

# Utjecaj unosa kofeina, raspoložive energije i stupnja hidracije na kognitivne funkcije i percepciju umora kod vrhunskih demonstratora skijanja

---

Gaube, Helena

Master's thesis / Diplomski rad

2023

Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj: **University of Zagreb, Faculty of Food Technology and Biotechnology / Sveučilište u Zagrebu, Prehrambeno-biotehnološki fakultet**

Permanent link / Trajna poveznica: <https://urn.nsk.hr/urn:nbn:hr:159:694059>

Rights / Prava: [Attribution-NoDerivatives 4.0 International/Imenovanje-Bez prerada 4.0 međunarodna](#)

Download date / Datum preuzimanja: **2024-09-08**



Repository / Repozitorij:

[Repository of the Faculty of Food Technology and Biotechnology](#)



SVEUČILIŠTE U ZAGREBU  
PREHRAMBENO-BIOTEHNOLOŠKI FAKULTET

# DIPLOMSKI RAD

Zagreb, prosinac 2023.

Helena Gaube

**UTJECAJ UNOSA KOFEINA,  
RASPOLOŽIVE ENERGIJE I  
STUPNJA HIDRACIJE NA  
KOGNITIVNE FUNKCIJE I  
PERCEPCIJU UMORA KOD  
VRHUNSKIH DEMONSTRATORA  
SKIJANJA**

Rad je izrađen u Laboratoriju za znanost o prehrani na Zavodu za poznavanje i kontrolu sirovina i prehrambenih proizvoda Prehrambeno-biotehnološkog fakulteta Sveučilišta u Zagrebu pod mentorstvom prof. dr. sc. Zvonimira Štalića.

## *ZAHVALA*

*Zahvaljujem prof. dr. sc. Zvonimiru Šataliću na prihvaćanju mentorstva, ispunjenju želja, podršci, strpljenju i realizaciji ovog diplomskog rada.*

*Zahvaljujem Hrvatskom skijaškom demo teamu i Hrvatskom zboru učitelja i trenera sportova na snijegu na dobrovoljnom sudjelovanju u istraživanju.*

## TEMELJNA DOKUMENTACIJSKA KARTICA

Diplomski rad

Sveučilište u Zagrebu  
Prehrambeno-biotehnološki fakultet  
Zavod za poznavanje i kontrolu sirovina i prehrambenih proizvoda  
Laboratorij za znanost o prehrani

Znanstveno područje: Biotehničke znanosti  
Znanstveno polje: Nutricionizam

Diplomski sveučilišni studij: Nutricionizam

### UTJECAJ UNOSA KOFEINA, RASPOLOŽIVE ENERGIJE I STUPNJA HIDRACIJE NA KOGNITIVNE FUNKCIJE I PERCEPCIJU UMORA KOD VRHUNSKIH DEMONSTRATORA SKIJANJA

Helena Gaube, univ. bacc. nutr.  
0058209361

**Sažetak:** S obzirom da ne postoje istraživanja o utjecaju raspoložive energije, kofeina i hidracije na umor i kognitivne funkcije u ekstremnim uvjetima okoliša, cilj je istraživanja ispitati te učinke. Uključeno je 12 demonstratora i 3 demonstratorice skijanja, dobi 21-55 godina. Razina raspoložive energije (kcal/kg nemasne tjelesne mase) izračunata je na temelju podataka o energetske unosu (procijenjenom sedmodnevnim dnevnikom prehrane), energetske potrošnje (procijenjenoj sedmodnevnim dnevnikom tjelesne aktivnosti), primjeni kompendija potrošnje energije različitih tjelesnih aktivnosti i nemasnoj tjelesnoj masi (dobivenoj antropometrijskim mjerenjima). Stupanj hidracije procijenjen je specifičnom težinom i bojom urina prema Armstrongovoj skali. Izvor kofeina je PowerBar Caffeine Boost ampula (200 mg za skijašice, 400 mg za skijaše) s ciljanim unosom 3-6 mg/kg. Umor je procijenjen vizualno-analognom skalom (VAS-F), a kognitivne funkcije vizualnim testom vremena reakcije (RT). Suplementacija kofeina i adekvatan stupanj hidracije pospješuju kognitivne funkcije i smanjuju percepciju umora, dok razina raspoložive energije ne utječe na kognitivne funkcije i umor.

**Ključne riječi:** kofein, hidracija, raspoloživa energija, kognitivne funkcije, umor

**Rad sadrži:** 44 stranica, 11 slika, 9 tablica, 54 literaturnih navoda, 3 priloga

**Jezik izvornika:** hrvatski

**Rad je u tiskanom i elektroničkom (pdf format) obliku pohranjen u:** Knjižnica Prehrambeno-biotehnološkog fakulteta, Kačićeva 23, Zagreb

**Mentor:** prof. dr. sc. Zvonimir Šatalić

**Stručno povjerenstvo za ocjenu i obranu:**

1. izv. prof. dr. sc. Marina Krpan
2. prof. dr. sc. Zvonimir Šatalić
3. prof. dr. sc. Ines Panjkota Krbavčić
4. prof. dr. sc. Ksenija Marković

**Datum obrane:** 05. prosinca 2023.

## BASIC DOCUMENTATION CARD

Graduate Thesis

University of Zagreb  
Faculty of Food Technology and Biotechnology  
Department of Food Quality Control  
Laboratory for Nutrition Science

**Scientific area:** Biotechnical Sciences

**Scientific field:** Nutrition

**Graduate university study programme:** Nutrition

IMPACT OF CAFFEINE INTAKE, ENERGY AVAILABILITY AND HIDRATION STATUS ON  
COGNITIVE FUNCTIONS AND PERCEPTION OF FATIGUE ON  
TOP LEVEL SKI DEMONSTRATORS

Helena Gaube, univ. bacc. nutr.

0058209361

**Abstract:** In the absence of studies on the impact of available energy, caffeine and hydration on fatigue and cognitive functions in extreme conditions, this research aims to explore these effects. It involved 12 male and 3 female skiing demonstrators aged 21 to 55. Energy availability (kcal/kg of lean body mass) was calculated using data from energy intake and exercise energy expenditure, compendium of physical activities and fat-free mass. Hydration status was estimated through specific gravity and urine color on the Armstrong scale. Caffeine, sourced from PowerBar Caffeine Boost ampules (200 mg for females, 400 mg for males), targeted an intake of 3-6 mg/kg. Fatigue was assessed using a visual analog scale (VAS-F) and cognitive functions were assessed using a visual reaction time test (RT). Caffeine supplementation and adequate hydration enhance cognitive functions and reduce fatigue perception, while available energy levels have no impact on cognitive functions and fatigue.

**Keywords:** caffeine, hydration, energy availability, cognitive functions, fatigue

**Thesis contains:** 44 pages, 11 figures, 9 tables, 54 references, 3 supplements

**Original in:** Croatian

**Graduate Thesis in printed and electronic (pdf format) form is deposited in:** The Library of the Faculty of Food Technology and Biotechnology, Kačićeva 23, Zagreb.

**Mentor:** Zvonimir Šatalić, PhD, Full Professor

### Reviewers:

1. Marina Krpan PhD, Associate professor
2. Zvonimir Šatalić, PhD, Full professor
3. Ines Panjkota Krbavčić, PhD, Full professor
4. Ksenija Marković, PhD, Full professor

**Thesis defended:** December 5<sup>th</sup>, 2023

## SADRŽAJ

<b>1. UVOD.....</b>	<b>1</b>
<b>2. TEORIJSKI DIO .....</b>	<b>2</b>
<b>2.1. RASPOLOŽIVA ENERGIJA .....</b>	<b>2</b>
2.1.1. Izračun raspoloživosti energije.....	4
2.1.2. Procjena energetskeg unosa .....	4
2.1.3. Izračun nemasne tjelesne mase.....	5
2.1.4. Izračun energetske potrošnje tjelesne aktivnost .....	5
2.1.5. Niska razina raspoložive energije.....	6
<b>2.2. KOFEIN .....</b>	<b>7</b>
2.2.1. Izvor kofeina .....	8
2.2.2. Kofein i dehidracija .....	9
2.2.3. Ergogeno djelovanje kofeina .....	9
2.2.4. Kofein i sportska izvedba .....	10
2.2.5. Učinak kofeina na kognitivne funkcije i umor .....	10
2.2.6. Uobičajeni unos kofeina .....	11
2.2.7. Način primjene –doza, vrijeme unosa, trajanje učinka.....	12
2.2.8. Nadmorska visina i kofein.....	12
2.2.9. Nuspojave unosa kofeina.....	12
<b>2.3. HIDRACIJA .....</b>	<b>13</b>
2.3.1. Ravnoteža vode .....	14
2.3.2. Određivanje stupnja hidracije.....	14
2.3.3. Dehidracija .....	15
<b>3. EKSPERIMENTALNI DIO .....</b>	<b>16</b>
<b>3.1. ISPITANICI.....</b>	<b>16</b>
<b>3.2. METODE RADA.....</b>	<b>16</b>
3.2.1. Antropometrija .....	17
3.2.2. Dijetetičke metode.....	17
3.2.3. Energetska potrošnja za tjelesnu aktivnost (EEE).....	18
3.2.4. Suplementacija .....	19
3.2.5. Mjerenje umora i kognitivnih funkcija.....	20
3.2.6. Određivanje stupnja hidracije.....	21
3.2.7. Obrada podataka.....	21
<b>4. REZULTATI I RASPRAVA .....</b>	<b>23</b>
<b>4.1. RASPOLOŽIVA ENERGIJA.....</b>	<b>23</b>
<b>4.2. UOBIČAJEN UNOS KOFEINA.....</b>	<b>26</b>
<b>4.3. HIDRACIJA .....</b>	<b>27</b>
<b>5. ZAKLJUČCI.....</b>	<b>38</b>
<b>6. LITERATURA.....</b>	<b>39</b>

## PRILOZI

**PRILOG 1: Suglasnost na sudjelovanje u istraživanju**

**PRILOG 2: Upute za 7-dnevni dnevnik prehrane, tjelesne aktivnosti i praćenje urina**

**PRILOG 3: VAS-F skala za procjenu umora**



# 1. UVOD

Skijanje je sportska aktivnosti koja zahtijeva izuzetno visoku razinu koncentracije, koordinacije, preciznosti i brzine reakcije. Izvodi se pri vrlo različitim i promjenjivim okolišnim uvjetima. Visina, hladnoća i kvaliteta zraka uvelike utječu na sportsku izvedbu i uspjeh. Pravilna prehrana, dobra fizička priprema i zdravstveni status pridonose bržoj prilagodbi tijela na takve okolnosti (Meyer i sur., 2011).

U području sportskog nutricionizma, istraživanje utjecaja različitih faktora na performanse i doživljaj umora ima značajnu ulogu u optimizaciji sportskih rezultata i općeg zdravlja sportaša. Adekvatne razine raspoložive energije i stupnja hidracije od vitalnog su značaja za izvođenje svakodnevnih te vrlo napornih sportskih aktivnosti. Dosadašnje spoznaje utvrđuju da se kofein pokazao kao potencijalni faktor poboljšanja psihomotornih vještina, sportske izvedbe i budnosti, stoga mu se pripisuju ergogena svojstva. Sportašima se preporučuje unos kofeina od 3-6 mg/kg tjelesne mase 30-60 minuta prije, tijekom ili pri kraju tjelesne aktivnosti. Prosječno trajanje ergogenog učinka kofeina je 4-6 sati (Guest i sur., 2021).

Unatoč mnogobrojnim istraživanjima u području utjecaja ovih faktora na sportsku izvedbu, neznatan je broj istraživanja provedenih na skijašima, stoga je potrebno dublje istražiti njihov međuodnos.

Cilj ovog rada bio je analizirati utjecaj unosa kofeina, raspoložive energije i stupnja hidracije na kognitivne funkcije i percepciju umora kod vrhunskih demonstratora skijanja.

Izvor kofeina korišten u istraživanju je PowerBar Caffeine boost ampula u dozi od 200 mg za skijašice i 400 mg za skijaše. Za izračun raspoložive energije korišteni su podaci prikupljeni antropometrijskim mjerenjem te 7-dnevnim dnevnikom prehrane i tjelesne aktivnosti. Stupanj hidracije procijenjen je specifičnom težinom urina te bojom urina. Raspoloživa energija i hidracija praćene su tijekom različitih faza eksperimenta. Kognitivne funkcije mjerene su vizualnim testom vremena reakcije, a subjektivni doživljaj umora je procijenjen vizualno-analognom skalom skalom.

Kroz pažljivo provedeno eksperimentalno istraživanje i analizu rezultata, ovaj rad nastoji pružiti nove uvide i preporuke za optimizaciju sportskih performansi u skijanju.

## 2. TEORIJSKI DIO

### 2.1. RASPOLOŽIVA ENERGIJA

Nutricionisti su prvotno putem energetske ravnoteže proučavali i objašnjavali kako energetski unos utječe na zdravlje i sportsku izvedbu. Energetska ravnoteža (eng. *Energy balance, EB*) definira se kao razlika unosa energije hranom i ukupne potrošnje energije:

$$EB \text{ (kcal)} = \text{energetski unos (kcal)} - \text{ukupna energetska potrošnja (kcal)} \quad [1]$$

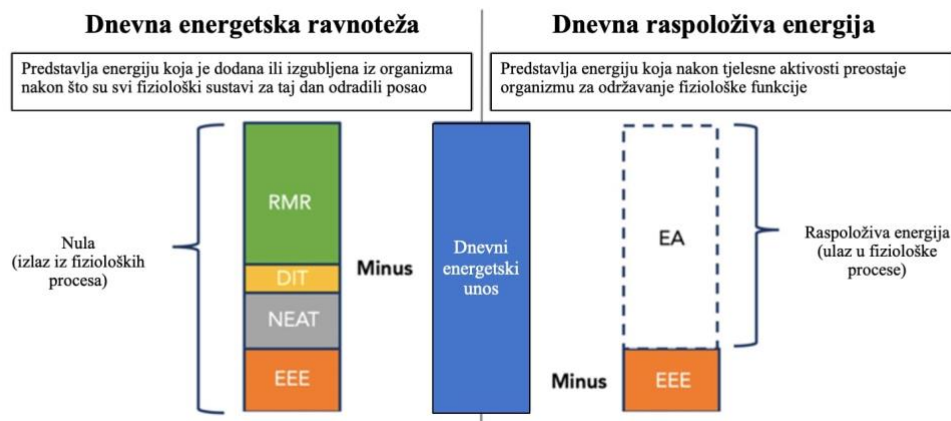
To je količina energije koja je dodana ili izgubljena iz tjelesnih zaliha nakon što su svi fiziološki sustavi za taj dan odradili posao (Loucks, 2014).

U praksi je teško i izazovno kontrolirati energetski unos i mjeriti ukupnu energetska potrošnju, koja može biti puno veća od energetske ravnoteže (Loucks, 2014). Također podaci o ukupnoj energetska potrošnji ne sadrže informacije o tome funkcioniraju li fiziološki sustavi na zdrav način (Loucks, 2014). S obzirom na to da su fiziološki procesi potisnuti vrlo niskom dostupnošću energije, mjerenja ukupne potrošnje energije ili potrošnje energije u mirovanju će podcijeniti energetske potrebe kronično pothranjenog sportaša (Loucks i sur., 2011).

Stoga, budući da energetska ravnoteža ne sadrži pouzdane informacije o energetskim potrebama, koncept raspoloživosti energije korisniji je od koncepta ravnoteže energije (Loucks i sur., 2011).

