto vrednost, ki je od vrednosti  $PAL_{izm}$  najmanj oddaljena (1,4; 1,6; 1,8 ali 2,0). Primerjava  $CEP_{izm}$  z vsakim izmed preostalih izračunov je pokazala statistično značilno razliko in zmerno velikost učinka samo med vrednostjo  $CEP_{izm}$  in  $CEP_{Mifflin}$ . Razlika med  $CEP_{izm}$  in  $CEP_{Harris}$  ter  $CEP_{izm}$  in  $CEP_{Henry}$  se ni pokazala kot statistično značilna. Ugotovljena je bila zmerna velikost učinka med  $CEP_{izm}$  in  $CEP_{Henry}$ . Ker se od  $CEP_{izm}$  statistično značilno razlikuje samo  $CEP_{Mifflin}$ , H 3 delno potrdimo.

Ocena skladnosti z metodo mej skladnosti kaže, da je povprečje razlik med  $CEP_{izm}$  in  $CEP_{Harris}$  70 kJ (16 kcal)/dan, med  $CEP_{izm}$  in  $CEP_{Mifflin}$  -550 kJ (-131 kcal)/dan ter med  $CEP_{izm}$  in  $CEP_{Henry}$  -243 kJ (-58 kcal)/dan. Relativna povprečna razlika med  $CEP_{izm}$  in drugimi vrednostmi je tako 0,6 % v primerjavi s  $CEP_{Harris}$ , 4,6 % v primerjavi s  $CEP_{Mifflin}$  in 2 % v primerjavi s  $CEP_{Henry}$ . Razlike med izmerjeno in napovedanimi vrednostmi so primerljive s tistimi v literaturi. Lopes idr. (2016) poročajo o povprečni razliki 4,2 % med izmerjeno vrednostjo ter enačbo Harris in Benedict (1918), 0,9 % med izmerjeno vrednostjo in enačbo Mifflin idr. (1990) ter 4,5 % med izmerjeno vrednostjo in enačbo Henry (2005). Poročajo tudi,



da med naštetimi uporaba enačbe Harris in Benedict napoveduje večjo porabo kot enačbi Mifflin in Henry. To smo opazili tudi pri vrednostih v naši raziskavi, v kateri je bila vrednost  $CEP_{Harris}$  večja od  $CEP_{Mifflin}$  in  $CEP_{Henry}$  ter večja tudi od  $CEP_{izm}$ . Razlika med  $CEP_{izm}$  in drugimi pogoji v naši raziskavi je presenetljivo majhna, predvsem ob upoštevanju, da so pri izračunu  $CEP_{izm}$  za vrednost PAL uporabljene različne vrednosti kot pri izračunu  $CEP_{Harris}$ ,  $CEP_{Mifflin}$  in  $CEP_{Henry}$ . Pričakovali bi, da vključitev dodatne vrednostne spremenljivke v izračun negativno vpliva na povprečne razlike med izračuni, kar se ni zgodilo.

Bolj kot povprečna razlika med izračuni porabe je za uporabnost v praksi pomembna morebitna napaka pri uporabi izračuna na ravni preiskovanca. Pri enačbah za napovedovanje vrednosti BMR se za merilo sprejemljive natančnosti pogosto uporablja manj kot 10-odstotna razlika v primerjavi z referenčno metodo (Frankenfield, Roth - Yousey in Compher, 2005). Ob uporabi tega merila za vrednosti, ugotovljene v naši raziskavi, za sprejemljivo natančno lahko ocenimo 35 % vrednosti, izračunanih pri pogoju  $CEP_{Harris}$ , 38 % vrednosti pri pogoju  $CEP_{Mifflin}$  in 36 % pri pogoju  $CEP_{Henry}$ . Na podlagi teh vrednosti težko priporočimo uporabo napovednih enačb v praksi, glede na to, da bi pravilno ocenili energijsko porabo pri manj kot polovici obravnavanih oseb. Dodaten vpliv na natančnost ima tudi ITM, saj se v raziskavah kaže, da nobena izmed napovednih enačb nima zadovoljive natančnosti pri oceni vsake izmed kategorij ITM (Amaro - Gahete idr., 2018). Ker jasnega priporočila glede uporabe enačb, ki bi bile primernejše za posamezne kategorije ITM, še ni, tudi v naši raziskavi nismo opravljali ločenih analiz za vsako izmed kategorij ITM.

Pomembno je poudariti omejitve v naši raziskavi. Naša metoda izračuna energijske porabe, s katero smo primerjali pogoje, ni referenčna metoda in način izračuna še nima potrjene natančnosti, da bi jo lahko kot tako obravnavali. Potrjena je natančnost metode BMR, ki smo jo uporabili pri izračunu. Podatek o gibalni aktivnosti, ki smo ga ugotovili pri vrednotenju s pospeškometrom, ima preverjeno natančnost pri oceni nekaterih vsakodnevnih aktivnosti, na podlagi katerih je izračunana poraba energije v MET. Čeprav so metode, ki smo jih uporabili pri sestavi izračuna, ustrezno potrjene v literaturi, sta z uporabo kalorimetrije potrebni tudi preverba in potrditev skupnega izračuna porabe. Razlog za uporabo lastne metode izračuna in ne kakšne izmed objavljenih v literaturi je ta, da ni potrjene metode za ugotavljanje CEP na način, kot smo ga ugotavljali sami. Našli smo samo en primerljiv način izračuna, ki ni imel potrjene natančnosti in je vseboval predpostavke, ki niso strokovno utemeljene (Gerrior idr., 2006).

## 5.4 Spremenljivost energijskega vnosa

Za izpolnitev četrtega cilja smo si zadali ugotoviti prehranski vnos in določiti dnevno spremenljivost energijskega vnosa in vnosa nekaterih makrohranil. Na podlagi večdnevne analize prehranskega vnosa pri preiskovancih ( $n = 39$ ) smo določili spremenljivost  $CV_{znotraj}$ ,  $CV_{med}$  in  $CV_{skupno}$ . Večdnevno povprečje energijskega vnosa je znašalo  $10.548 \pm 2.642$  kJ ( $2.519 \pm 631$  kcal). Ugotovili smo, da je na ravni vzorca  $CV_{skupno}$  znašal 25 %. Vrednost  $CV_{znotraj}$  ( $17,3 \pm 2,8$  %) je bila manjša kot vrednost  $CV_{med}$  ( $22,3$  %  $\pm$  2,9 %). S hipotezo H 4 smo

napovedali, da bo spremenljivost energijskega vnosa znotraj preiskovanca manjša od spremenljivosti med preiskovanci, zato jo potrdimo.

Spremenljivost energijskega vnosa znotraj preiskovanca, ki smo jo ugotovili v naši raziskavi, je med manjšimi glede na objavljene raziskave. Champagne idr. (2013) so poročali o 25 % in Bingham idr. (1994) ter Tarasuk in Beaton (1992) o 23 % spremenljivosti energijskega vnosa. Podobno spremenljivost znotraj preiskovanca (16 %) so ugotovili Tokudome idr. (2002). Edina raziskava, v kateri so poročali o veliko manjši spremenljivosti (Close idr., 1993), je preučevala skupino sladkornih bolnikov tipov 1 in 2 ter poročala o 12-odstotni spremenljivosti znotraj preiskovanca. Število preiskovancev in število analiziranih dnevov za izračun spremenljivosti se med raziskavami razlikuje. Naša raziskava se po številu preiskovancev uvršča med večje in po številu analiziranih dni med tiste z manj dnevi. Raziskave so preiskovale tudi različne skupine preiskovancev, kar bi lahko močno vplivalo na opaženo spremenljivost. Close idr. (1993) so preučevali skupino sladkornih bolnikov, pri katerih je večja verjetnost, da so deležni predpisanega energijskega vnosa, imajo omejen izbor živil. Pri sladkornih bolnikih tipa 1 bi zaradi odmerjanja inzulina tudi pričakovali, da med posameznimi dnevi razlike niso tako velike kot pri drugih, saj bi bilo potrebno večje spreminjanje odmerka. Zelo specifično skupino preiskovancev so preučevali tudi Tokudome idr. (2002), ki so preučevali skupino dietetikov. Tudi v tem primeru bi pričakovali manjšo spremenljivost glede na večjo možnost, da si skupina dietetičark odmerja prehrano načrtno in z uporabo objektivnih mer (Schumacher in Davis, 2015). Spremenljivost energijskega vnosa med preiskovanci je zaradi raznolikosti vzorcev in metodologije v raziskavah težko primerljiva. Enak način izračuna spremenljivosti med preiskovanci so uporabili Tokudome idr. (2002), ki so preiskovali dietetičarke in ugotovili 10-odstotno spremenljivost. Analiza spremenljivosti nekaterih makrohranil je pokazala, da je bil znotraj preiskovanca v povprečju najbolj spremenljiv vnos M ( $31,3 \pm 31,4$  %). Spremenljivost makrohranil v naši raziskavi je težko primerljiva z rezultati ostalih raziskav, ker bi za realno oceno M in B morali prehrano vrednotiti več dni, kot jo je običajno potrebno za realno oceno spremenljivosti energijskega vnosa in vnosa OH (Nelson, Black, Morris in Cole, 1989).

Slabost v naši raziskavi je majhno število analiziranih dni za preiskovanca (3–5 dni), ki je najverjetneje premajhno za realno oceno spremenljivosti, predvsem pri oceni vnosa makrohranil. Obstaja tudi možnost, da se pri večjem številu analiziranih dni zaradi navora, ki ga od preiskovancev zahteva natančno vodenje prehranskega dnevnika, natančnosti ocene spremenljivosti ne izboljšuje. Rebro, Patterson, Kristal in Cheney (1998) so pri primerjavi prvega in četrtega zaporednega dneva v prehranskem dnevniku opazili zmanjšanje števila poročenih živil pri preiskovancih.

## 5.5 Analiza energijskega ravnovesja

Za izpolnitev petega cilja smo si zadali ugotoviti, kakšno je razmerje med energijskim vnosom in energijsko porabo. V analizo so bili vključeni samo preiskovanci ( $n = 30$ ), ki so imeli za vsaj tri dni veljavna podatka o energijski porabi in energijskem vnosu. Energijsko ravnovesje smo določili tako, da smo za vsak posamezen dan od energijskega vnosa odšteli energijsko porabo na tisti dan in izračunali povprečno razliko ter preverili statistično značilnost razlike. Ta je

znašala  $-1.511 \pm 1.771$  kJ ( $-360 \pm 23$  kcal)/dan in bila statistično značilna. Ker je vrednost razlike negativna, lahko potrdimo hipotezo H 5, ki pravi, da bo energijska poraba pri preiskovancih večja od energijskega vnosa.

Pri preiskovancih smo odkrili povprečno negativno energijsko bilanco. Pregled povprečnih vrednosti pri posameznih preiskovancih (Slika 4) kaže, da je negativna bilanca prisotna kar pri 26 od 30 preiskovancev. Naše ugotovitve so skladne z ugotovitvami večine raziskav na temo energijskega ravnovesja, ki so poročale, da je poročan energijski vnos manjši od energijske porabe (Freisling idr., 2012; Lopes idr., 2016; Poslusna, Ruprich, Vries, Jakubikova in Veer, 2009; Trijsburg idr., 2017). Ugotovili smo, da je bil energijski vnos v povprečju 11 % manjši od energijske porabe. To je manj od povprečja (18 %), kot ga na podlagi 11 raziskav, v katerih so uporabljali metodo prehranskega dnevnika s tehtanjem količin hrane, poročajo Poslusna idr. (2009). Eden izmed razlogov za drugačne rezultate v naši raziskavi bi bil lahko način določanja energijske porabe. Uporabili smo namreč lastno metodo izračuna energijske porabe, pri kateri smo združili podatke o presnovi posameznika in podatke o GA, pridobljene s pospeškometrom. To smo uporabili pri vrednotenju energijskega ravnovesja v krajšem obdobju kot v raziskavah, ki so energijsko porabo določevale z dvojno označeno vodo ali s presnovno komoro. Poleg stroškovne učinkovitosti v primerjavi z omenjenima metodama, je glavna prednost naše metode izračuna, da bi po ustrezni validaciji metode, potencialno lahko energijsko porabo natančneje vrednotili za posamezne dneve v prostoživečem okolju.

## 6 ZAKLJUČEK

Namen naloge je bil na vzorcu odraslih oseb ovrednotiti presnovni, gibalni in prehranski status preiskovancev z vidika energijskega ravnovesja. Z raziskavo smo šest hipotez potrdili (H 1.1, H 1.2, H 1.3, H 1.4, H 4, H 5), eno delno potrdili (H 3) in eno zavrgli (H 2). Pokazali smo, da se splošna vrednost porabe 1 MET razlikuje od izmerjene  $MET_{izm}$  in da je  $MET_{izm}$  negativno povezana z ITM, deležem telesne maščobe in s starostjo. Ocenili smo tudi skladnost napovednih enačb z lastnim izračunom  $CEP_{izm}$  in ugotovili neskladnost metod pri napovedi energijske porabe posameznika. Ugotovili smo spremenljivost  $CEP_{izm}$  in energijskega vnosa. Z oceno energijskega ravnovesja smo pri preiskovancih pokazali negativno energijsko bilanco. Predstavili smo metodo za oceno energijske porabe, s katero bi lahko v prihodnosti natančneje določali energijske potrebe posameznika. Z dodatnim razvojem in validacijo te metode bi dobili boljši vpogled v dnevno stanje energijskega ravnovesja pri posameznikih v prostoživečem okolju in boljšo stroškovno učinkovitost od obstoječih metod.