Raspoloživa energija (engl. *Energy availability, EA*) je količina energije koja nakon tjelesne aktivnosti preostaje organizmu za fiziološke procese (rast, stanično održavanje, termoregulaciju, reprodukciju, imunosti sustav i kretanje) (Loucks, 2014). Definira se kao razlika energetska unosa (kcal) i energetska potrošnje tjelesne aktivnosti u odnosu na nemasnu tjelesnu masu (Melin i Lundy, 2015).

Na slici 1 prikazane su razlike koncepta ravnoteže energije i koncepta raspoložive energije (Areta i sur., 2021).



EA-raspoloživa energija; EEE-energetska potrošnja tjelesne aktivnosti; RMR-stopa metabolizma u mirovanju; DIT-termogeneza izazvana prehranom; NEAT-dnevna energetska potrošnja uobičajenih aktivnosti

**Slika 1.** Razlika između energetske ravnoteže i raspoloživosti energije: unos energije i energetska potrošnja tjelesne aktivnosti (EEE) jednako se uzima u obzir u oba koncepta. Ali, koncept energetske ravnoteže dodatno uključuje sve ostale komponente potrošnje energije. Slika predstavlja parametre hipotetskog slučaja pojedinca koji izvodi tjelesnu aktivnost u trajanju od 1 h (EEE), s potrošnjom energije iz termogeneze inducirane prehranom (DIT) i potrošnjom energije ostalih aktivnosti (NEAT) koja čini 10 % od ukupnog energetskeg unosa i 40 % od stope metabolizma u mirovanju (RMR) (prema Areta i sur., 2021).

Koncept raspoložive energije posebice je važan za sportaše jer različite faze trenažnog procesa zahtijevaju različite razine raspoloživosti energije (Šatalić i sur., 2016). Prethodna istraživanja dokazala su da se mladi sportaši, najčešće sportašice često ne pridržavaju preporučenih prehrambenih smjernica vezanih za njihov sport i razinu aktivnosti. Takvo ponašanje povećava vjerojatnost niske energetske raspoloživosti i relativnog nedostatka energije u sportu, naknadno predstavljajući rizik pojave brojnih dugoročnih negativnih implikacija na zdravlje i izvedbu (Magee i sur., 2023; Jagim i sur., 2022; Areta i sur., 2020). Prema kliničkim studijama energetska raspoloživost manja od 30 kcal/kg nemasne tjelesne mase u vrlo kratkom razdoblju (5 dana) uzrokuje teške endokrine i metaboličke promjene (Ihle i Loucks, 2004; Loucks i Thuma, 2003). Kod sportašica se to stanje definira kao stanje klinički niske raspoloživosti energije (engl. *Low Energy Availability, LEA*) (Melin i sur., 2015; De Souza i sur., 2014). Iako znanstvenici nisu uspjeli točno odrediti optimalni iznos energetske raspoloživosti, utvrđeno je da za odrasle osobe energetska ravnoteža iznosi 0 kcal/dan u slučaju kada je raspoloživost

energije 45 kcal/kg nemasne tjelesne mase (Loucks i sur., 2011). Stoga se prag od najmanje 45 kcal/kg nemasne tjelesne mase/dan energetske raspoloživosti smatra optimalnim za sve fiziološke funkcije u organizmu (tablica 1) (Loucks, 2014).

### 2.1.1. Izračun raspoloživosti energije

Za izračun raspoloživosti energije potrebni su podaci o dnevnom energetske unosu hranom (engl. *Energy intake, EI*), nemasnoj tjelesnoj masi (engl. *Fat free mass, FFM*) i energetskej potrošnji za vrijeme tjelesne aktivnosti (engl. *Exercise energy expenditure, EEE*). Navedeni parametri uvrštavaju se u jednadžbu za izračun raspoloživosti energije (Loucks, 2014):

$$EA \text{ (kcal/ kg nemasne TM/ dan)} = \{EI \text{ (kcal)} - EEE \text{ (kcal)}\} / FFM \text{ (kg)} \quad [2]$$

Na temelju dobivenog rezultata, uz pomoć tablice raspona raspoloživosti energije, procjenjuje se stanje raspoložive energije sportaša (tablica 1) (Loucks, 2014). Na slici 2 kroz 6 koraka prikazano je pravilno procjenjivanje i upravljanje raspoloživom energijom sportaša.

**Tablica 1.** Odgovarajući rasponi raspoloživosti energije za sportaše (*prema* Loucks, 2014).

Raspoloživost energije (kcal/kg nemasne TM/dan)	Učinak na organizam
> 45	Povećanje TM, mišićna hipertrofija, povećanje unosa ugljikohidrata, rast
~ 45	Održavanje veličine tijela i TM, fokus na razvoj vještina
30 – 45	Zdrav gubitak masnog tkiva i TM
< 30	Negativan učinak na zdravlje

### 2.1.2. Procjena energetskeg unosa

Dnevni energetske unos procjenjuje se pomoću dijetetičkih metoda: 24-h prisjećanje, dnevnik prehrane, upitnik o učestalosti konzumiranja hrane (engl. *Food Frequency Questionnaire, FFQ*) i/ili duplikat dijeta. Dobiveni podaci analiziraju se korištenjem tablica s kemijskim sastavom hrane kako bi se odredila energetska vrijednost konzumiranih namirnica. Neovisno o kojoj se dijetetičkoj metodi radi, na točnu procjenu energetskeg unosa utječu brojni čimbenici vezani uz ispitanika kao što su npr. podcjenjivanje stvarnog unosa, nedostatak vremena za točno bilježenje podataka, često konzumiranje obroka na različitim mjestima, nemogućnost prisjećanja konzumiranih namirnica, neiskrenost, neprecizno mjerenje veličina porcija,

promjena prehrambenih navika zbog provođenja testiranja i u slučaju sportaša vrlo gust raspored aktivnosti (Tarnowski i sur., 2023; Heaney i sur., 2010).

Obveza nutricionista koji provodi istraživanje je odabir prave metode za procjenu unosa u datom trenutku i njezinog trajanja kako bi se dobili što točniji i precizniji rezultati (Šatalić i sur., 2016).

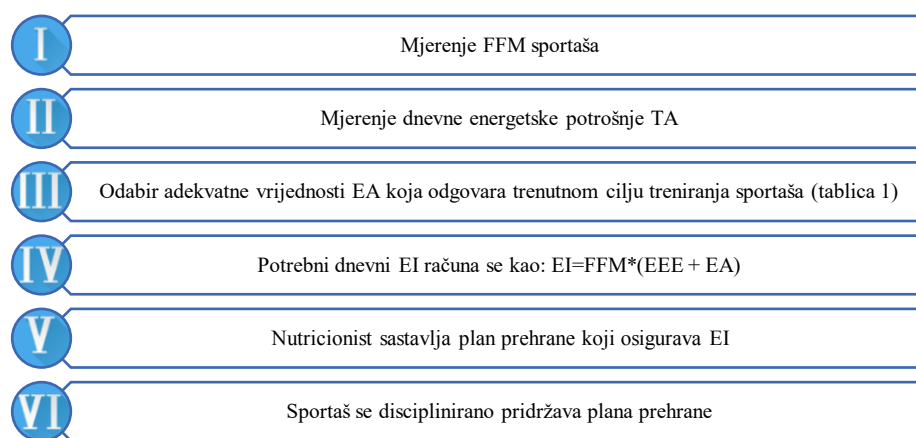
### 2.1.3. Izračun nemasne tjelesne mase

Mjerenje debljine kožnih nabora kaliperom, hidrostatsko vaganje, bioelektrična impendancija i zračna pletizmografija jedne su od najčešćih metoda za procjenu sastava tijela i određivanje nemasne tjelesne mase. Potreban je visok standard procjene sastava tijela jer pretjerana ili podcijenjena FFM iskrivljuje dobru procjenu raspoložive energije (Melin i Lundy, 2015).

### 2.1.4. Izračun energetske potrošnje tjelesne aktivnost

Energetska potrošnja tjelesne aktivnost (engl. *Exercise Energy Expenditure, EEE*) može se procijeniti mjerenjem broja otkucaja srca u odnosu na potrošnju kisika, korištenjem akcelerometra pokreta ili se može izračunati uz pomoć metaboličkog ekvivalenta (MET). Zbog praktičnosti izvedbe, iako manje precizan, najčešće se za procjenu koristi upravo MET detaljnije opisan u eksperimentalnom dijelu ovog diplomskog rada (Melin i Lundy, 2015).

Uz tradicionalne metode danas su sve dostupnije nove tehnologije za procjenu potrošnje energije i praćenje prehrane (npr. pametni satovi). Takvi alati sportašima, trenerima i nutricionistima olakšavaju i ubrzavaju dostupnost potrebnih podataka za izračun raspoložive energije. No, trebati imati na umu da takve tehnologije još uvijek ne pružaju precizne i točne rezultate (Loucks, 2014).

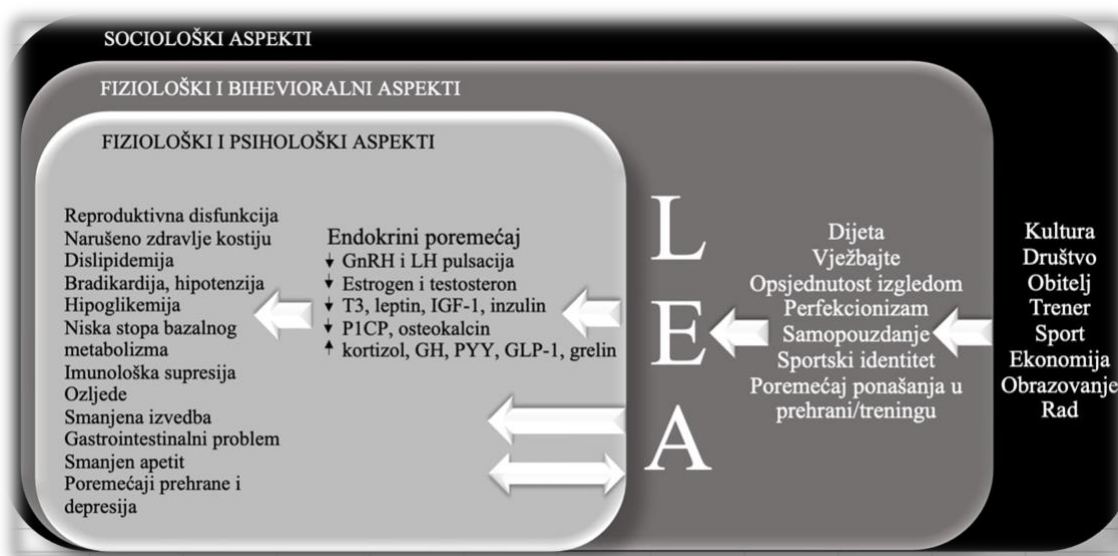


**Slika 2.** Upravljanje raspoloživom energijom sportaša u 6 koraka (prema Loucks, 2014)

### 2.1.5. Niska razina raspoložive energije

Niska energetska raspoloživost (engl. *Low Energy Availability, LEA*) definirana je kao nedovoljna količina energije koja nakon tjelesne aktivnosti preostaje za održavanje normalnih fizioloških funkcija (Tarnowski i sur., 2023).

U početku LEA dovodi do negativne energetske ravnoteže i do gubitka tjelesne mase (TM) jer tjelesne zalihe energije značajno doprinose potrebama za gorivom. Dugoročna LEA uzrokuje metaboličke i fiziološke prilagodbe – smanjuje se ukupna potrošnja energije kako bi se spriječilo daljnje mršavljenje i potaknulo preživljavanje, pri čemu tijelo dobiva novo stabilno stanje energetske ravnoteže (Logue i sur., 2020; Loucks, 2014). Stoga, sportaš može imati stabilnu TM i narušenu fiziološku funkciju (Burke i sur., 2018). U tom slučaju niska razina raspoložive energije rezultira relativnim nedostatkom energije u sportu (engl. *Relative Energy Deficiency in Sport, REDs*) te negativno djeluje na termoregulaciju; izvedbu; kognitivne funkcije; hormonski, lokomotorni, reproduktivni sustav; metabolizam i psihološko stanje (slika 3) (Melin i sur., 2019).



**Slika 3.** Dijagram potencijalnih uzroka i posljedica niske raspoloživosti energije kod sportaša (prema Melin i sur., 2019).

Međunarodni olimpijski odbor je 2023.g. usvojio novu definiciju REDs-a, koja glasi: REDs je sindrom poremećenog fiziološkog i/ili psihološkog funkcioniranja sportašica i sportaša, uzrokovan izlaganjem dugotrajnim i/ili teškim niskim dostupnostima energije. Štetni ishodi uključuju, ali nisu ograničeni na, smanjenje metabolizma energije, reproduktivne funkcije, zdravlja mišićno-koštanog sustava, imuniteta, sinteze glikogena te kardiovaskularnog i

hematološkog zdravlja, što može pojedinačno i sinergistički dovesti do narušenog blagostanja, povećanog rizika od ozljeda i smanjenog sportskog učinka (Mountjoy i sur., 2023).

Učinkovito liječenje niske energetske raspoloživosti zahtijeva poznavanje njezina podrijetla. Niska razina raspoložive energije može biti posljedica raznih prehrambenih poremećaja kao npr. anoreksija ili dijeta potaknutih fizičkim izgledom, što je danas posebice izraženo u ženskoj populaciji. Neki sportaši namjerno smanjuju raspoloživost energije kako bi ostvarili željenu veličinu i sastav tijela u svrhu postizanja što boljih sportskih rezultata. Uzrok niske raspoložive energije kod sportaša je i potiskivanje apetita. Tijekom proteklih 15 godina mnoga su istraživanja otkrila da se apetit može potisnuti produljenim vježbanjem (Loucks i sur., 2011). Učinak je posredovan hormonima koji reguliraju apetit. Oreksigeni hormon (hormon gladi grelin) potiče nas da počnemo jesti, a nekoliko anoreksigenih hormona (hormoni sitosti) potiču nas da prestanemo jesti. Tjelovježba povisuje koncentraciju anoreksigenih hormona, dok koncentracija grelina ostaje nepromijenjena. Rezultat toga je smanjen unos energije u odnosu na potrošnju (Loucks, 2014). Uzročnici niske energetske raspoloživosti također mogu biti religija, kulturna uvjerenja, nedostatak financijskih sredstava i vremenski resursa, loše prehrambene navike te nedostatak razumijevanja specifičnih prehrambenih zahtjeva sporta (Melin i sur., 2019; Burke i sur., 2018).

## **2.2. KOFEIN**

Kofein ili 1,3,7-trimetilksantin je bijeli prah gorkog okusa, bez mirisa te je topiv u vodi i lipidima (Guest i sur., 2021). Kofein nema nutritivnu vrijednost, no već stoljećima se zahvaljujući svojim svojstvima koja su slična svojstvima lijekova upotrebljava za sprječavanje ili ublažavanje boli i općeg umora (Burke i sur., 2013). Kemijski je spoj prirodno prisutan u određenim biljkama, aditiv je u raznoj hrani i piću, a navika konzumacije kofeina može uzrokovati fizičku i psihičku ovisnost (Burke i sur., 2013). Kofein je najčešća konzumirana psihoaktivna tvar u svijetu. 90 % odraslih redovito konzumira kofein, a posljednjih godina uočen je porast konzumacije u skupini mladih sportaša (Guest i sur., 2021).

Kofein se brzo apsorbira iz gastrointestinalnog trakta i metabolizira se u jetri. Učinkovito se distribuira po cijelom tijelu zahvaljujući svojoj hidrofobnosti koja mu omogućuje lak prolaz kroz većinu bioloških membrana, uključujući i krvno-moždanu barijeru. Kada se konzumira, pojavljuje se u krvotoku u roku od nekoliko minuta. Najviša koncentracija kofeina u plazmi

nakon oralne primjene javlja se u rasponu od 30 do 120 minuta, a 3-6 sati nakon konzumacije dolazi do smanjenja koncentracije putem mokraće (Guest i sur., 2021).

### 2.2.1. Izvor kofeina

Kofein se najčešće unosi u obliku napitaka kao što su kava, čaj, mate i gazirana pića. U posljednja dva desetljeća u stalnom je porastu konzumacija mnogih bezalkoholnih i energetske pića sa visokom koncentracijom kofeina (Bailey i sur., 2014). Kofein se također dodaje mnogim namirnicama i novim proizvodima, kao što su suho meso, maslac od kikirikija i slatkiši, u sintetičkom (npr. prah) ili prirodnom obliku (npr. guarana, kola orah) (Guest i sur., 2021). Sintetički kofein sastojak je nekoliko lijekova jer u kombinaciji s analgeticima i diureticima pojačava farmakološke moći lijeka (Guest i sur., 2021). To uključuje lijekove za prehladu, diuretike, proizvode za mršavljenje i pripravke koji pomažu ljudima da ostanu budni (Graham, 2001).

Posljednjih godina povećan je interes za alternativnim izvorima kofeina, uključujući energetske gelove i pločice s kofeinom, žvakače gume s kofeinom, tekućine za ispiranje usta, kofeinski prah i aerosol. Taj trend posebice je vidljiv kod mladih pojedinaca koji se bave sportom (Guest i sur., 2021).

Količina kofeina u proizvodima razlikuje se od zemlje do zemlje ovisno o zakonskoj regulativi, načinima pripreme, marketinškim propisima i tradiciji (Guest i sur., 2021).

U tablici 2 navedeni su proizvodi koji sadrže kofein, kao i prisutna količina kofeina.

Općenito je velika konzumacija kofeina potaknuta kulturnim i društvenim trendovima te pozitivnim djelovanjem kofeina na funkcioniranje i zdravlje organizma.

**Tablica 2.** Sadržaj kofeina u često konzumiranim prehrambenim proizvodima (*prema* Burke i sur., 2013; Centre for science in the public interest ([www.cspinet.org](http://www.cspinet.org)))

<i>Izvor kofeina</i>	<i>Serviranje</i>	<i>Kofein (mg)</i>
<b>Kava</b>		
<i>espresso</i>	45 - 60 mL	107 (25 - 214)
<i>filtrar</i>	250 mL	80 (40 - 280)
<i>turska</i>	200 mL	80 - 135
<i>bez kofeina</i>	250 mL	2 - 12
<i>instant</i>	200 mL	60 (12 - 169)
<b>Čaj</b>		
<i>crni</i>	250 mL	30 - 80
<i>zeleni</i>	250 mL	35 - 60



**Tablica 2.** Sadržaj kofeina u često konzumiranim prehrambenim proizvodima (*prema* Burke i sur., 2013; Centre for science in the public interest ([www.cspinet.org](http://www.cspinet.org))) - *nastavak*

<b>Sokovi</b>		
<i>Coca Cola</i> ®	500 mL	48
Cola Light®	500 mL	63
Pepsi Cola®	500 mL	54
Pepsi Max®	500 mL	97
<b>Energetska pića</b>		
<i>Red Bull</i> ®	250 mL	80
Monster	500 mL	160
Guarana Green®	250 mL	250
Guarana Black®	250 mL	320
Burn®	250 mL	80
<b>Kakao i čokolada</b>		
<i>kakao</i>	250 mL	3 - 12
vruća čokolada	250 mL	5 - 13
mliječna čokolada	100 g	8 - 25
tamna čokolada	100 g	16 - 83

### 2.2.2. Kofein i dehidracija

Često se smatra da konzumacija namirnica s kofeinom može narušiti stanje euhidracije organizma. Iako je kofein diuretik, dosadašnje studije ustanovile su slijedeće (Graham, 2001):

1. Doze kofeina ekvivalentne količini koja se normalno nalazi u standardnim porcijama čaja, kave i gaziranih bezalkoholnih pića nemaju diuretičko djelovanje (Burke i sur., 2013)
2. Kofein će pokazati blaga diuretička svojstva, ali samo u izrazito visokim dozama kod osoba koje ga ne podnose
3. Redoviti konzumenti kofeina razvijaju snažnu toleranciju na diuretički učinak
4. Tolerancija na diuretske učinke kofeina stječe se već nakon 4 ili 5 dana redovitog uzimanja kofeina (Burke i sur., 2013)
5. Na visokim nadmorskim visinama i niskim temperaturama, kada je diureza stimulirana, konzumacije kofeina ne povećava diurezu (Scott i sur., 2004).

### 2.2.3. Ergogeno djelovanje kofeina

Iako kofein primarno djeluje na središnji živčani sustav, sve više se naglašavaju njegovi ergogeni učinci. Kofein potiče lučenje adrenalina i zbog slične kemijske strukture s

adenozinom, blokira adenzinske receptore na neuromuskularnoj razini. Tako kofein pojačava neuro-mišićno regrutiranje i nizom sekundarnih metaboličkih promjena potiče ergogeno djelovanje (Graham, 2001). U konačnici, rezultat ergogenog djelovanja kofeina može biti smanjenje umora, povećanje budnosti, poboljšanje fokusa, bolje raspoloženje, smanjenje boli, poboljšanje performansi i sportskog rezultata tijekom trenažnog procesa i natjecanja. Kao takvog često ga koriste sportaši i nesportaši (Pickering i Kiely, 2019).

Od 2004. godine, kada je Svjetska antidopinška agencija (engl. *World Anti-Doping Agency, WADA*) uklonila kofein s popisa zabranjenih supstanci za sport, suplementacija kofeinom među sportašima dosegla je stopu prevalencije od 76 %. Međutim, WADA i dalje nadzire kofein i potiče sportaše da koncentraciju kofeina u urinu održavaju ispod granice od 12 µg/ml urina. Ta vrijednost odgovara 10 mg/kg tjelesne mase oralno unesenog kofeina tijekom nekoliko sati, što je više od trostrukog unosa za koji se navodi da poboljšava učinkovitost (Guest i sur., 2021).

#### 2.2.4. Kofein i sportska izvedba

Kofein poboljšava sportsku izvedbu u aerobnim (sportovi izdržljivosti) i anaerobnim sportovima (eksplozivne aktivnosti visokog intenziteta, npr. sprint) te njihovoj kombinaciji (npr. nogomet). Stoga, 75-90 % sportaša konzumira kofein prije ili tijekom natjecanja (Pickering i Kiely, 2019). Najveći učinak vidljiv je kod dugotrajnih aktivnosti, pri čemu konzumacija 3-6 mg/kg TM poboljšava izdržljivost za 2-4 % (Guest i sur., 2021).

Za poboljšanje sportske izvedbe potrebne su niske do srednje doze: 3-6 mg/kg TM kofeina, koji može biti konzumiran prije, za vrijeme ili pred kraj tjelesne aktivnosti (Burke i sur., 2013). Uobičajeni unos kofeina ili apstinencija od kofeina u trajanju od nekoliko dana neće pridonijeti ostvarivanju boljeg ergogenog učinka (Graham, 2001).

Iako je dokazano da unos kofeina ima ergogeni učinak, njegova uporaba možda nije prikladna za svakog sportaša zbog mogućih nuspojava. Prije upotrebe kofeina potrebno je eksperimentiranje kako bi se odredila individualna procjena. Sportašima se savjetuje da prate svoje stanje raspoloženja, obrazac spavanja i fizički odgovor na kofein tijekom svih faza trenažnog procesa i natjecanja (Guest i sur., 2021).

#### 2.2.5. Učinak kofeina na kognitivne funkcije i umor

Osim izvedbe vježbanja, kofein je proučavan i zbog ergogenog djelovanja na odgodu umora i poboljšanje kognitivnih funkcija. Kognitivne funkcije obuhvaćaju širok raspon osnovnih mentalnih operacija, kao što su pažnja, pamćenje, izvršenje zadatka, donošenje odluka, budnost

i raspoloženje. Poboljšanje kognitivnih sposobnosti vidljivo je već pri unosu niže doze kofeina (otprilike 200 mg) (Guest i sur., 2021). Dokazano je da suplementacija kofeinom potiče povoljnije raspoloženje, povećava budnost i smanjuje osjećaj umora, povećava pažnju i sposobnost za rješavanje problema te poboljšava točnosti, vrijeme reakcije i energiju (Calvo i sur., 2021). Sukladno tome, ovi učinci smatraju se korisnima za sportaše koji se bave fizički i kognitivno zahtjevnim sportovima.

#### 2.2.6. Uobičajeni unos kofeina

Sadržaj kofeina u različitim izvorima nije stabilan. Različiti izvori kofeina ili isti izvori konzumirani u različitim vremenskim periodima sadrže drugačije koncentracije (Desbrow i sur., 2012). Stoga je točno određivanje uobičajenog unosa kofeina teško mjerivo. U tu svrhu se u istraživanjima radi praktičnosti primjene često koriste dijetetičke metode - upitnici o učestalosti konzumiranja hrane/pića za kvantificiranje uobičajenog unosa kofeina i dnevnicu prehrane. Radi preciznije procjene, sportašima se preporučuje primjena objektivnih metoda kao što su razina kofeina u urinu ili razina kofeina u plazmi (Pickering i Kiely, 2019).

S obzirom da većina sportaša radi poboljšanja izvedbe unosi kofein, razna istraživanja promatrala su sljedeće:

- Utječe li uobičajeni unos kofeina na ergogeni učinak?
- Može li kratkoročno odvikavanje od kofeina prije natjecanja rezultirati boljim ergogenim efektom?

Ustanovljeno je da uobičajena konzumacija kofeina ne umanjuje ergogene učinke kofeina. Suplementacija kofeinom rezultirat će jednakim ergogenim učinkom kod pojedinaca koji konzumiraju i pojedinaca koji ne konzumiraju kofein.

Kod većine sportaša tolerancija na kofein razvija se u roku od 3 dana, a kratkoročno odvikavanje prije natjecanja neće povećati ergogeni učinak. Valja napomenuti da upravo prestanak konzumacije kofeina može uzrokovati glavobolju, umor, bol u mišićima, poremećaj spavanja, mučninu, negativan učinak na samopouzdanje i opću dobrobit sportaša (Juliano i Griffiths, 2004). U svakom slučaju potreban je individualan pristup sportašu kako bi se postigla maksimalna učinkovitost suplementacije.

### 2.2.7. Način primjene –doza, vrijeme unosa, trajanje učinka

Kofein pokazuje dobar ergogeni učinak kada se uzima u umjerenim dozama od 3 do 6 mg/kg TM. Novija istraživanja također su dokazala da doze kofeina < 3 mg/kg TM, koje se lako mogu postići putem uobičajenog unosa kofeina, pokazuju ergogene učinke (Pickering i Kiely, 2019). Također je dokazano da nema dodatnih ergogenih učinaka pri konzumaciji kofeina u dozama iznad 9 mg/kg TM (Pickering i Kiely, 2019).

Najčešće vrijeme suplementacije je 1 sat prije tjelesne aktivnosti, jer kofein svoju maksimalnu koncentraciju u plazmi postiže 30-60 minuta nakon konzumacije. Jednaka učinkovitost zamijećena je pri suplementaciji tijekom ili pred kraj dugotrajne tjelesne aktivnosti. Optimalno vrijeme unosa, osim o trajanju tjelesne aktivnosti, može ovisiti i o samom izvoru kofeina. Iz nekih alternativnih izvora kofeina, npr. žvakače gume s kofeinom, kofein će se brže apsorbirati (Guest i sur., 2021).

Prosječno vrijeme trajanja ergogenog učinka kofeina je 4-6 sati, no to uvelike varira od osobe do osobe. Na vrijeme trajanja mogu utjecati trudnoća, uporaba hormonskih kontraceptiva, prekomjerna konzumacija kofeina, pušenje cigareta i prehrambeni problemi (Guest i sur., 2021).

### 2.2.8. Nadmorska visina i kofein

Sportski treninzi i natjecanja često se održavaju u ekstremnim uvjetima okoliša. Tjelesna aktivnost na većim nadmorskim visinama, toplini ili hladnoći dodatni je fiziološki izazov (diureza, termoregulacija, kardiovaskularno opterećenje) za sportaša. I u takvim ekstremnim uvjetima sportaši koriste kofein (Guest i sur., 2021).

Do sada je proveden vrlo mali broj istraživanja o učinku kofeina na višim nadmorskim visinama. Rezultati tih studija ustvrdili su korisne učinke suplementacije - unos kofeina stimulira ventilaciju, smanjuje negativne učinke hipoksije, djeluje kao psihostimulans, smanjuje umor i pospešuje sportske rezultate (Hackett, 2010).

### 2.2.9. Nuspojave unosa kofeina

Kao i svaki suplement, kofeinska suplementacija može uzrokovati određene nuspojave, koje se počinju uočavati s unosom koji prelazi 6 mg/kg. Najčešće prijavljene nuspojave su tahikardija, glavobolja, nesanica i smanjena kvaliteta sna (Pallarés i sur., 2013).

Spavanje je bitna komponenta fiziološkog i psihološkog oporavka sportaša. Kronična blaga do umjerena deprivacija sna uzrokovana kofeinom negativno utječe na metabolizam glukoze, endokrinu funkciju, apetit, sintezu proteina, pažnju, učenje i pamćenje. Posljedično, svi ti čimbenici negativno utječu na oporavak, razinu energije, sastav tijela i sportsku izvedbu (Guest i sur., 2021). Učestalost pojave navedenih nuspojava ovisi o vremenu unosa kofeina tijekom dana.

Konsumacija kofeina također je povezana s povećanom anksioznošću; stoga njegovo uzimanje prije natjecanja kod sportaša može pogoršati osjećaj tjeskobe i negativno utjecati na cjelokupnu izvedbu. O unesenoj dozi kofeina ovisi njegov učinak na anksioznost. Sportašima koji imaju problema s anksioznošću preporuča se razgovor sa sportskim psihologom i sportskim nutricionistom (Guest i sur., 2021; Graham, 2001).

Kod nekih ljudi kofein može uzrokovati fizičku i psihičku ovisnost. Simptomi ovisnosti o kofeinu su tolerancija (potreba za većim količinama kofeina kako bi se postigao isti učinak), simptomi apstinencije (glavobolja, umor, razdražljivost), unos većih doza te povećanja žudnja za kofeinom. Ovikavanje od kofeina povezano je s glavoboljama, promjenama raspoloženja (razdražljivost, tjeskoba, depresija), pospanošću i umorom; počinje 12-24 sata nakon prestanka konzumacije, doseže vrhunac za 24-48 sati i traje oko 7 dana. Važno je napomenuti da je ovisnost često blaga i da je neće razviti svaka osoba koja konzumira kofein (Graham, 2001; Strain i sur., 1997).

### **2.3. HIDRACIJA**

Voda je esencijalni i najvažniji nutrijent uključen u gotovo sve funkcije ljudskog tijela (Liska i sur., 2019; Štalić i sur., 2016). Ljudsko tijelo sadrži 60 – 75 % vode. Neke od funkcija vode su: termoregulacija, održavanje kardiovaskularnog volumena, održavanje homeostaze stanice jer je otapalo za biokemijske reakcije, transport hranjivih tvari i uklanjanje otpadnih metabolita (Liska i sur., 2019).

Euhidracija, stanje normalne količine vode u tijelu, važna je za održavanje zdravlja. Stanje manjka tjelesne vode naziva se hipohidracija, dok je dehidracija dinamično gubljenje vode. Hiperhidracija definira se kao stanje povećane količine vode u tijelu (Štalić i sur., 2016). Hipohidracija, dehidracija i hiperhidracija negativno utječu na zdravlje organizma i sportsku izvedbu.