## 7 VIRI

- Ainsworth, B. E., Haskell, W. L., Herrmann, S. D., Meckes, N., Bassett, D. R., Tudor-Locke, C., ... Leon, A. S. (2011). 2011 compendium of physical activities: a second update of codes and MET values. *Medicine and science in sports and exercise*, 43(8), 1575–1581. <https://doi.org/10.1249/MSS.0b013e31821ece12>
- Amaro-Gahete, F. J., Jurado-Fasoli, L., De-la-O, A., Gutierrez, Á., Castillo, M. J., Ruiz, J. R. (2018). Accuracy and validity of resting energy expenditure predictive equations in middle-aged adults. *Nutrients*, 10(11). <https://doi.org/10.3390/nu10111635>
- Beijst, C., Schep, G., Breda, E. van, Wijn, P. F. F., Pul, C. van. (2013). Accuracy and precision of CPET equipment: a comparison of breath-by-breath and mixing chamber systems. *Journal of medical engineering & technology*, 37(1), 35–42. <https://doi.org/10.3109/03091902.2012.733057>
- Bingham, S. A., Gill, C., Welch, A., Day, K., Cassidy, A., Khaw, K. T., ... Day, N. E. (1994). Comparison of dietary assessment methods in nutritional epidemiology: weighed records v. 24 h recalls, food-frequency questionnaires and estimated-diet records. *The British journal of nutrition*, 72(4), 619–643. <https://doi.org/10.1079/bjn19940064>
- Black, A. E., Cole, T. J. (2000). Within- and between-subject variation in energy expenditure measured by the doubly-labelled water technique: implications for validating reported dietary energy intake. *European journal of clinical nutrition*, 54(5), 386–394. <https://doi.org/10.1038/sj.ejcn.1600970>
- Bland, J. M., Altman, D. G. (1999). Measuring agreement in method comparison studies. *Statistical methods in medical research*, 8(2), 135–160. <https://doi.org/10.1177/096228029900800204>
- Blond, E., Maitrepierre, C., Normand, S., Sothier, M., Roth, H., Goudable, J., Laville, M. (2011). A new indirect calorimeter is accurate and reliable for measuring basal energy expenditure, thermic effect of food and substrate oxidation in obese and healthy subjects. *E-spen, the european e-journal of clinical nutrition and metabolism*, 6(1), e7–e15. <https://doi.org/10.1016/j.eclnm.2010.12.001>
- Burrows, T. L., Rollo, M. E. (2019). Advancement in dietary assessment and self-monitoring using technology. *Nutrients*, 11(7), 1648. <https://doi.org/10.3390/nu11071648>
- Byrne, N. M., Hills, A. P., Hunter, G. R., Weinsier, R. L., Schutz, Y. (2005). Metabolic equivalent: one size does not fit all. *Journal of applied physiology*, 99(3), 1112–1119. <https://doi.org/10.1152/jappphysiol.00023.2004>
- Calcagno, M., Kahleova, H., Alwarith, J., Burgess, N. N., Flores, R. A., Busta, M. L., Barnard, N. D. (v tisku). The thermic effect of food: a review. *Journal of the American college of nutrition*, 1–5. <https://doi.org/10.1080/07315724.2018.1552544>
- Cederholm, T., Bosaeus, I., Barazzoni, R., Bauer, J., Van Gossum, A., Klek, S., ... Singer, P. (2015). Diagnostic criteria for malnutrition - an espen consensus statement. *Clinical nutrition*, 34(3), 335–340. <https://doi.org/10.1016/j.clnu.2015.03.001>

- Champagne, C. M., Han, H., Bajpeyi, S., Rood, J., Johnson, W. D., Lammi-Keefe, C. J., ... Bray, G. A. (2013). Day-to-day variation in food intake and energy expenditure in healthy women: the dietitian II study. *Journal of the academy of nutrition and dietetics*, 113(11), 1532–1538. <https://doi.org/10.1016/j.jand.2013.07.001>
- Choi, L., Liu, Z., Matthews, C. E., Buchowski, M. S. (2011). Validation of accelerometer wear and nonwear time classification algorithm. *Medicine and science in sports and exercise*, 43(2), 357–364. <https://doi.org/10.1249/MSS.0b013e3181ed61a3>
- Close, E. J., Wiles, P. G., Lockton, J. A., Walmsley, D., Oldham, J., Wales, J. K. (1993). The degree of day-to-day variation in food intake in diabetic patients. *Diabetic medicine: a journal of the British diabetic association*, 10(6), 514–520. <https://doi.org/10.1111/j.1464-5491.1993.tb00112.x>
- Cohen, J. (1992). A power primer. *Psychological bulletin*, 112(1), 155–159.
- Cohen, Jacob. (1988). *Statistical power analysis for the behavioral sciences* (2nd ed.). Routledge. <https://doi.org/10.4324/9780203771587>
- Crouter, S. E., Churilla, J. R., Bassett, D. R. (2006). Estimating energy expenditure using accelerometers. *European journal of applied physiology*, 98(6), 601–612. <https://doi.org/10.1007/s00421-006-0307-5>
- Cunningham, J. J. (1991). Body composition as a determinant of energy expenditure: a synthetic review and a proposed general prediction equation. *The American journal of clinical nutrition*, 54(6), 963–969. <https://doi.org/10.1093/ajcn/54.6.963>
- da Rocha, E. E. M., Alves, V. G. F., da Fonseca, R. B. V. (2006). Indirect calorimetry: methodology, instruments and clinical application. *Current opinion in clinical nutrition and metabolic care*, 9(3), 247–256. <https://doi.org/10.1097/01.mco.0000222107.15548.f5>
- De Boer, J. O., Van Es, A. J., Vogt, J. E., Van Raaij, J. M., Hautvast, J. G. (1987). Reproducibility of 24 h energy expenditure measurements using a human whole body indirect calorimeter. *The British journal of nutrition*, 57(2), 201–209. <https://doi.org/10.1079/bjn19870026>
- de Jonge, L., DeLany, J. P., Nguyen, T., Howard, J., Hadley, E. C., Redman, L. M., Ravussin, E. (2007). Validation study of energy expenditure and intake during calorie restriction using doubly labeled water and changes in body composition. *The American journal of clinical nutrition*, 85(1), 73–79. <https://doi.org/10.1093/ajcn/85.1.73>
- Donahoo, W. T., Levine, J. A., Melanson, E. L. (2004). Variability in energy expenditure and its components. *Current opinion in clinical nutrition and metabolic care*, 7(6), 599–605.
- Dowd, K. P., Szeklicki, R., Minetto, M. A., Murphy, M. H., Polito, A., Ghigo, E., ... Donnelly, A. E. (2018). A systematic literature review of reviews on techniques for physical activity measurement in adults: a dedipac study. *The international journal of behavioral nutrition and physical activity*, 15(1), 15. <https://doi.org/10.1186/s12966-017-0636-2>

- Duncan, S., Stewart, T., Bo Schneller, M., Godbole, S., Cain, K., Kerr, J. (2018). Convergent validity of Actigraph and Actical accelerometers for estimating physical activity in adults. *PLoS one*, 13(6), e0198587. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0198587>
- EFSA Panel on Dietetic Products, Nutrition and Allergies (NDA). (2013). Scientific opinion on dietary reference values for energy. *EFSA journal*, 11(1), 3005. <https://doi.org/10.2903/j.efsa.2013.3005>
- Elia, M., Stratton, R., Stubbs, J. (2003). Techniques for the study of energy balance in man. *The proceedings of the nutrition society*, 62(2), 529–537.
- Elliott, S. A., Baxter, K. A., Davies, P. S. W., Truby, H. (2014). Accuracy of self-reported physical activity levels in obese adolescents. *Journal of nutrition and metabolism*, 2014, Art. ID 808659. <https://doi.org/10.1155/2014/808659>
- Forse, R. A. (1993). Comparison of gas exchange measurements with a mouthpiece, face mask, and ventilated canopy. *JPEN. journal of parenteral and enteral nutrition*, 17(4), 388–391. <https://doi.org/10.1177/0148607193017004388>
- Frankenfield, D., Roth-Yousey, L., Compher, C. (2005). Comparison of predictive equations for resting metabolic rate in healthy nonobese and obese adults: a systematic review. *Journal of the American dietetic association*, 105(5), 775–789. <https://doi.org/10.1016/j.jada.2005.02.005>
- Frankenfield, David. (2013). Bias and accuracy of resting metabolic rate equations in non-obese and obese adults. *Clinical nutrition (edinburgh, scotland)*, 32(6), 976–982. <https://doi.org/10.1016/j.clnu.2013.03.022>
- Freedson, P. S., Melanson, E., Sirard, J. (1998). Calibration of the computer science and applications, inc. accelerometer. *Medicine and science in sports and exercise*, 30(5), 777–781. <https://doi.org/10.1097/00005768-199805000-00021>
- Freisling, H., van Bakel, M. M. E., Biessy, C., May, A. M., Byrnes, G., Norat, T., ... Slimani, N. (2012). Dietary reporting errors on 24 h recalls and dietary questionnaires are associated with BMI across six European countries as evaluated with recovery biomarkers for protein and potassium intake. *The British journal of nutrition*, 107(6), 910–920. <https://doi.org/10.1017/S0007114511003564>
- Fuller, Z., Horgan, G., O'Reilly, L. M., Ritz, P., Milne, E., Stubbs, R. J. (2008). Comparing different measures of energy expenditure in human subjects resident in a metabolic facility. *European journal of clinical nutrition*, 62(4), 560–569. <https://doi.org/10.1038/sj.ejcn.1602739>
- Fullmer, S., Benson-Davies, S., Earthman, C. P., Frankenfield, D. C., Gradwell, E., Lee, P. S. P., ... Trabulsi, J. (2015). Evidence analysis library review of best practices for performing indirect calorimetry in healthy and non-critically ill individuals. *Journal of the academy of nutrition and dietetics*, 115(9), 1417-1446.e2. <https://doi.org/10.1016/j.jand.2015.04.003>
- Gandy, J. (2014). *Manual of dietetic practice* (5th ed.). Oxford: John Wiley & Sons.

- Gerrior, S., Juan, W., Peter, B. (2006). An easy approach to calculating estimated energy requirements. *Preventing chronic disease*, 3(4), A129.
- Guh, D. P., Zhang, W., Bansback, N., Amarsi, Z., Birmingham, C. L., Anis, A. H. (2009). The incidence of co-morbidities related to obesity and overweight: a systematic review and meta-analysis. *BMC public health*, 9, 88. <https://doi.org/10.1186/1471-2458-9-88>
- Gunn, S. M., Brooks, A. G., Withers, R. T., Gore, C. J., Owen, N., Booth, M. L., Bauman, A. E. (2002). Determining energy expenditure during some household and garden tasks. *Medicine and science in sports and exercise*, 34(5), 895–902.
- Hall, K. D., Heymsfield, S. B., Kemnitz, J. W., Klein, S., Schoeller, D. A., Speakman, J. R. (2012). Energy balance and its components: implications for body weight regulation. *The American journal of clinical nutrition*, 95(4), 989–994. <https://doi.org/10.3945/ajcn.112.036350>
- Harris, J. A., Benedict, F. G. (1918). A biometric study of human basal metabolism. *Proceedings of the national academy of sciences of the united states of america*, 4(12), 370–373.
- Haskell, W. L., Lee, I.-M., Pate, R. R., Powell, K. E., Blair, S. N., Franklin, B. A., ... Bauman, A. (2007). Physical activity and public health: updated recommendation for adults from the American college of sports medicine and the American heart association. *Medicine and science in sports and exercise*, 39(8), 1423–1434. <https://doi.org/10.1249/mss.0b013e3180616b27>
- Henry, C. J., Camps, S. G. J. A. (2018). Energy requirements in nutrition support. V *Advanced Nutrition and Dietetics in Nutrition Support* (str. 117–126). John Wiley & Sons. <https://doi.org/10.1002/9781118993880.ch3.2>
- Henry, C. J. K. (2005). Basal metabolic rate studies in humans: measurement and development of new equations. *Public health nutrition*, 8(7A), 1133–1152.
- Heydenreich, J., Schutz, Y., Melzer, K., Kayser, B. (2019). Comparison of conventional and individualized 1-MET values for expressing maximum aerobic metabolic rate and habitual activity related energy expenditure. *Nutrients*, 11(2), 458. <https://doi.org/10.3390/nu11020458>
- Hills, A. P., Mokhtar, N., Byrne, N. M. (2014). Assessment of physical activity and energy expenditure: an overview of objective measures. *Frontiers in nutrition*, 1(Art. 5). <https://doi.org/10.3389/fnut.2014.00005>
- Jensen, G. L., Mirtallo, J., Compher, C., Dhaliwal, R., Forbes, A., Grijalba, R. F., ... International Consensus Guideline Committee. (2010). Adult starvation and disease-related malnutrition: a proposal for etiology-based diagnosis in the clinical practice setting from the international consensus guideline committee. *JPEN. journal of parenteral and enteral nutrition*, 34(2), 156–159. <https://doi.org/10.1177/0148607110361910>