Prema preporuci Europske agencije za sigurnost hrane (engl. *The European Food Safety Authority, EFSA*) dnevni unos vode za odrasle žene bi trebao biti između 2 i 2,7 litara dnevno, dok bi odrasli muškarci dnevno trebali unositi između 2,5 i 3,7 litara vode (EFSA, 2010).

### 2.3.1. Ravnoteža vode

Ravnoteža vode postiže se kada je unos vode jednak gubitku. Voda se osigurava putem unosa pića (80 %) i hrane (20 %) te metaboličkom vodom. Voda se gubi znojenjem, mokrenjem, disanjem, putem fecesa i isparavanjem kroz kožu.

Ravnoteža vode u tijelu se održava osjetom žeđi i gladi, koji je reguliran centralnim i perifernim mehanizmima. Žeđ nastaje kao posljedica hiperosmolalnosti krvne plazme i hipovolemije. Unos vode ovisi i o neregulatornim sociološkim i psihološkim čimbenicima, koji su često neovisni o osjetu žeđi (Millard-Stafford i sur., 2012).

Normalna dnevna varijacija tjelesne vode je  $< 2\%$  smanjenja tjelesne mase ( $\sim 3\%$  ukupne vode u tijelu), a  $\geq 2\%$  smanjenja tjelesne mase klinički se definira kao hipohidracija (Liska i sur., 2019). Tijekom dehidracije, radi održanja volumena krvi dolazi do preraspodjele vode iz unutarstanične prema izvanstaničnoj tekućini.

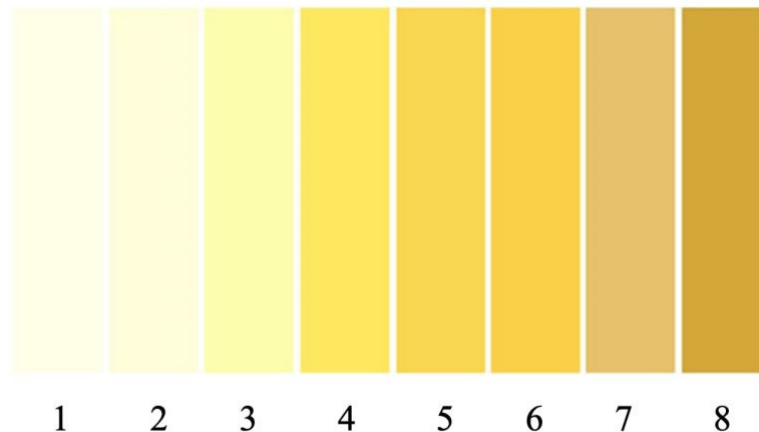
### 2.3.2. Određivanje stupnja hidracije

Status hidracije procjenjuje se na različite načine analiziranjem krvi (osmolalnost, natrij) ili urina (osmolalnost, natrij, specifična težina, boja) (Šatalić i sur., 2016). Istraživanja koja se provode na terenu, radi praktičnosti izvedbe, najčešće stupanj hidracije određuju mjerenjem promjene tjelesne mase, specifičnom težinom i bojom urina te mjerenjem unosa tekućine dijetetičkim metodama (Liska i sur., 2019).

Metoda procjene hidracije mjerenjem tjelesne mase temelji se na razlici tjelesne mase ispitanika kroz određeni vremenski period. U ovom slučaju prati se gubitak vode putem znoja, s pretpostavkom da je gubitak 1 L znoja ekvivalent gubitku 1 kg TM. Kod sportaša se tjelesna masa mjeri na početku i kraju treninga. Budući da se ova metoda bazira samo na gubitku vode znojenjem, treba uzeti u obzir faktore koji mogu izazvati grešku (Liska i sur., 2019).

Za određivanje stupnja hidracije često se kao marker uzima uzorak urina. Boja urina dobar je način samoprocjene stanja hidracije. Kada se izluči veća količina urina, mokraća je blijede boje. Kada se izluči manja količina urina, urin je koncentriraniji i mokraći daje tamnu boju. Boja urina procjenjuje se prema Armstrongovoj skali za boju urina. Armstrong i sur. su 1994.g. predstavili skalu od osam razina za boju urina (slika 4). Boje od 1-3 označavaju euhidraciju, 4

euhidraciju ili blagu dehidraciju, 5-6 dehidraciju, a 7-8 ekstremnu dehidraciju (Armstrong i sur, 1994).



**Slika 4.** Armstrongova skala za boju urina (*prema* Gunawan i sur., 2018)

Uz boju, vrlo lako se za procjenu statusa hidracije može izmjeriti i specifična težina urina (engl. *Urine specific gravity, Usg*). Specifična težina urina manja od 1,020 g/mL znak je euhidracije, a ako je specifična težina urina  $\geq 1,025$  g/mL radi se o dehidraciji organizma (Zubac i sur., 2018).

### 2.3.3. Dehidracija

Učestalost kronične blage dehidracije u općoj populaciji je visoka. Dehidracija negativno utječe na kardiovaskularni sustav, mokraćni sustav, živčani sustav, termoregulaciju, metabolizam te izaziva glavobolju, mučninu i umor (Murray, 2007). Što je stupanj dehidracije veći, veće su i njene posljedice. Negativan utjecaj na sportsku izvedbu uočava se pri gubitku  $>2$  % TM, a štetni učinci dehidracije povećavaju se s povećanjem trajanja i intenziteta tjelesne aktivnosti i temperature okoliša. Dehidracija tijekom tjelesne aktivnosti je uobičajena jer je unos tekućine uglavnom manji od gubitka tekućine znojem. Stopa znojenja ovisi o mnogo faktora (npr. intenzitet napora, razina kondicije, aklimatizacija topline) i razlikuje se iz dana u dan između svakog pojedinca (Murray, 2007). Budući da je tijekom aktivnosti teško nadoknaditi izgubljenju tekućinu, preporuka je započeti tjelesnu aktivnost u stanju euhidracije (Štalić i sur, 2016).

Osim na fiziološke, dehidracija negativno djeluje i na kognitivne funkcije i raspoloženje. Istraživanja su pokazala da ozbiljna dehidracija može rezultirati kratkotrajnim gubitkom memorije, smanjenjem vizualne percepcijske sposobnosti te promjenama raspoloženja, dok je utvrđeno da euhidracija može poboljšati kognitivne performanse (Masento i sur., 2014).

### 3. EKSPERIMENTALNI DIO

#### 3.1. ISPITANICI

Eksperimentalnu skupinu činilo je 3 skijašice i 12 skijaša u dobi od 21 do 55 godina. Ispitanici su vrhunski demonstratori skijanja hrvatskog zbora učitelja i trenera sportova na snijegu, koji se 4 godine aktivno pripremaju za interski kongres („Olimpijske igre“ demonstratora skijanja iz cijelog svijeta; održan od 25.03. - 01.04.2023. u Leviju, Finska). Istraživanje je provedeno tijekom zadnje godine pripremnog perioda za interski kongres, od studenog 2022.g. do ožujka 2023.g.. U tablici 3 prikazana je dob i antropometrija ispitanika. Prije istraživanja svi ispitanici su potpisali pristanak za sudjelovanje u istraživanju (prilog 1).

**Tablica 3.** Karakteristike ispitanika (prosjek  $\pm$  SD) (n=15)

Parametri	Dob (godine)	Tjelesna masa (kg)	Tjelesna visina (cm)	Indeks tjelesne mase (kg m <sup>-2</sup> )
Skijašice (n=3)	25,33 $\pm$ 4,04	54,67 $\pm$ 4,66	164,67 $\pm$ 5,03	20,33 $\pm$ 1,73
Skijaši (n=12)	37,33 $\pm$ 9,98	82,00 $\pm$ 9,05	178,92 $\pm$ 6,65	30,49 $\pm$ 3,37

#### 3.2. METODE RADA

Istraživanje se sastoji od dvije faze. U prvoj fazi istraživanja provedena su antropometrijska mjerenja. Tijekom prve faze istraživanja ispitanici su također vodili 7-dnevni dnevnik prehrane. Uz dnevnik prehrane bilježili su trajanje i vrstu odrađenog treninga, boju urina i učestalost mokrenja te duljinu i kvalitetu sna. Na temelju dobivenih podataka izračunala se raspoloživa energija, procijenio se uobičajeni unos kofeina i stupanj hidracije. Prije sljedeće faze istraživanja ispitanici su dobili individualne preporuke kako popraviti neka od narušenih stanja organizma, ukoliko je postojala potreba za intervencijom.

Druga faza istraživanja provedena je tijekom 12-dnevnog treninga na skijalištu prosječne nadmorske visine 1918 m. U drugoj fazi istraživanja ispitanici su ponovo vodili 7-dnevni dnevnik prehrane, dnevnik tjelesne aktivnosti i boje urina. Radi kontrole stupnja hidracije, osim praćenja boje urina, ispitanici su dali uzorak urina (2 dana za redom, ujutro prije treninga). Zatim je svaki ispitanik dobio određenu dozu kofeina u obliku ampule (PowerBar Caffeine boost). Prije i nakon konzumacije kofeina ispitanici su riješili subjektivni test za procjenu



umora i objektivni test za procjenu kognitivnih funkcija. Ispitanici su 2 dana treninga uzimali suplemente kofeina (iste dane kada su dali uzorak urina), a 6 dana treninga su rješavali testove – ujutro i na vrhuncu umora.

Podaci su prikupljeni u periodu između studenog 2022.g. i ožujka 2023.g., na skijalištima prosječne nadmorske visine 2015,00 m i u promjenjivim okolišnim uvjetima (prosječna temperatura -7 °C).

Sva su mjerenja provedena u skladu s planom i programom treninga, kako bi se minimalno narušila rutina ispitanika.

### 3.2.1. Antropometrija

Visina tijela mjerila se antropometrom. Ispitanici su stajali bos i na ravnoj podlozi, skupljenih peta, težinom raspoređenom na obje noge i spuštenih ramena. Vodoravni krak antropometra spušta se do tjemena glave i sa skale antropometra se očitava tjelesna visina ispitanika s preciznošću od 0,1 cm.

Tjelesna masa i sastav tijela mjereni su vagom Tanita BC-545N metodom bioelektrične impedancije. Bioelektrična impedancija je neinvazivna, jeftina i pouzdana metoda za procjenu sastava tijela. Temelji se na razlici električnog otpora masne i nemasne mase tijela. Masno tkivo daje najveći otpor zbog niskog postotka vode. Kroz ispitanika se propušta bezopasna struja i mjeri se otpor koji predstavlja indeks ukupne tjelesne masti. Iz dobivenog indeksa mogu se izračunati postotak ili masa masne/nemasne mase tijela (Marra i sur., 2019; Šatalić i sur., 2016). Također je iz podataka dobivenih mjerenjem Tanita vagom, izračunat indeks tjelesne mase (ITM). Ispitanici su vagani ujutro, bos i u donjem rublju.

### 3.2.2. Dijetetičke metode

Dijetetička metoda – dnevnik prehrane korištena je za procjenu nutritivnog unosa energije (engl. *Energy intake, EI*) i uobičajenog unosa kofeina. Prije provedbe metode ispitanici su dobili detaljne upute i obrazac za vođenje dnevnika (prilog 2) te im je sugerirano da ne mijenjaju svoje navike.

Tijekom prve faze istraživanja ispitanici su 7 dana vodili dnevnik prehrane: 4 dana skijaškog treninga i 3 dana boravka kod kuće, bilježeći vrstu i količinu konzumirane hrane i pića. U drugoj fazi ispitanici su 7-dnevni dnevnik prehrane vodili tijekom skijaškog treninga. Količina unosa konzumiranih namirnica kvantificirana je pomoću atlasa namirnica (CAPNUTRA, 2018). Podaci iz dnevnika obrađeni su korištenjem Nutritics programa (Nutritics, 2022). Nutritics baza podataka sastoji se od službenih nacionalnih baza podataka kemijskog sastava

hrane 20 zemalja svijeta i sadrži više od 772.000 namirnica. Obuhvaća razne dodatke prehrani, gotova jela, recepte, robne marke, dobavljače hrane i maloprodajne lance. Ukoliko baza ne sadrži gotovo jelo ili proizvod, svaki korisnik osobno može unijeti recept ili prepisati sastav s ambalaže proizvoda. Količina konzumirane namirnice/jela unosi se u gramima ili se procjenjuje pomoću slika predloženih količina za tu namirnicu. Bazu redovno održavaju kvalificirani nutricionisti. U ovom istraživanju primarno je za obradu podataka korištena United Kingdom (2015 COFIDS including McCance and Widdowson 7th edition, 2015) baza kemijskog sastava hrane Nutritics programa.

Na temelju rezultata obrade 7-dnevnih dnevnika prehrane procijenjeni su energetske unos i unos kofeina ispitanika za svaki dan pojedinačno te je izračunat prosjek svih 7 dana za obje faze istraživanja i prosjek za 4 dana treninga i 3 dana boravka kod kuće za prvu fazu istraživanja.

### 3.2.3. Energetska potrošnja za tjelesnu aktivnost (EEE)

Uz dnevnik prehrane ispitanici su tijekom obje faze istraživanja vodili i 7-dnevni dnevnik tjelesne aktivnosti s ciljem izračuna energetske potrošnje za tjelesnu aktivnost. U dnevnik se bilježila vrsta, intenzitet i ukupno trajanje tjelesne aktivnosti.

Za izračun energetske potrošnje tjelesne aktivnosti koristi se metabolički ekvivalent (MET). Jedan MET odgovara potrošnji energije u mirovanju i iznosi 3,5 mL O<sub>2</sub>/kg/min ili 1 kcal/kg/min (Howley, 2000; Jette i sur., 1990). Intenziteti aktivnosti izražavaju se u odnosu na energiju potrošenu u mirovanju, stoga se svakoj aktivnosti ovisno o intenzitetu dodjeljuje pripadajući metabolički ekvivalent. MET manji od 3 označava aktivnost niskog intenziteta, od 3 do 6 umjerenog intenziteta, od 6 do 9 visokog intenziteta, a ukoliko je MET veći od 9 radi se o aktivnosti vrlo visokog intenziteta. Anisworth i sur. (2011) sastavili su kompendij tjelesnih aktivnosti poznatih MET intenziteta s ciljem preciznijeg dodjeljivanja MET vrijednosti tjelesnim aktivnostima i u konačnici točnijeg izračuna energetske potrošnje tjelesne aktivnosti (TA). U ovom radu za skijanje se koristi MET u iznosu 8,0.

Energetska potrošnja za tjelesnu aktivnost računa se prema jednadžbi:

$$EEE \text{ (kcal)} = \text{MET navedene TA} * \text{TM u kg} * \text{trajanje TA u h} \quad [3]$$

### 3.2.4. Suplementacija

Izvor kofeina u istraživanju je *PowerBar Caffeine boost* ampula. 1 ampula ima 25 ml i sadrži 200 mg kofeina iz različitih izvora (ekstrakt mate čaja i guarane). Opis, sastav i nutritivne vrijednosti jedne *PowerBar Caffeine boost* ampule prikazane su u tablici 4.

Ispitanici su tijekom 2 dana treninga uzimali suplementaciju kofeina. Optimalna doza kofeina za poboljšanje sportske izvedbe je 3 - 6 mg/kg TM (Graham, 2001). Zbog praktičnosti provedbe istraživanja muškarci su dobili 2 ampule kofeina (400 mg kofeina), a žene 1 ampulu (200 mg kofeina). Ispitanici su suplement kofeina konzumirali tijekom treninga, 45 minuta prije nastupa vrhunca umora. Ujutro prije treninga te na vrhuncu umora ispitanici su riješili subjektivan i objektivan test za procjenu umora i kognitivnih funkcija.

**Tablica 4.** PowerBar Caffeine boost ampula, 25 ml, Gaz nutrition (*prema* GAZ nutrition, 2023)

Opis:
PowerBar Caffeine Boost nudi 200 mg kofeina u prikladnoj ampuli i kombinira kofein iz različitih izvora kao što su mate čaj i ekstrakt guarane te je zbog svog sastava lagan za želudac. Sa samo 0,6 g šećera po ampuli, savršen je i za treninge kod kojih ne želite dodatni unos ugljikohidrata.
Način primjene:
Maksimalno 1 ampula dnevno, prije ili za vrijeme aktivnosti. Sadrži kofein (200 mg/ampula). Ne preporučuje se djeci ili trudnicama i dojiljama.
Sastojci:
voda, sok od bijelog grožđa (koncentrata), sok od naranče (koncentrata), ekstrakt mate čaja (1,5 %), ekstrakt guarane (1,5 %), kofein, kiselina (limunska kiselina), konzervans (kalijev sorbat), prirodne arome , zaslađivači (natrijev ciklamat, acesulfam K, sukraloza, natrijev saharin)

**Tablica 4.** PowerBar Caffeine boost ampula, 25 ml, Gaz nutrition (*prema* Gaz nutrition, 2023)  
- nastavak

Nutritivne vrijednosti	
Sastojci	Količina
Energija kJ/kcal	25 / 6
Masti	0 g
Zasićene masti	0 g
Ugljikohidrati	1,2 g
Šećeri	0,6 g
Proteini	0,2 g
Sol	< 0 g
Kofein	200 mg

### 3.2.5. Mjerenje umora i kognitivnih funkcija

U ovom istraživanju korišten je 1 subjektivan i 1 objektivni test i bodovni sustav za mjerenje umora i kognitivnih funkcija u uvjetima suplementacije kofeinom. Za subjektivan test odabrana je vizualno-analogni skala umora (engl. *Visual analogue scale for fatigue, VAS-F*) (Shahid i sur., 2011), široko korištena u razne svrhe (Calvo i sur., 2021). Upitnik se sastoji od 18 pitanja, vezanih za subjektivnu procjenu umora i energije. VAS-F upitnik izvorno je napisan na engleskom jeziku, a razumijevanje upitnika prije upotrebe testirano je pilot provjerom s fokus grupom od 3 osobe. Fokus grupa zaključila je da su svi parametri upitnika jasni i razumljivi te da je upitnik spreman za upotrebu. Na VAS-F skali, koja se proteže od 0 do 10, ispitanik za svako pitanje mora zaokružiti jedan broj s obzirom na to kako se trenutno osjeća. Primjer VAS-F skale nalazi se u prilogu 3.

Za objektivni test kognitivnih sposobnosti odabran je jednostavan vizualan test vremena reakcije (engl. *Simple visual reaction time test, RT*) (Calvo i sur., 2021). Test se rješava na mobilnom uređaju (<https://www.arealme.com/reaction-test/en/>), a sastoji se od 5 pokušaja u kojem ispitanik što prije mora stisnuti krug na ekranu kada on promijeni boju iz crvene u zelenu.

Ispitanici su oba testa rješavali tijekom 6 dana treninga, od toga 2 dana paralelno sa suplementacijom kofeina. Testovi su se rješavali ujutro, na vrhuncu umora bez intervencije (4 dana bez suplementacije) i na vrhuncu umora uz intervenciju kofeinom (2 dana uz

suplementaciju). Za svakog ispitanika izračunate su prosječne vrijednosti rezultata 6-dnevnog testa rješavanog bez i uz suplementaciju.

### 3.2.6. Određivanje stupnja hidracije

Ispitanici su tijekom vođenja dnevnika prehrane bilježili i broj mokrenja dnevno te boju urina ujutro prije treninga. Boja urina procijenjena je pomoću Armstrongove ljestvice boje urina (slika 4) (Armstrong i sur., 1994).

Prije treninga, tijekom 2 uzastopna dana, ispitanici su dobili upute da daju uzorak urina. Inicijalni status hidracije procijenjen je specifičnom težinom urina ispitanika pomoću Combur<sup>10</sup> testa (slika 5).



**Slika 5.** Određivanje specifične težine urina Combur<sup>10</sup> testom (*vlastite fotografije*)

### 3.2.7. Obrada podataka

Za obradu podataka korišteni su MS Excel 2023, Nutritics i IBM SPSS Statistics 29.

Prosjek i standardna devijacija računati su u Excelu za: dob, tjelesna masa, tjelesna visina, indeks tjelesne mase (tablica 3).

Programom Nutritics obrađeni su dnevnik prehrane, na temelju kojih je procijenjen energetske unos i habitualni unos kofeina. Energetska potrošnja tjelesne aktivnosti izračunata je u Excelu prema jednadži 3.

Na temelju dobivenih podataka o EI, EEE i FFM u Excelu je prema jednadžbi 2 izračunata raspoloživa energija za svaki pojedini dan. Raspoloživa energija iskazana je prosječnim vrijednostima za 7 dana obje faze istraživanja te posebno za 4 dana treninga i 3 dana boravka kod kuće prve faze istraživanja.

Za podatke dobivene VAS-F skalom i RT testom u IBM SPSS Statistics 29 računat je t-test, kako bi se utvrdilo utječe li suplementacija kofeina u trenutku vrhunca umora na kognitivne funkcije i umor ispitanika (n=15). T-test je statistička metoda koja se koristi za usporedbu srednjih vrijednosti između dvije grupe ili uzoraka (u ovom slučaju srednja vrijednost RT testa, VAS-F skale rješavanog na vrhuncu umora uz unos kofeina i bez unosa kofeina) kako bi se utvrdilo postoje li između njih statistički značajne razlike.

U IBM SPSS Statistics 29 izračunata je Pearsonova korelacija između VAS-F skale/RT testa i specifične težine urina/boje urina/raspoložive energije kako bi se procijenila linearna povezanost navedenih varijabli.

Na kraju su u IBM SPSS Statistics 29 programu provedene višestruke regresije s ciljem potvrde unaprijed postavljene hipoteze da adekvatan stupanj hidracije i energije te unos kofeina pozitivno utječu na kognitivne funkcije i odgodu umora kod vrhunskih demonstratora skijanja. Višestruka regresija je statistička metoda koja se koristi za analizu složenih odnosa između jedne zavisne varijable (u ovom slučaju rezultati RT/VAS-F testa) i više nezavisnih varijabli (u ovom slučaju EA, specifična težina urina, unos kofeina izražen kao mg kofeina po kg TM). U statistici i istraživanju višestruka regresija može se koristiti za različite svrhe, uključujući istraživanje uzročnih odnosa, predviđanje vrijednosti zavisne varijable na temelju vrijednosti nezavisne varijable, razumijevanje odnosa te optimiziranje i planiranje.

## 4. REZULTATI I RASPRAVA

Cilj ovog rada bio je istražiti kako unos kofeina (3-6 mg/kg TM), raspoloživa energija i hidracija utječu na umor i kognitivne funkcije vrhunskih demonstratora skijanja. Istraživanje obuhvaća mjerenje antropometrijskih parametara ispitanika; praćenje dnevnika prehrane i tjelesne aktivnosti potrebnih za izračun raspoložive energije te procjenu statusa hidracije putem boje i specifične težine urina. Umor i kognitivne funkcije testirani su VAS-F i RT testom, prije i za vrijeme aktivnosti, 4 dana bez suplementacije i 2 dana uz suplementaciju kofeinom.

Izvor kofeina je PowerBar Caffeine boost ampula. 1 ampula sadrži 200 mg kofeina. Ispitanici su vrhunski demonstratori skijanja, 3 skijašice i 12 skijaša prosjeka godina  $35 \pm 10,40$ . Deskriptivnom statistikom utvrđeni su osnovni antropometrijski parametri ispitanika prikazani u tablici 3.

Sukladno glavnom cilju istraživanja postavljene su sljedeće hipoteze:

H1: Rezultati RT i VAS-F testa rješavanog u vrhuncu umora bit će bolji u danima suplementacije kofeinom u usporedbi s danima bez suplementacije.

H2: Rezultati specifične težine urina ujutro prije treninga u korelaciji su s rezultatima RT i VAS-F testa također rješavanog ujutro prije treninga.

H3: Raspoloživa energija u korelaciji je s rezultatima RT i VAS-F testa.

H4: Optimalna razina raspoložive energije, euhidracija i suplementacija kofeinom umanjit će umor i poboljšat će kognitivne funkcije.

### 4.1. RASPOLOŽIVA ENERGIJA

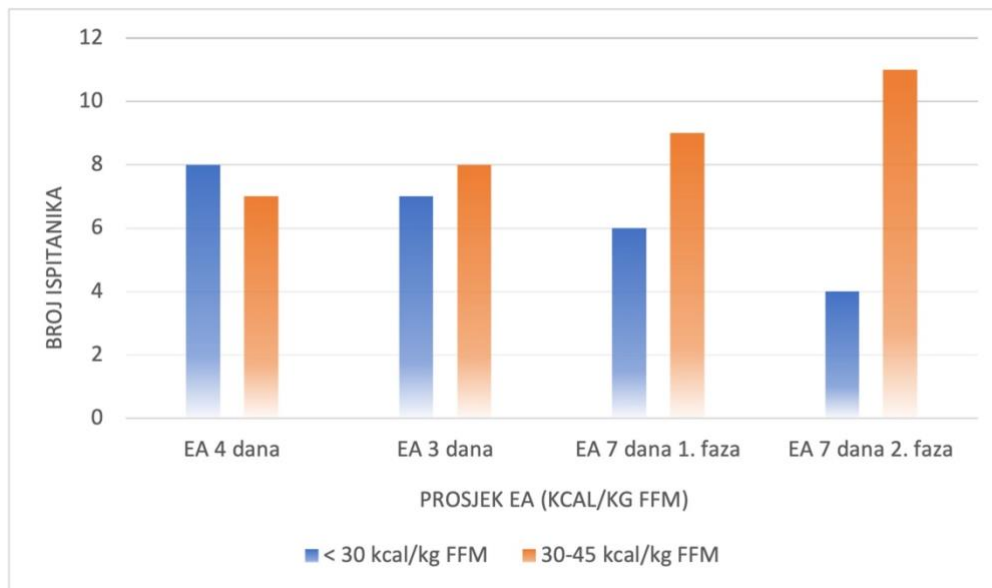
Prema podacima dobivenim obradom antropometrijskih mjerenja, 7-dnevnih dnevnika prehrane i tjelesne aktivnosti, prema jednadžbi 2 izračunata je prosječna razina raspoložive energije. U tablici 5 prikazane su dobivene prosječne vrijednosti raspoložive energije svakog ispitanika za svih 7 dana obje faze istraživanja te posebno za 4 dana treninga i 3 dana boravka kod kuće prve faze istraživanja. Prosječne razine raspoložive energije iznose: za 4 dana treninga  $25,77 \pm 6,35$  kcal/kg FFM, za 3 dana boravka kod kuće  $28,33 \pm 6,80$  kcal/kg FFM, za 7 dana prve faze  $27,24 \pm 6,14$  kcal/kg FFM te za 7 dana druge faze  $31,28 \pm 4,70$  kcal/kg FFM. Na slici 6 grafički je prikazana analiza rezultata, izražena kao odnos broja ispitanika i prosječne

vrijednosti EA. Rezultati su podijeljeni u 3 kategorije za procjenu stanja raspoložive energije ispitanika (tablica 1), pri čemu je 30 kcal/kg nemasne TM donja prihvatljiva granica EA za održavanje metabolizma zdravih odraslih osoba (Loucks, 2014).

**Tablica 5.** Prosječne razine EA za prvu fazu istraživanja (4 dana treninga, 3 dana boravka kod kuće, 7 dana ukupno) i drugu fazu istraživanja (7 dana)

	EA (kcal/kg FFM)			
	4 dana treninga	3 dana boravka kod kuće	7 dana 1.faza	7 dana 2.faza
Ispitanica 1	33,46	30,54	31,79	39,04
Ispitanica 2	30,37	36,25	33,73	37,35
Ispitanica 3	32,29	38,73	35,97	37,03
Ispitanik 4	16,47	19,94	18,45	30,25
Ispitanik 5	30,37	30,48	30,43	30,65
Ispitanik 6	18,17	19,82	19,11	27,33
Ispitanik 7	23,11	37,33	31,24	33,72
Ispitanik 8	31,65	28,44	30,05	32,22
Ispitanik 9	19,72	15,30	17,19	24,14
Ispitanik 10	18,52	23,19	21,19	22,25
Ispitanik 11	16,88	25,42	21,76	30,07
Ispitanik 12	25,04	25,37	25,23	27,75
Ispitanik 13	31,70	30,11	30,79	33,92
Ispitanik 14	27,74	32,41	30,41	31,11
Ispitanik 15	31,01	31,54	31,31	32,43





**Slika 6.** Raspodjela rezultata prosječnih vrijednosti raspoložive energije prema kategorijama za procjenu stanja EA sportaša (vidi tablica 1)

Iz rezultata je vidljivo da ni jedan ispitanik nema EA > 45 kcal/kg FFM. Rezultati 7-dnevne analize prve faze ukazuju da 60 % ispitanika ima razinu EA unutar prihvatljivih granica između 30 - 45 kcal/kg FFM (Loucks, 2014), dok je kod 40 % ispitanika EA < 30 kcal/kg FFM.

Rezultati 7-dnevne analize druge faze ukazuju da 73,33 % ispitanika ima zadovoljavajuće razine EA. Niska razina EA ustanovljena je kod 53,33 % ispitanika za vrijeme 4 dana treninga te kod 46,67 % ispitanika tijekom 3 dana. Zaključno veće vrijednosti EA zabilježene su tijekom:

1. 3 dana boravka kod kuće u odnosu na 4 dana treninga. Tijekom 3 dana boravka kod kuće većina ispitanika se odmarala, EEE je bio nizak ili jednak nuli, EI je ostao isti i to je rezultiralo većim vrijednostima EA u odnosu na 4 dana treninga.
2. 7 dana druge faze u odnosu na prvu fazu. Nakon analize 7-dnevnog dnevnika prehrane prve faze ispitanici su dobili individualne preporuke za poboljšanje stanja EA. Ovi rezultati pokazuju poboljšanje razine EA kod 2 ispitanika više nego u prvoj fazi.

No, gledajući prosječne vrijednosti EA po danima, može se zaključiti da većina ispitanika ima niske razine EA. Taj podatak je vrlo zabrinjavajući jer niske razine EA mogu negativno utjecati na zdravlje i sportsku izvedbu (Melin i sur., 2019).

Slični rezultati prikazani su u istraživanju Jiménez-Casquet i sur. (2023), koji su proučavali utjecaj nadmorske visine na adekvatan nutritivni status sportašica (n=58) koje se bave zimskim sportovima. Istraživanjem je utvrđen prosječan EI skijašica, daskašica (1652,86 kcal) i

klizačica, hokejašica (1858,66 kcal) dok ukupna energetska potrošnja iznosi 2115,16 kcal za skijašice, daskašice i 2021,89 kcal za klizačice, hokejašice. Sve skupine sportašica imaju neadekvatan EI u odnosu na ukupnu energetska potrošnju. S porastom nadmorske visine dolazi do povećanja energetske potreba, suzbijanja apetita i gubitka težine te posljedično pogoršanja razine raspoložive energije.