- Kenny, G. P., Notley, S. R., Gagnon, D. (2017). Direct calorimetry: a brief historical review of its use in the study of human metabolism and thermoregulation. *European journal of applied physiology*, 117(9), 1765–1785. <https://doi.org/10.1007/s00421-017-3670-5>
- Kim, D., Lee, J., Park, H. K., Jang, D. P., Song, S., Cho, B. H., ... Kim, I. Y. (2017). Comparing the standards of one metabolic equivalent of task in accurately estimating physical activity energy expenditure based on acceleration. *Journal of sports sciences*, 35(13), 1279–1286. <https://doi.org/10.1080/02640414.2016.1221520>
- Kim, Y., Welk, G. J. (2015). Criterion validity of competing accelerometry-based activity monitoring devices: *Medicine & science in sports & exercise*, 47(11), 2456–2463. <https://doi.org/10.1249/MSS.0000000000000691>
- Klein, S., Burke, L. E., Bray, G. A., Blair, S., Allison, D. B., Pi-Sunyer, X., ... American Heart Association Council on Nutrition, Physical Activity, and Metabolism. (2004). Clinical implications of obesity with specific focus on cardiovascular disease: a statement for professionals from the American heart association council on nutrition, physical activity, and metabolism: endorsed by the American college of cardiology foundation. *Circulation*, 110(18), 2952–2967. <https://doi.org/10.1161/01.CIR.0000145546.97738.1E>
- Konturek, P. C., Herrmann, H. J., Schink, K., Neurath, M. F., Zopf, Y. (2015). Malnutrition in hospitals: it was, is now, and must not remain a problem! *Medical science monitor: international medical journal of experimental and clinical research*, 21, 2969–2975. <https://doi.org/10.12659/MSM.894238>
- Livingston, E. H., Kohlstadt, I. (2005). Simplified resting metabolic rate-predicting formulas for normal-sized and obese individuals. *Obesity research*, 13(7), 1255–1262. <https://doi.org/10.1038/oby.2005.149>
- Lopes, T. S., Luiz, R. R., Hoffman, D. J., Ferriolli, E., Pfrimer, K., Moura, A. S., ... Pereira, R. A. (2016). Misreport of energy intake assessed with food records and 24-h recalls compared with total energy expenditure estimated with DLW. *European journal of clinical nutrition*, 70(11), 1259–1264. <https://doi.org/10.1038/ejcn.2016.85>
- Macfarlane, D. J. (2017). Open-circuit respirometry: a historical review of portable gas analysis systems. *European journal of applied physiology*, 117(12), 2369–2386. <https://doi.org/10.1007/s00421-017-3716-8>
- Mahabir, S., Baer, D. J., Giffen, C., Clevidence, B. A., Campbell, W. S., Taylor, P. R., Hartman, T. J. (2006). Comparison of energy expenditure estimates from 4 physical activity questionnaires with doubly labeled water estimates in postmenopausal women. *The American journal of clinical nutrition*, 84(1), 230–236. <https://doi.org/10.1093/ajcn/84.1.230>
- Manna, P., Jain, S. K. (2015). Obesity, oxidative stress, adipose tissue dysfunction, and the associated health risks: causes and therapeutic strategies. *Metabolic syndrome and related disorders*, 13(10), 423–444. <https://doi.org/10.1089/met.2015.0095>

- Mathie, M. J., Coster, A. C. F., Lovell, N. H., Celler, B. G. (2004). Accelerometry: providing an integrated, practical method for long-term, ambulatory monitoring of human movement. *Physiological measurement*, 25(2), R1-R20.
- Mifflin, M. D., St Jeor, S. T., Hill, L. A., Scott, B. J., Daugherty, S. A., Koh, Y. O. (1990). A new predictive equation for resting energy expenditure in healthy individuals. *The American journal of clinical nutrition*, 51(2), 241–247. <https://doi.org/10.1093/ajcn/51.2.241>
- Mountjoy, M., Sundgot-Borgen, J., Burke, L., Ackerman, K. E., Blauwet, C., Constantini, N., ... Budgett, R. (2018). International olympic committee (IOC) consensus statement on relative energy deficiency in sport (RED-S): 2018 update. *International journal of sport nutrition and exercise metabolism*, 28(4), 316–331. <https://doi.org/10.1123/ijnsnem.2018-0136>
- Müller, M. J., Bosy-Westphal, A., Klaus, S., Kreymann, G., Lührmann, P. M., Neuhäuser-Berthold, M., ... Steiniger, J. (2004). World health organization equations have shortcomings for predicting resting energy expenditure in persons from a modern, affluent population: generation of a new reference standard from a retrospective analysis of a german database of resting energy expenditure. *The American journal of clinical nutrition*, 80(5), 1379–1390. <https://doi.org/10.1093/ajcn/80.5.1379>
- Müller, M. J., Enderle, J., Bosy-Westphal, A. (2016). Changes in energy expenditure with weight gain and weight loss in humans. *Current obesity reports*, 5(4), 413–423. <https://doi.org/10.1007/s13679-016-0237-4>
- Murakami, K., Livingstone, M. B. E. (2015). Prevalence and characteristics of misreporting of energy intake in us adults: nhanes 2003-2012. *The British journal of nutrition*, 114(8), 1294–1303. <https://doi.org/10.1017/S0007114515002706>
- Murgatroyd, P. R., Davies, H. L., Prentice, A. M. (1987). Intra-individual variability and measurement noise in estimates of energy expenditure by whole body indirect calorimetry. *The British journal of nutrition*, 58(3), 347–356. <https://doi.org/10.1079/bjn19870104>
- Nelson, M., Black, A. E., Morris, J. A., Cole, T. J. (1989). Between- and within-subject variation in nutrient intake from infancy to old age: estimating the number of days required to rank dietary intakes with desired precision. *The American journal of clinical nutrition*, 50(1), 155–167. <https://doi.org/10.1093/ajcn/50.1.155>
- Pérez Rodrigo, C., Aranceta, J., Salvador, G., Varela-Moreiras, G. (2015). Food frequency questionnaires. *Nutricion hospitalaria*, 31(S3), 49–56. <https://doi.org/10.3305/nh.2015.31.sup3.8751>
- Poslusna, K., Ruprich, J., Vries, J. H. M. de, Jakubikova, M., Veer, P. van't. (2009). Misreporting of energy and micronutrient intake estimated by food records and 24 hour recalls, control and adjustment methods in practice. *British journal of nutrition*, 101(S2), S73–S85. <https://doi.org/10.1017/S0007114509990602>