#### **4.2. UOBIČAJEN UNOS KOFEINA**

Prema obrađenim podacima 7-dnevnog dnevnika prehrane ispitanika, utvrđena je i prosječna uobičajena dnevna konzumacija kofeina svakog sudionika. Rezultati su prikazani u tablici 6, u jednom stupcu su izraženi kao prosječni dnevni unos kofeina u miligramima, a u drugom stupcu su dobivene vrijednosti izražene s obzirom na tjelesnu masu ispitanika (mg/kg TM). Prosječan dnevni unos kofeina je 60,70 mg, a izražen u mg/kg TM iznosi 0,86. Jedan ispitanik ne unosi kofein, izraženo u postotku to je 6,67 % ispitanika. 53,33 % ispitanika unosi manje od 1 mg/kg TM kofeina dnevno, čineći time i najbrojniju skupinu, a 26,67 % ispitanika unosi između 1-2 mg/kg TM. Više od 2 mg/kg TM unosi 13,33 % - 1 skijašica i 1 skijaš. Izvori kofeina, poredani od najviše do najmanje konzumiranog su: kava s mlijekom, mliječna čokolada, crni čaj, zeleni čaj, espresso, crna čokolada, coca cola, cappuccino, bez kofeinska kava.

Prema istraživanju Mahoney i sur. (2019) prosječan dnevni unos kofeina studenata (n=1248) procijenjen anketom je 159 mg/dan. 92 % ispitanika konzumira kofein, a glavni izvor kofeina kod studenata (120 mg/dan) i studentica (111 mg/dan) je kava. Studenti, posebno žene, konzumiraju više kofeina od opće populacije dobi od 19-30 godina, ali manje od pojedinaca u dobi od 31-50 godina.

Velika razlika u prosječnom dnevnom unosu kofeina između rezultata ovog rada i istraživanja Mahoney i sur. (2019) moguća je zbog razlike u broju ispitanika, metodi procjene dnevnog unosa kofeina i razlikama u tjelesnoj aktivnosti ispitanika. Mogući nedostatak procjene unosa kofeina metodom sedmodnevnog dnevnika prehrane je ne bilježenje svih namirnica zbog zaborava, posebice konzumirane tekućine koja se često ne smatra hranom.

**Tablica 6.** Uobičajeni dnevni unos kofeina u miligramima i s obzirom na TM, u mg kg<sup>-1</sup> TM (prosjeak ± SD) (n=15)

	Dnevni unos kofeina (mg)	Dnevni unos kofeina (mg kg <sup>-1</sup> TM )
Ispitanica 1	43,14 ± 56,53	0,76
Ispitanica 2	66,14 ± 36,87	1,15
Ispitanica 3	132,14 ± 29,71	2,68
Ispitanik 4	32 ± 31,11	0,46
Ispitanik 5	97,57 ± 52,26	1,21
Ispitanik 6	199,57 ± 99,92	2,52
Ispitanik 7	78,29 ± 28,14	1,04
Ispitanik 8	8,57 ± 19,76	0,10
Ispitanik 9	1,40 ± 2,45	0,01
Ispitanik 10	3,86 ± 7,27	0,05
Ispitanik 11	0	0,00
Ispitanik 12	53,29 ± 43,06	0,65
Ispitanik 13	43,57 ± 31,81	0,59
Ispitanik 14	99,71 ± 34,42	1,16
Ispitanik 15	51,29 ± 20,47	0,52

### 4.3. HIDRACIJA

Stupanj hidracije procijenjen je bojom (subjektivna metoda) i specifičnom težinom urina (objektivna metoda) ispitanika. Prosječna specifična težina urina iznosi 1,023 ± 0,005 g/mL, a prosječna vrijednost boje urina je 4 ± 1,46 (na skali od 1 do 8).

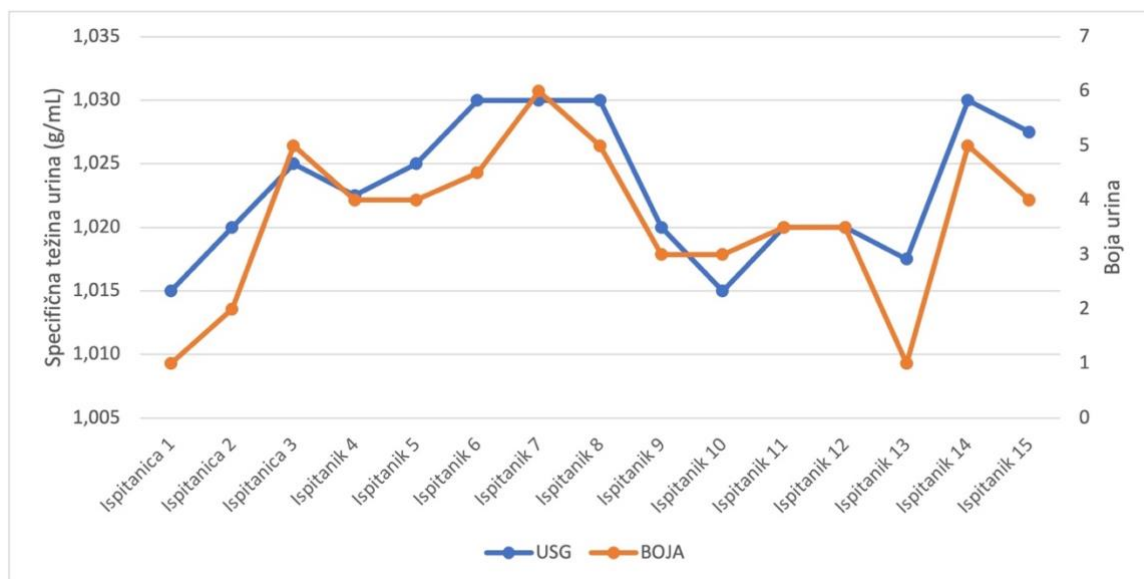
Primjenom Pearsonovog koeficijenta korelacije utvrđeno je da postoji pozitivna korelacija ( $r=0,8511$ ;  $p=0,0001$ ) između specifične težine i boje urina. Kako raste boja urina također raste specifična težina, i obratno.

Boja urina procijenjena je Armstrongovom skalom za boju urina. Kako bi istražili utječe li stupanj hidracije na boju urina, Armstrong i sur. (1994) osmislili su skalu od osam razina. Za

potvrdu hipoteze, na uzorcima urina od 54 muškarca i žene, mjerili su boju, osmolalnost i specifičnu težinu urina. Zaključili su da je boja urina razuman pokazatelj stupnja hidracije. Također su Warren i sur. (2018) istraživali pouzdanost tri uobičajene metode za procjenu hidracije (dijagram boje urina, trake reagensa za analizu urina, refraktometar) (n=69). Istraživanjem su utvrdili da su sve tri metode vrlo pouzdane, što se podudara sa rezultatom gore navedene korelacije ovoga rada.

Prosječne vrijednosti mjerenja specifične težine i boje urina za svakog ispitanika prikazane su na slici 7. Rezultati mjerenja specifične težine urina pokazali su da je 7 ispitanika prije treninga bilo dehidrirano ( $U_{SG} \geq 1,025$  g/mL), a 8 ispitanika je bilo euhidrirano ( $U_{SG} < 1,020$  g/mL). Rezultati analize boje urina prema Armstrongovoj skali pokazuju da je prije treninga 5 ispitanika dehidrirano (boja na skali: 5-6 u rasponu od 1-8), 5 ispitanika je blago dehidrirano (boja na skali: 4 u rasponu od 1-8) i 5 ispitanika je euhidrirano (boja na skali: 1-3 u rasponu od 1-8) (Armstrong i sur, 1994).

Slične rezultate dobili su Aerenhouts i suradnici (2021), koji su istraživali status hidracije alpskih skijaša (n=12) tijekom trenažnog procesa. Utvrdili su da 50-83 % skijaša u trening ulazi u dehidriranom stanju, s individualnim vrijednostima specifične težine urina 1,010 -1,028 g/mL. Također su ustanovili da je unos tekućine bio značajno manji od gubitka tijekom svakog treninga.



**Slika 7.** Prosječne vrijednosti specifične težine i boje urina (n=15)

#### 4.4. KOGNITIVNE FUNKCIJE I PERCEPCIJA UMORA

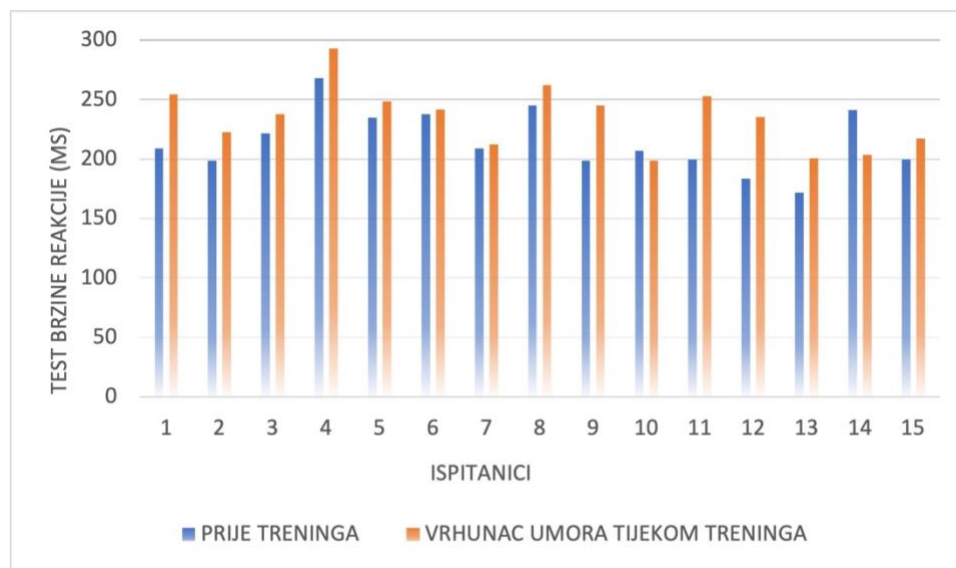
Kognitivne funkcije i umor procijenjeni su vizualno-analognom skalom umora i vizualnim testom vremena reakcije. Testovi su provedeni ujutro prije treninga te na vrhuncu umora tijekom treninga s i bez suplementacije kofeinom. U tablici 7 prikazane su doze suplementacije kofeinom za svakog sudionika.

**Tablica 7.** Suplementacija kofeinom (n = 15)

	Kofein (mg)	Kofein (mg/kg TM)
Ispitanica 1	200	3,51
Ispitanica 2	200	3,47
Ispitanica 3	200	4,06
Ispitanik 4	400	5,70
Ispitanik 5	400	4,95
Ispitanik 6	400	5,04
Ispitanik 7	400	5,32
Ispitanik 8	400	4,84
Ispitanik 9	400	4,04
Ispitanik 10	400	5,44
Ispitanik 11	400	4,76
Ispitanik 12	400	4,88
Ispitanik 13	400	5,43
Ispitanik 14	400	4,66
Ispitanik 15	400	4,09

Prosječna vrijednost testa brzine reakcije ispunjenog ujutro, prije treninga iznosi  $215,03 \pm 25,85$  ms; na vrhuncu umora bez suplementacije iznosi  $235,13 \pm 26,19$  ms te na vrhuncu umora uz suplementaciju kofeina iznosi  $213,57 \pm 31,02$  ms.

Na slici 8 prikazani su rezultati RT testa rješavanog prije treninga i tijekom treninga na vrhuncu umora svih ispitanika. Iz rezultata je vidljivo da je, prema očekivanju, većina ispitanika (86,67 %) test bolje riješila prije treninga, a samo su 2 ispitanika test su bolje riješila tijekom treninga na vrhuncu umora bez suplementacije.



**Slika 8.** Prosječne vrijednosti testa brzine reakcije (ms) rješavanog ujutro prije treninga i na vrhuncu umora tijekom treninga (n = 15)

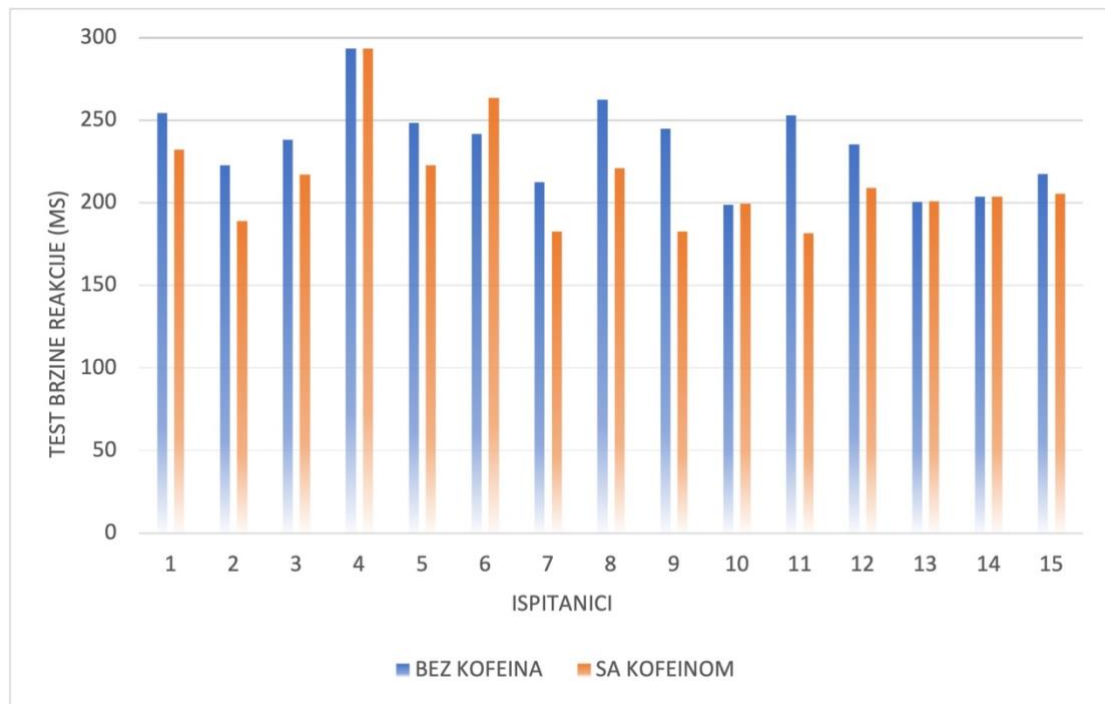
Na slici 9 prikazani su rezultati RT testa rješavanog tijekom treninga na vrhuncu umora uz suplementaciju i bez suplementacije kofeina. 73,33 % ispitanika bolje je riješilo test uz suplementaciju kofeinom.

Proveden je t-test, s postavljenim hipotezama za t-test:

H0: Nema statistički značajne razlike između srednjih vrijednosti rezultata RT testa provedenog bez kofeinske suplementacije i s kofeinskom suplementacijom

H1: Postoji statistički značajna razlika između srednjih vrijednosti rezultata RT testa provedenog bez kofeinske suplementacije i s kofeinskom suplementacijom

T-testom prihvaćena je hipoteza 1 – postoji statistički značajna razlika ( $p = 0,0024$ ;  $p > 0,05$ ) rezultata testa bez suplementacije i rezultata testa sa suplementacijom.

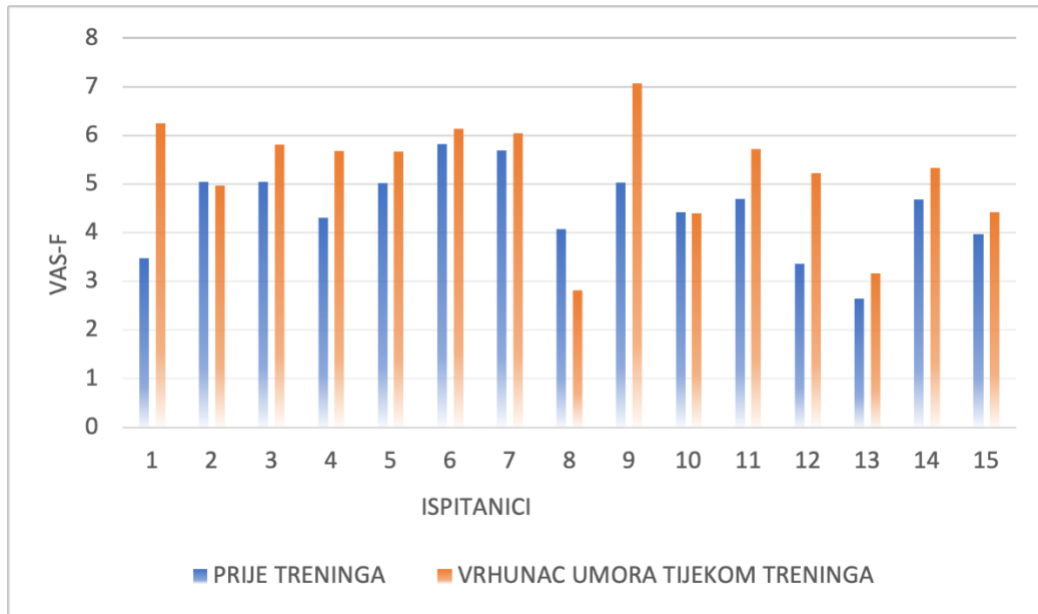


**Slika 9.** Prosječne vrijednosti testa brzine reakcije (ms) rješavanog na vrhuncu umora tijekom treninga bez suplementacije i sa suplementacijom kofeina (n = 15)

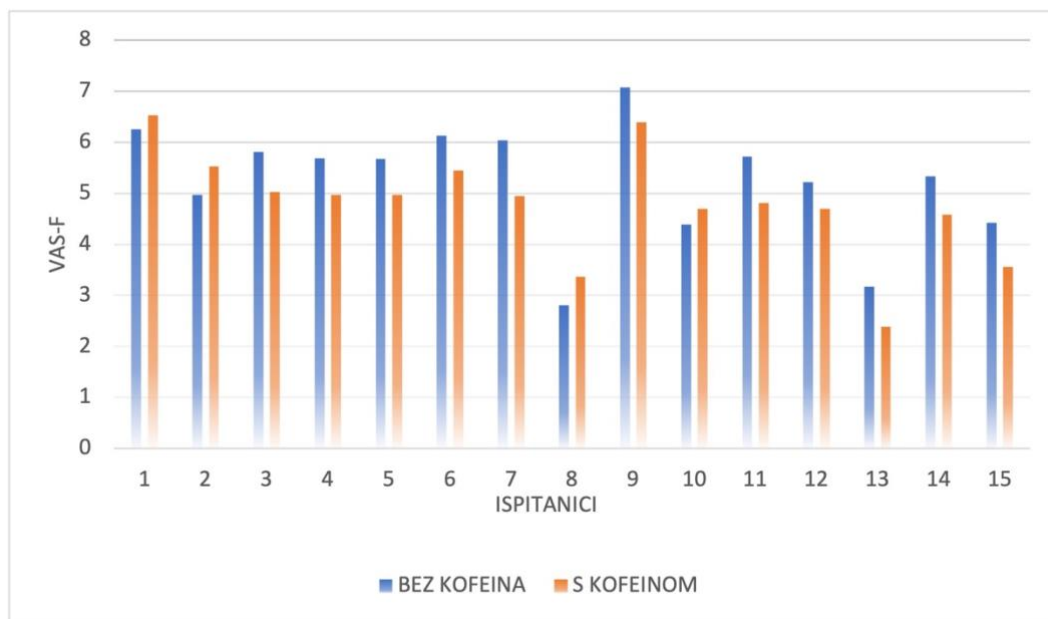
Prosječna vrijednost vizualno-analogne skale umora ispunjene ujutro, prije treninga iznosi  $4,48 \pm 0,87$ ; na vrhuncu umora bez suplementacije iznosi  $5,25 \pm 1,15$  te na vrhuncu umora uz suplementaciju kofeina iznosi  $4,79 \pm 1,07$ .

Na slici 10 prikazani su rezultati VAS-F testa rješavanog prije i tijekom treninga na vrhuncu umora za svakog ispitanika. Iz rezultata je vidljivo da je, prema očekivanju, većina ispitanika (80 %) test bolje riješila prije treninga, a samo su 3 ispitanika test bolje riješila tijekom treninga na vrhuncu umora bez suplementacije. Taj rezultat bio je očekivan jer se pretpostavlja da su ispitanici ujutro najmanje umorni.

Na slici 11 prikazani su rezultati VAS-F testa rješavanog tijekom treninga na vrhuncu umora uz suplementaciju i bez suplementacije kofeinom. 73,3 % ispitanika imalo je bolje rezultate testa rješavanog uz suplementaciju nego bez suplementacije kofeinom.



**Slika 10.** Prosječne vrijednosti VAS-F testa rješavanog ujutro prije treninga i na vrhuncu umora tijekom treninga (n = 15)



**Slika 11.** Prosječne vrijednosti VAS-F testa rješavanog na vrhuncu umora tijekom treninga bez suplementacije i sa suplementacijom kofeina (n = 15)



Proveden je t-test, s postavljenim hipotezama za t-test:

H0: Nema statistički značajne razlike između srednjih vrijednosti rezultata VAS-F testa provedenog bez kofeinske suplementacije i s kofeinskom suplementacijom

H1: Postoji statistički značajna razlika između srednjih vrijednosti rezultata VAS-F testa provedenog bez kofeinske suplementacije i s kofeinskom suplementacijom

T-testom potvrđena je hipoteza 1 - utvrđena je statistički značajna razlika ( $p = 0,0039$ ;  $p > 0,05$ ) rezultata testa bez suplementacije i rezultata testa sa suplementacijom.

Zaključno, na temelju ovih rezultata prihvaća se početna hipoteza (H1) ovog istraživanja. Rezultati RT i VAS-F testa rješavanog u vrhuncu umora biti će bolji u danima suplementacije kofeinom u usporedbi s danima bez suplementacije.

Utjecaj kofeina na kognitivne funkcije i umor, istraživali su i Church i sur. (2015). Istraživali su ergogeni učinak turske kave (3 mg/kg TM kofeina) i bez kofeinske kave (placebo) konzumirane jedan sat prije tjelesne aktivnosti na skupini od 10 muškaraca i 10 žena pomoću slijedećih mjerenja: kronometar 5 km, reakcija gornjeg i donjeg dijela tijela na vizualne podražaje (RT test), subjektivni test, krvni tlak i broj otkucaja srca. Istraživanjem je dokazano da veće koncentracije kofeina rezultiraju višim razinama energije, većim učinkom reakcije gornjeg i donjeg dijela tijela ( $p = 0,023$ ) te povećanjem krvnog tlaka.

Također su Mumfor i sur. (2016) proveli istraživanje na skupini od dvanaest golfera. Tijekom 2 dana golfa golferi su dobivali suplemente s kofeinom i placebo. Umjerena doza kofeina (1,9 mg/kg TM) konzumirana prije i tijekom golf natjecanja, rezultirala je smanjenjem umora i poboljšanjem koncentracije tijekom natjecanja.

Iako, koliko je poznato, ne postoji studija koja ispituje direktan učinak kofeina na kognitivne funkcije i umor kod skijaša, na temelju brojnih istraživanja provedenih u ostalim sportovima i rezultata ovog rada zaključujemo da učinak postoji.

Utjecaj stupnja hidracije na kognitivne funkcije i umor procijenjen je Pearsonovom korelacijom specifične težine urina i RT testa, specifične težine urina i VAS-F testa, boje urina i RT testa te boje urina i VAS-F testa.

Pearsonov koeficijent korelacije između specifične težine urina i rezultata RT testa ispitanika iznosi:  $r = 0,5338$ ;  $p = 0,0404$ . Rezultat ukazuje da postoji pozitivna linearna povezanost specifične težine urina i rezultata RT testa. S porastom vrijednosti specifične težine urina, raste i vrijednost RT testa.

Pearsonov koeficijent korelacije između specifične težine urina i rezultata VAS-F testa iznosi  $r = 0,515$ ;  $p = 0,0494$ . Rezultat ukazuje da postoji pozitivna linearna povezanost specifične težine

urina i rezultata VAS-F testa. S porastom vrijednosti specifične težine urina, raste i vrijednost vizualno-analogne skale umora.

Pearsonov koeficijent korelacije između boje urina i rezultata RT testa iznosi:  $r=0,5503$ ;  $p=0,0335$ , a između boje urina i VAS-F testa iznosi:  $r=0,6093$ ;  $p=0,0159$ . Obje vrijednosti koeficijenta ukazuju da postoji pozitivna linearna povezanost boje urina i rezultata VAS-F testa, odnosno boje urina i rezultata RT testa.

Zaključno, na temelju ovih rezultata prihvaća se početna hipoteza (H2) ovog istraživanja. Rezultati specifične težine urina ujutro prije treninga u korelaciji su sa rezultatima RT i VAS-F testa također rješavanog ujutro prije treninga. Ukoliko skijaši ujutro prije treninga imaju vrijednost specifične težine urina  $\geq 1,025$  g/mL, odnosno nalaze se u stanju dehidracije, posljedično dolazi do većih vrijednosti rezultata VAS-F i RT testa, tj, dolazi do smanjenja kognitivnih sposobnosti i većeg osjeta umora.

Masento i sur. (2014) sastavili su pregled istraživanja o učincima dehidracije na kognitivne funkcije, raspoloženje i umor. Prikupljeni dokazi podupiru ideju da stupanj hidracije utječe na kognitivne sposobnosti i raspoloženje. Dokazano je da teška dehidracija uzrokuje kognitivne nedostatke kao što su kratkotrajno pamćenje i poremećaj raspoloženja, dok adekvatan stupanj hidracije može poboljšati kognitivnu izvedbu, vizualnu pažnju i raspoloženje.

Utjecaj razine raspoložive energije na kognitivne funkcije i umor procijenjen je Pearsonovom korelacijom. Pearsonov koeficijent korelacije između razine EA i rezultata RT testa ispitanika iznosi:  $r= -0,0142$ ;  $p=0,9605$ , a Pearsonov koeficijent korelacije između razine EA i rezultata VAS-F testa iznosi:  $r=-0,2623$ ;  $p=0,3455$ . Oba rezultata su negativna i ukazuju na inverzan odnos - s porastom razine raspoložive energije, smanjuje se rezultat VAS-F i RT testa – osoba nije umorna i pokazuje bolje kognitivne sposobnosti. Međutim p vrijednosti oba koeficijenta su  $> 0,05$ ; ne postoji statistička povezanost varijabli i hipoteza 3 ovog rada se odbacuje.

Jurov i sur. (2021) proveli su istraživanje s ciljem mjerenja raspoložive energije zdravih sportaša ( $n=12$ ) i definiranja granica niske raspoložive energije za muškarce. Prosječna EA ispitanika iznosi 29,5 kcal/kg FFM/dan. Tijekom istraživanja 75 % ispitanika prijavilo je smanjenje kognitivnih sposobnosti. S obzirom da je razina raspoložive energije  $< 30$  kcal/kg FFM kod većina sportaša uzrokovala smanjenje kognitivnih funkcija, EA  $< 30$  kcal/kg FFM smatra se niskom razinom raspoložive energije za muškarce.

Kako bi se utvrdilo postoji li povezanost raspoložive energije i kognitivnih funkcija/umora u skijanju, potrebna su daljnja istraživanja.

Za testiranje hipoteze 4 ovog rada; H4: optimalna razina raspoložive energije, euhidracija i suplementacija kofeinom umanjit će umor i poboljšat će kognitivne funkcije; provedene su dvije višestruko linearne regresije.

Prvom višestruko linearnom regresijom ispituje se međuodnos rezultata RT testa i vrijednosti raspoložive energije, hidracije i količine unesenog kofeina. Rezultati RT testa zavisna su varijabla, a raspoloživa energija (kcal/kg FFM), specifična težina urina i unos kofeina (mg/kg TM) su nezavisne varijable. Rezultati višestruke regresije prikazani su u tablici 8.

**Tablica 8.** Rezultati višestruko linearne regresije koja ispituje utječe li kofeinska suplementacija, status hidracije i razina raspoložive energije na kognitivne sposobnosti

***Regresijska statistika***

Koeficijent multiple korelacije	0,5372
Koeficijent determinacije	0,2886
Prilagođeni R koeficijent	0,0846
Standardna pogreška	0,0946
Promatranja	15

***ANOVA***

	Stupnjevi slobode	Suma kvadrata	F	Značajnost F
Regresija	3	3621,7895	1,4876	0,2719
Residual	11	8927,1439		
<i>Ukupno</i>	14	12548,933		

	Koeficijenti	Standardna pogreška	t Stat	P-vrijednost
Intercept	-2250,3764	1447,5487	-1,5546	0,1483
Usg	2553,9214	1427,0842	1,7896	0,1010
EA	-1,2172	1,3940	-0,8732	0,4012
kofein	-19,6978	14,2311	-1,3841	0,1937

Drugom višestruko linearnom regresijom ispituje se međuodnos rezultata VAS-F testa i vrijednosti raspoložive energije, hidracije, količine unesenog kofeina. Rezultati VAS-F testa zavisna su varijabla, a raspoloživa energija (kcal/kg FFM), specifična težina urina ( $U_{SG}$ ) i unos kofeina su nezavisne varijable. Rezultati višestruke regresije prikazani su u tablici 9.

**Tablica 9.** Rezultati višestruko linearne regresije koja ispituje utječe li kofeinska suplementacija, status hidracije i razina raspoložive energije na osjećaj umora

***Regresijska statistika***

Koeficijent multiple korelacije	0,5299
Koeficijent determinacije	0,2808
Prilagođeni R koeficijent	0,0847
Standardna pogreška	0,9980
Promatranja	15

***ANOVA***

	Stupnjevi slobode	Suma kvadrata	F	Značajnost F
Regresija	3	4,2777	1,4316	0,2862
Residual	11	10,9563		
<i>Ukupno</i>	14	15,234		

	Koeficijenti	Standardna pogreška	t Stat	P-vrijednost
Intercept	-92,5917	50,7117	-1,8258	0,0951
$U_{SG}$	96,4319	49,9948	1,9288	0,0799
EA	-0,0254	0,0488	-0,5197	0,6136
Kofein	-0,4251	0,4986	-0,8526	0,4120

Koeficijenti multiple korelacije obje regresijske analize označavaju da postoji slaba korelacija između zavisne i nezavisnih varijabli, a koeficijenti determinacije označavaju da ~ 28 % varijabilnosti u percepciji umora i kognitivnih sposobnosti može biti objašnjeno pomoću suplementacije kofeinom, raspoložive energije i hidracije. Prilagođeni R koeficijenti iznose ~8,47 % što ukazuje na niski utjecaj nezavisnih varijabli na zavisnu. Anova testom dobiveni su omjer F i značajnost  $F > 0,05$ , što potvrđuje da nema statistički značajnih razlika između zavisnih i nezavisnih varijabli. Koeficijenti regresije ukazuju kakav utjecaj svaka nezavisna varijabla ima na zavisnu varijablu: negativan koeficijent kofeina sugerira da veće doze unosa

imaju tendenciju smanjenja osjeta umora; negativan koeficijent EA sugerira da veće razine EA imaju tendenciju smanjenja osjeta umora te pozitivan koeficijent specifične težine urina sugerira da veće vrijednosti specifične težine imaju tendenciju smanjenja osjeta umora. No, p vrijednosti koeficijenata su  $> 0,05$  što ukazuje na to da nezavisne varijable nisu statistički značajne u objašnjenju percepcije umora.