- Powell, C., Carson, B. P., Dowd, K. P., Donnelly, A. E. (2017). Simultaneous validation of five activity monitors for use in adult populations. *Scandinavian journal of medicine & science in sports*, 27(12), 1881–1892. <https://doi.org/10.1111/sms.12813>
- Rebro, S. M., Patterson, R. E., Kristal, A. R., Cheney, C. L. (1998). The effect of keeping food records on eating patterns. *Journal of the American dietetic association*, 98(10), 1163–1165. [https://doi.org/10.1016/S0002-8223\(98\)00269-7](https://doi.org/10.1016/S0002-8223(98)00269-7)
- Ritz, P., Johnson, P. G., Coward, W. A. (1994). Measurements of 2H and 18O in body water: analytical considerations and physiological implications. *The British journal of nutrition*, 72(1), 3–12. <https://doi.org/10.1079/bjn19940004>
- Romieu, I., Dossus, L., Barquera, S., Blottière, H. M., Franks, P. W., ... Gunter, M. (2017). Energy balance and obesity: what are the main drivers? *Cancer causes & control*, 28(3), 247–258. <https://doi.org/10.1007/s10552-017-0869-z>
- Rothney, M. P., Brychta, R. J., Meade, N. N., Chen, K. Y., Buchowski, M. S. (2010). Validation of the actigraph two-regression model for predicting energy expenditure. *Medicine and science in sports and exercise*, 42(9), 1785–1792. <https://doi.org/10.1249/MSS.0b013e3181d5a984>
- Ryan, D. H., Kahan, S. (2018). Guideline recommendations for obesity management. *The medical clinics of north America*, 102(1), 49–63. <https://doi.org/10.1016/j.mcna.2017.08.006>
- Samocha-Bonet, D., Campbell, L. V., Mori, T. A., Croft, K. D., Greenfield, J. R., Turner, N., Heilbronn, L. K. (2012). Overfeeding reduces insulin sensitivity and increases oxidative stress, without altering markers of mitochondrial content and function in humans. *PLoS one*, 7(5), e36320. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0036320>
- Santos-Lozano, A., Santín-Medeiros, F., Cardon, G., Torres-Luque, G., Bailón, R., Bergmeir, C., ... Garatachea, N. (2013). Actigraph GT3-x: validation and determination of physical activity intensity cut points. *International journal of sports medicine*, 34(11), 975–982. <https://doi.org/10.1055/s-0033-1337945>
- Sasaki, J. E., John, D., Freedson, P. S. (2011). Validation and comparison of actigraph activity monitors. *Journal of science and medicine in sport*, 14(5), 411–416. <https://doi.org/10.1016/j.jsams.2011.04.003>
- Savage, P. D., Toth, M. J., Ades, P. A. (2007). A re-examination of the metabolic equivalent concept in individuals with coronary heart disease. *Journal of cardiopulmonary rehabilitation and prevention*, 27(3), 143–148. <https://doi.org/10.1097/01.HCR.0000270693.16882.d9>
- Schneller, M. B., Pedersen, M. T., Gupta, N., Aadahl, M., Holtermann, A. (2015). Validation of five minimally obstructive methods to estimate physical activity energy expenditure in young adults in semi-standardized settings. *Sensors*, 15(3), 6133–6151. <https://doi.org/10.3390/s150306133>

- Schoeller, D. A., Westerterp, K. R. (2017). *Advances in the assessment of dietary intake*. Boca Raton: CRC Press.
- Schofield, W. N. (1985). Predicting basal metabolic rate, new standards and review of previous work. *Clinical nutrition*, 39(Suppl. 1), 5–41.
- Schumacher, S., Davis, A. (2015). Measuring the eating habits of registered dietitians. *Topics in clinical nutrition*, 30(3), 222. <https://doi.org/10.1097/TIN.0000000000000041>
- Schusdziarra, V., Wolfschläger, K., Hausmann, M., Wagenpfeil, S., Erdmann, J. (2014). Accuracy of resting energy expenditure calculations in unselected overweight and obese patients. *Annals of nutrition & metabolism*, 65(4), 299–309. <https://doi.org/10.1159/000364953>
- Schutz, Y. (2018). Respiration chamber calorimetry and doubly labeled water: two complementary aspects of energy expenditure? *European journal of clinical nutrition*, 72(9), 1310–1313. <https://doi.org/10.1038/s41430-018-0233-8>
- Sergi, G., Coin, A., Sarti, S., Perissinotto, E., Peloso, M., Mulone, S., ... Manzato, E. (2010). Resting VO<sub>2</sub>, maximal VO<sub>2</sub> and metabolic equivalents in free-living healthy elderly women. *Clinical nutrition*, 29(1), 84–88. <https://doi.org/10.1016/j.clnu.2009.07.010>
- Shephard, R. J., Aoyagi, Y. (2012). Measurement of human energy expenditure, with particular reference to field studies: an historical perspective. *European journal of applied physiology*, 112(8), 2785–2815. <https://doi.org/10.1007/s00421-011-2268-6>
- Shim, J.-S., Oh, K., Kim, H. C. (2014). Dietary assessment methods in epidemiologic studies. *Epidemiology and health*, 36, e2014009. <https://doi.org/10.4178/epih/e2014009>
- Singer, P., Singer, J. (2016). Clinical guide for the use of metabolic carts: indirect calorimetry—no longer the orphan of energy estimation. *Nutrition in clinical practice: official publication of the American society for parenteral and enteral nutrition*, 31(1), 30–38. <https://doi.org/10.1177/0884533615622536>
- Tam, C. S., Chaudhuri, R., Hutchison, A. T., Samocha-Bonet, D., Heilbronn, L. K. (2017). Skeletal muscle extracellular matrix remodeling after short-term overfeeding in healthy humans. *Metabolism: clinical and experimental*, 67, 26–30. <https://doi.org/10.1016/j.metabol.2016.10.009>
- Tan, S. Y., Batterham, M., Tapsell, L. (2010). Comparison of methods used to predict energy requirements in a whole room calorimeter. *Obesity research & clinical practice*, 4(3), e163-246. <https://doi.org/10.1016/j.orcp.2010.02.005>
- Tarasuk, V., Beaton, G. H. (1992). Day-to-day variation in energy and nutrient intake: evidence of individuality in eating behaviour? *Appetite*, 18(1), 43–54.
- Thomas, D. T., Erdman, K. A., Burke, L. M. (2016). American college of sports medicine joint position statement. nutrition and athletic performance. *Medicine and science in sports and exercise*, 48(3), 543–568. <https://doi.org/10.1249/MSS.0000000000000852>

- Tokudome, Y., Imaeda, N., Nagaya, T., Ikeda, M., Fujiwara, N., Sato, J., ... Tokudome, S. (2002). Daily, weekly, seasonal, within- and between-individual variation in nutrient intake according to four season consecutive 7 day weighed diet records in Japanese female dietitians. *Journal of epidemiology*, 12(2), 85–92. <https://doi.org/10.2188/jea.12.85>
- Trijsburg, L., Geelen, A., Hollman, P. C., Hulshof, P. J., Feskens, E. J., Van't Veer, P., ... de Vries, J. H. (2017). BMI was found to be a consistent determinant related to misreporting of energy, protein and potassium intake using self-report and duplicate portion methods. *Public health nutrition*, 20(4), 598–607. <https://doi.org/10.1017/S1368980016002743>
- Troiano, R. P., Berrigan, D., Dodd, K. W., Mâsse, L. C., Tilert, T., McDowell, M. (2008). Physical activity in the United States measured by accelerometer. *Medicine and science in sports and exercise*, 40(1), 181–188. <https://doi.org/10.1249/mss.0b013e31815a51b3>
- Villablanca, P. A., Alegria, J. R., Mookadam, F., Holmes, D. R., Wright, R. S., Levine, J. A. (2015). Nonexercise activity thermogenesis in obesity management. *Mayo clinic proceedings*, 90(4), 509–519. <https://doi.org/10.1016/j.mayocp.2015.02.001>
- Warolin, J., Carrico, A. R., Whitaker, L. E., Wang, L., Chen, K. Y., Acra, S., Buchowski, M. S. (2012). Effect of BMI on prediction of accelerometry-based energy expenditure in youth. *Medicine and science in sports and exercise*, 44(12), 2428–2435. <https://doi.org/10.1249/MSS.0b013e318267b8f1>
- Weir, J. B. de V. (1949). New methods for calculating metabolic rate with special reference to protein metabolism. *The journal of physiology*, 109(1–2), 1–9.
- Westerterp, K. R. (2010). Physical activity, food intake, and body weight regulation: insights from doubly labeled water studies. *Nutrition reviews*, 68(3), 148–154. <https://doi.org/10.1111/j.1753-4887.2010.00270.x>
- Westerterp, K. R. (2013). Physical activity and physical activity induced energy expenditure in humans: measurement, determinants, and effects. *Frontiers in physiology*, 4, Art. 90. <https://doi.org/10.3389/fphys.2013.00090>
- Westerterp, K. R. (2017). Doubly labelled water assessment of energy expenditure: principle, practice, and promise. *European journal of applied physiology*, 117(7), 1277–1285. <https://doi.org/10.1007/s00421-017-3641-x>
- Wetten, A. A., Batterham, M., Tan, S. Y., Tapsell, L. (2014). Relative validity of 3 accelerometer models for estimating energy expenditure during light activity. *Journal of physical activity & health*, 11(3), 638–647. <https://doi.org/10.1123/jpah.2011-0167>
- Wichansawakun, S., Meddings, L., Alberda, C., Robbins, S., Gramlich, L. (2015). Energy requirements and the use of predictive equations versus indirect calorimetry in critically ill patients. *Applied physiology, nutrition, and metabolism = physiologie appliquee, nutrition et metabolisme*, 40(2), 207–210. <https://doi.org/10.1139/apnm-2014-0276>

- Wilms, B., Ernst, B., Thurnheer, M., Weisser, B., Schultes, B. (2014). Correction factors for the calculation of metabolic equivalents (MET) in overweight to extremely obese subjects. *International journal of obesity*, 38(11), 1383–1387. <https://doi.org/10.1038/ijo.2014.22>
- Woodman, J. A., Crouter, S. E., Bassett, D. R., Fitzhugh, E. C., Boyer, W. R. (2017). Accuracy of consumer monitors for estimating energy expenditure and activity type. *Medicine and science in sports and exercise*, 49(2), 371–377. <https://doi.org/10.1249/MSS.0000000000001090>
- Wu, J., Mao, D., Zhang, Y., Chen, X., Hong, P., Piao, J., ... Yang, X. (2019). Basal energy expenditure, resting energy expenditure and one metabolic equivalent (1 MET) values for young chinese adults with different body weights. *Asia pacific journal of clinical nutrition*, 28(1), 35–41. [https://doi.org/10.6133/apjcn.201903\\_28\(1\).0006](https://doi.org/10.6133/apjcn.201903_28(1).0006)

## **PRILOGE**

**PRILOGA 1: Navodila za izpolnjevanje prehranskega dnevnika s primerom in obrazci**

**PRILOGA 2: Navodila za namestitev pospeškometra**

## PRILOGA 1: NAVODILA ZA IZPOLNJEVANJE PREHRANSKEGA DNEVNIKA S PRIMEROM IN OBRAZCI



---

### PREHRANSKI DNEVNIK

#### NAVODILA ZA IZPOLNJEVANJE

Prosimo izpolnite prehranski dnevnik vsaj za 3 dni (zaželeno 2 dneva med tednom in 1 dan med vikendom). Če želite, lahko dnevnik izpolnite tudi za več dni. Idealno je, da dnevi, za katere pišete prehranski dnevnik, predstavljajo običajne dneve v vašem življenju. V kolikor je dan, za katerega ste pisali dnevnik, odstopal od povprečja, lahko to zapišete pod rubriko opombe na dnu razpredelnice ali pa v polje stolpca "Opis" pri tistem obroku/jedi, ki ste ga takrat zaužili izjemoma in ga ne uživajte redno.

Pri beleženju prosimo bodite predvsem:

- **Iskreni.** Raziskujemo z namenom, da vam lahko na podlagi zbranih podatkov uspešno in kvalitetno svetujemo in ne zato, da kritiziramo vaše prehranjevalne navade. Zaradi tega je nujno, da podajate resnične podatke o vašem prehranjevanju. Dnevnik naj izkazuje predvsem kako ste se prehranjevali do sedaj, čas za spremembe pa lahko nastopi tik zatem, ko ste uspešno prikazali vsaj 3 običajne dneve vašega prehranjevanja
- **Natančni.** Ljudje nezavedno podcenjujemo velikosti porcij in količino zaužitih živil. Zaradi tega je pomembno, da v času pisanja prehranskega dnevnika poskusite izmeriti količine živil, preden jih zaužijete. Najbolj zaželeno je uporaba kuhinjske tehtnice, lahko pa uporabite tudi druge merilne enote kot so skodelica, jušna žlica, čajna žlička...itd. V primeru, da se vam pri ocenjevanju količin pojavijo dvomi (zelo pogosto, če nimate možnosti tehtanja posameznih živil ali odmerjanja z žlico), svetujemo, da obrok opišete in zapišete ocenjene količine, obrok pred zaužitjem pa fotografirajte z mobilnim telefonom. Razumemo, da priprava obroka lahko traja kakšno minuto ali dve več, če morate živila pred zaužitjem tehtati, vseeno pa samo tako lahko dobimo resnično natančne podatke, ki bodo pomembno prispevali k verodostojnosti naše raziskave.
- **Podrobni.** Tudi živila, ki so si na videz zelo podobna, se lahko po sestavi in vsebnosti hranil med seboj zelo razlikujejo, npr. mleko z 3,5% m.m. ali mleko z 0,5% m.m...itd. Svetujemo, da zapišete tudi znamko oz. proizvajalca živila in vse druge informacije (fotografija embalaže), ki bi pripomogla k našemu prepoznavanju in ocene količine živila. Podrobni bodite tudi pri opisovanju priprave jedi, prav nobena informacija, ki nam jo boste posredovali, ne bo odveč.

#### DODATNI NAPOTKI

- **Zapišite vso popito pijačo.** Voda, kava (mleko, smetana, sladkor), čaj (med, limona), mleko (kravje, riževo, sojino...) in ostalo.
- **Zapišite vse dodatke, zabele in prehranska dopolnila.** Npr. maslo, margarina, solatni preliv (znamka/proizvajalec), kis, sir, majoneza, sladkor, med, sladila, magnezij, vitamin c,...
- **Napišite ime restavracije in imena živil.** Npr. rogljiček z marmelado (ime slaščičarne ali bara), frutabela (Fructal)...
- **Če je možno izmerite, če ni, pa ocenite.** Nekaj napotkov v primeru ocenjevanja:
  - Velikost dlani = 90 g (ženska dlan) mesa ali 120-150 g (moška dlan) mesa
  - Konica palca (od zadnjega členka naprej) = 1 čajna žlička/5 ml (sladkor, maslo,...)
  - Stisnjena pest = 1 skodelica/250 ml (riž, testenine, solata,...)

Oseba v treh dnevih običajno zaužije 9-15 obrokov (v primeru 3-5 obrokov dnevno), lahko pa tudi kakšnega manj ali pa več. Kljub vašem naporu delavniku vas prosimo, da ste za teh nekaj obrokov iskreni, natančni in podrobni, saj boste tako po naši analizi dobili najbolj uporabne povratne informacije, hkrati pa zelo pripomogli k kvaliteti naše raziskave. Že vnaprej se vam zahvaljujemo za vaš trud.

Za kakršnokoli informacije ali vprašanja, ki se vam pojavijo pred in med vodenjem prehranskega dnevnika, se prosim obrnite na kontaktno osebo, ki vam bo na voljo v času pisanja dnevnika:



Št. preiskovanca. : \_\_\_\_\_

Datum izpolnjevanja : \_\_\_\_\_

Ime in priimek: \_\_\_\_\_

Dan izpolnjevanja:  med tednom  vikend

Ura	Živila - jedi in količina (g, ml, čajna žlička)	Opis (znamka živila, način priprave..)
6:30	400 ml naravna pitna voda	
	300 ml mleka 3,5%MM	Alpsko mleko (Ljubljanske mlekarne)
	110 g čokoladnih kosmičev	Nesquik
8:30	1x jabolko	srednje veliko
11:00	150 ml kava z mlekom	v lokalu, mleko 100 ml in 50 ml kave
	250 ml radenska	v lokalu
13:00	200 ml naravna pitna voda	
14:00	300g goveja juha z zakuho (rezanci)	200g juhe, 100g rezancev
	400g pire krompir	pripravljen doma, mleko + kislá smetana
	175g goveji zrezek	pripravljen doma, goveje stegno
	200 g omaka za zrezke	sončnično olje, moka, sol, poper
	140 g zelena solata	
	2 jedilni žlici oljčnega olja	domače
	1 jedilna žlica jabolčnega kisa	
	120 g jabolčni zavitek	Pekarna pečjak
17:00	2x 55 g bela žemlja	skupaj 110 g, kupljeno v trgovini Spar
	70 g poli salama	Perutnina ptuj
	20 g majoneza	Zvijezda
20:00	4 x jajce XL velikost	pripravljena na oko, Mercator sveža jajca
	20g surovo maslo	Pomurske mlekarne
	400ml naravna pitna voda	

Opombe:

Št. preiskovanca. : \_\_\_\_\_

Datum izpolnjevanja : \_\_\_\_\_

Ime in priimek: \_\_\_\_\_

Dan izpolnjevanja:  med tednom  vikend

Ura	Živila - jedi in količina (g, ml, čajna žlička)	Opis (znamka živila, način priprave..)

Opombe:

## PRILOGA 2: NAVODILA ZA NAMESTITEV POSPEŠKOMETRA



### PROZ-SIPO

Promocija zdravja namenjena slovenskim policistom

#### 1 Navodila za namestitev pospeškometra ActiGraph

##### POMEMBNA OPOZORILA:

- Pospeškometer ActiGraph nosite čim večji del časa budnosti – namestite si ga takoj, ko se zbudite in odstranite neposredno pred spanjem.
- Pospeškometra ActiGraph **NE NOSITE** med tuširanjem in drugimi vodnimi aktivnostmi, niti med spanjem.

##### Nameščanje okoli pasu

- 1) Pospeškometer obrnite tako, da črna pikica gleda proti stropu oziroma vaši glavi.
- 2) Namestite ga na desnem boku v liniji med desnim kolonom in pazduho ter ga s sponko pripnite okoli pasu (Slika 1).
- 3) Pas vas ne sme tiščati, a naj bo pospeškometer vseeno stabilno nameščen na desnem boku.



Slika 1: prikaz pravilne namestitve pospeškometra okoli pasu