Zaključno, ovaj model višestruke linearne regresije nije pokazao statistički značajnu povezanost suplementacije kofeina, raspoložive energije i hidracije s osjetom umora i kognitivnim sposobnostima. Stoga, na temelju ovih rezultata odbacuje se početna hipoteza (H4) ovog istraživanja. U uzorku ovog istraživanja nema dovoljno dokaza da bi se nezavisne varijable mogle koristiti za predviđanje razine kognitivnih sposobnosti i percepcije umora.

Koliko je poznato, ne postoji studija koja ispituje direktan učinak kofeina, optimalne razine raspoložive energije i euhidracije na percepciju umora i kognitivne funkcije alpskih skijaša, stoga je potrebno provesti daljnja istraživanja kako bi se dobili relevantniji zaključci.

## 5. ZAKLJUČCI

1. Veća raspoloživost energije demonstratora skijanja zamijećena je tijekom 3-dnevnog boravka kod kuće u odnosu na 4 dana treninga. Porast EA posljedica je niskog EEE jer se većina ispitanika odmarala, dok je EI ostao isti.
2. Individualne preporuke nakon analize 7-dnevnog dnevnika prehrane prve faze rezultirale su poboljšanjem razine raspoložive energije kod 2 ispitanika.
3. Prosječan dnevni unos kofeina kod demonstratora skijanja iznosi  $0,86 \text{ mg kg}^{-1} \text{ TM}$ . Jedan ispitanik ne konzumira kofein, 53,33 % ispitanika unosi  $< 1 \text{ mg kg}^{-1} \text{ TM}$ , 26,67 % ispitanika unosi između  $1-2 \text{ mg kg}^{-1} \text{ TM}$ , a više od  $2 \text{ mg/kg TM}$  unose 1 skijašica i 1 skijaš. Najčešći izvor kofeina je kava s mlijekom.
4. Prosječna specifična težina urina demonstratora skijanja iznosi  $1,023 \pm 0,005 \text{ g/mL}$ , a prosječna vrijednost boje urina  $4 \pm 1,46$  (na skali od 1 do 8), što dokazuje da demonstratori skijanja u trening ulaze u blagom stanju dehidracije.
5. 86,67 % demonstratora skijanja bolje je riješilo RT test prije treninga, što je i očekivano jer su demonstratori skijanja ujutro odmorniji. 73,3 % demonstratora skijanja bolje je riješilo RT test na vrhuncu umora uz suplementaciju kofeinom. 80 % demonstratora skijanja bolje je riješilo VAS-F test prije treninga, a 73,3 % demonstratora skijanja bolje je riješilo VAS-F test na vrhuncu umora uz suplementaciju kofeinom.
6. Rezultati RT i VAS-F testa rješavanog u vrhuncu umora bolji su u danima suplementacije kofeinom u usporedbi s danima bez suplementacije. Zaključujemo da kofein poboljšava kognitivne sposobnosti i percepciju umora te koncentraciju, sportsku izvedbu i brzinu reakcije kod vrhunskih demonstratora skijanja.
7. Rezultati specifične težine i boje urina demonstratora skijanja ujutro prije treninga u korelaciji su sa rezultatima RT i VAS-F testa također rješavanog ujutro prije treninga. Ako se skijaši ujutro prije treninga nalaze u stanju dehidracije posljedično dolazi do smanjenja kognitivnih sposobnosti i veće percepcije umora.
8. Pearsonovim koeficijentom korelacije nije utvrđena povezanost EA i rezultata RT testa ( $r = -0,0142$ ;  $p = 0,9605$ ) te EA i VAS-F testa ( $r = -0,2623$ ;  $p = 0,3455$ ), stoga se umor i smanjene kognitivne sposobnosti ne mogu pripisati stanju niske raspoložive energije.
9. Nije utvrđena statistička povezanost percepcije umora i kognitivnih sposobnosti sa suplementacijom kofeina, raspoloživom energijom i hidracijom. Kod demonstratora skijanja navedeni parametri ne mogu se zajedno koristiti za predviđanje percepcije umora i razine kognitivnih funkcija.

## 6. LITERATURA

Aerenhouts D, Chapelle L, Clarys P, Zinzen E (2021) Hydration Status in Adolescent Alpine Skiers during a Training Camp. *J Hum Kinet* **79**, 55–63. <https://doi.org/10.2478/hukin-2021-0062>

Ainsworth BE, Haskell WL, Herrmann SD, Meckes N, Bassett DR Jr, Tudor-Locke C, i sur. (2011) Compendium of Physical Activities: a second update of codes and MET values. *Med Sci Sports Exerc* **43**, 1575-1581. <https://doi.org/10.1249/MSS.0b013e31821ece12>

Ainsworth BE, Haskell WL, Whitt MC, Irwin ML, Swartz AM, Strath SJ, i sur. (2000) Compendium of physical activities: An update of activity codes and MET intensities. *Med Sci Sports Exerc* **32**, 498-516. <https://doi.org/10.1097/00005768-200009001-00009>

Areta JL, Taylor HL, Koehler K (2020) Low energy availability: History, definition and evidence of its endocrine, metabolic and physiological effects in prospective studies in females and males. *Eur J Appl Physiol* **121**, 1–21. <https://doi.org/10.1007/s00421-020-04516-0>

Armstrong LE, Maresh CM, Castellani JW, Bergeron MF, Kenefick RW, LaGasse KE, i sur. (1994) Urinary indices of hydration status. *Int J Sport Nutr and Exerc Metab* **4**, 265-279. <https://doi.org/10.1123/ijnsn.4.3.265>

Bailey RL, Saldanha LG, Gahche JJ, Dwyer JT (2014) Estimating caffeine intake from energy drinks and dietary supplements in the United States. *Nutr Rev* **72**, 9–13. <https://doi.org/10.1111/nure.12138>

Burke LM, Close GL, Lundy B, Mooses M, Morton JP, Tenforde AS (2018) Relative energy deficiency in sport in male athletes: a commentary on its presentation among selected groups of male athletes. *Int J Sport Nutr and Exerc Metab* **28**, 364-374. <https://doi.org/10.1123/ijsnem.2018-0182>

Melin A, Lundy B (2015) Measuring energy availability. U: Burke LM, Deakin V (ured.) *Clinical sports nutrition*, 5. izd., McGraw-Hill Education Australia, North Ride, Australia.

Burke LM, Desbrow B, Spriet L (2013) *Caffeine for Sports Performance*, Human kinetics, Lower Mitcham, South Australia.

Calvo JL, Fei X, Domínguez R, Pareja-Galeano H (2021) Caffeine and cognitive functions in sports: A systematic review and meta-analysis. *Nutr* **13**, 1–18. <https://doi.org/10.3390/nu13030868>

CAPNUTRA (2018) Atlas namirnica i gotovih jela sa balkanskog područja. CAPNUTRA - Capacity Development in Nutrition, [https://www.capnutra.org/wp-content/uploads/2021/05/Food\\_atlas\\_CAPNUTRA.pdf](https://www.capnutra.org/wp-content/uploads/2021/05/Food_atlas_CAPNUTRA.pdf). Pristupljeno 17. studenog 2022.

Church DD, Hoffman JR, LaMonica MB, Riffe JJ, Hoffman MW, Baker KM, i sur. (2015) The effect of an acute ingestion of Turkish coffee on reaction time and time trial performance. *J Int Soc Sports Nutr* **12**, 37. <https://doi.org/10.1186/s12970-015-0098-3>

CSPI (2018) Center for science in the public interest, <https://cspinet.org/>. Pristupljeno 03. listopada 2023.

Desbrow B, Henry M, Scheelings P (2012) An examination of consumer exposure to caffeine from commercial coffee and coffee-flavoured milk. *J Food Compos Anal* **28**, 114–118. <https://doi.org/10.1016/j.jfca.2012.09.001>

EFSA Panel on Dietetic Products, Nutrition, and Allergies (NDA) (2010) Scientific opinion on dietary reference values for water. *EFSA J* **8**, 1–48. <https://doi.org/10.2903/j.efsa.2010.1459>

GAZ nutrition (2023) PowerBar Caffeine Boost, <https://www.gaz-nutrition.com/proizvod/caffeine-boost-paket/>. Pristupljeno 17. studenog 2022.

Graham TE (2001) Caffeine and exercise: metabolism, endurance and performance. *Sports Med* **31**, 785-807. <https://doi.org/10.2165/00007256-200131110-00002>

Guest NS, VanDusseldorp TA, Nelson MT, Grgic J, Schoenfeld BJ, Jenkins NDM, i sur. (2021) International society of sports nutrition position stand: caffeine and exercise performance. *J Int Soc Sports Nutr* **18**, 1. <https://doi.org/10.1186/s12970-020-00383-4>

Gunawan AA, Brandon D, Puspa VD, Wiweko B (2018) Development of urine hydration system based on urine color and support vector machine. *Procedia Comput Sci* **135**, 481-489. <https://doi.org/10.1016/j.procs.2018.08.200>



Hackett PH (2010) Caffeine at High Altitude: Java at Base Camp. *High Alt Med Biol* **11**, 13-17. <https://doi.org/10.1089=ham.2009.1077>

Heaney S, O'Connor H, Gifford J, Naughton G (2010) Comparison of strategies for assessing nutritional adequacy in elite female athletes' dietary intake. *Int J Sport Nutr Exerc Metab* **20**, 245–256. <https://doi.org/10.1123/ijsnem.20.3.245>

Howley E (2000) You asked for it: question authority. *ACSMs Health Fit J* **4**, 6. <https://doi.org/10.1249/FIT.0b013e31821ec38b>

IBM Corporation (2016) IBM SPSS Statistics (Verzija 20.0). <https://www.ibm.com/analytics/us/en/technology/spss/> Pristupljeno 21. kolovoza 2023.

Ihle R, Loucks AB (2004) Dose-response relationships between energy availability and bone turnover in young exercising women. *J Bone Miner Res* **19**, 1231–1240. <https://doi.org/10.1359/JBMR.040410>

Jagim AR, Fields J, Magee MK, Kerksick CM, Jones MT (2022) Contributing Factors to Low Energy Availability in Female Athletes: A Narrative Review of Energy Availability, Training Demands, Nutrition Barriers, Body Image, and Disordered Eating. *Nutr* **14**, 986. <https://doi.org/10.3390/nu14050986>

Jette M, Sidney K, Blumchen G (1990) Metabolic Equivalent (METs) in Exercise Testing, Exercise Prescription, and Evaluation of Functional Capacity. *Clin Cardiol* **13**, 555-565. <https://doi.org/10.1002/clc.4960130809>

Jiménez-Casquet MJ, Conde-Pipó J, Valenzuela-Barranco I, Rienda-Contreras R, Olea-Serrano F, Bouzas C, i sur. (2023) Nutrition Status of Female Winter Sports Athletes. *Nutr* **15**, 4472. <https://doi.org/10.3390/nu15204472>

Juliano LM, Griffiths RR (2004) A critical review of caffeine withdrawal: Empirical validation of symptoms and signs, incidence, severity, and associated features. *J Psychopharmacology* **176**, 1–29. <https://doi.org/10.1007/s00213-004-2000-x>

Jurov I, Keay N, Hadžić V, Spudić D, Rauter S (2021) Relationship between energy availability, energy conservation and cognitive restraint with performance measures in male endurance athletes. *J Int Soc Sports Nutr* **18**, 24. <https://doi.org/10.1186/s12970-021-00419-3>

Liska D, Mah E, Brisbois T, Barrios PL, Baker LB, Spriet LL (2019) Narrative review of hydration and selected health outcomes in the general population. *Nutr* **11**, 70. <https://doi.org/10.3390/nu11010070>

Logue DM, Madigan SM, Melin A, Delahunt E, Heinen M, Mc Donnell SJ, i sur. (2020) Low energy availability in athletes 2020: An updated narrative review of prevalence, risk, within-day energy balance, knowledge, and impact on sports performance. *Nutr* **12**, 835. <https://doi.org/10.3390/nu12030835>

Loucks AB (2014) Energy Balance and Energy Availability. U: Maughan R (ured.) Sports Nutrition, 2 izd., John Wiley & Sons, str. 72-87.

Loucks AB, Kiens B, Wright HH (2011) Energy availability in athletes. *J Sports Sci* **29**, 7-15. <https://doi.org/10.1080/02640414.2011.588958>

Loucks AB, Thuma JR (2003) Luteinizing hormone pulsatility is disrupted at a threshold of energy availability in regularly menstruating women. *J Clin Endocrinol Metab* **88**, 297–311. <https://doi.org/10.1210/jc.2002-020369>

Magee MK, Jones MT, Fields JB, Kresta J, Khurelbaatar C, Dodge C, i sur. (2023) Body Composition, Energy Availability, Risk of Eating Disorder, and Sport Nutrition Knowledge in Young Athletes. *Nutr* **15**, 6. <https://doi.org/10.3390/nu15061502>

Mahoney CR, Giles GE, Marriott BP, Judelson DA, Glickman EL, Geiselman PJ, i sur. (2019) Intake of caffeine from all sources and reasons for use by college students. *Clin Nutr* **38**, 668-675. <https://doi.org/10.1016/j.clnu.2018.04.004>

Marra M, Sammarco R, De Lorenzo A, Iellamo F, Siervo M, Pietrobelli A, i sur. (2019) Assessment of body composition in health and disease using bioelectrical impedance analysis (bia) and dual energy x-ray absorptiometry (dxa): A critical overview. *Contrast Media Mol Imaging* 2019, <https://doi.org/10.1155/2019/3548284>

Masento NA, Golightly M, Field DT, Butler LT, Van Reekum CM (2014) Effects of hydration status on cognitive performance and mood. *Br J Nutr* **111**, 1841–1852. <https://doi.org/10.1017/S0007114513004455>

Melin AK, Heikura IA, Tenforde A, Mountjoy M (2019) Energy availability in athletics: Health, performance and physique. *Int J Sport Nutr Exerc Metab* **29**, 152–164. <https://doi.org/10.1123/ijsnem.2018-0201>

Meyer NL, Manore MM, Helle C (2011) Nutrition for winter sports. *J Sports Sci* **29**: 127 – 136. <https://doi.org/10.1080/02640414.2011.574721>

Millard-Stafford M, Wendland DM, O’Dea NK, Norman TL (2012) Thirst and hydration status in everyday life. *Nutr Rev* **70**, 147-151. <https://doi.org/10.1111/j.1753-4887.2012.00527.x>

Mountjoy M, Ackerman KE, Bailey DM, Burke LM, Constantini N, Hackney AC, i sur. (2023) 2023 International Olympic Committee’s (IOC) consensus statement on Relative Energy Deficiency in Sport (REDs). *Br J Sports Med* **57**, 1073–1097. <https://doi.org/10.1136/bjsports-2023-106994>

Mumford PW, Tribby AC, Poole CN, Dalbo VJ, Scanlan AT, Moon JR, i sur. (2016) Effect of caffeine on golf performance and fatigue during a competitive tournament. *Med Sci Sports Exerc* **48**, 132–138. <https://doi.org/10.1249/MSS.0000000000000753>

Murray B (2007) Hydration and Physical Performance. *J Am Coll Nutr* **26**, 542-548. <https://doi.org/10.1080/07315724.2007.10719656>

Nutritics (2022) Nutritics Food Data Management Software (Verzija 5.92). <https://www.nutritics.com/en/> Pristupljeno 17. studenog 2022.

Pallarés JG, Fernández-Elías VE, Ortega JF, Muñoz G, Muñoz-Guerra J, Mora-Rodríguez R (2013) Neuromuscular responses to incremental caffeine doses: Performance and side effects. *Med Sci Sports Exerc* **45**, 2184–2192. <https://doi.org/10.1249/MSS.0b013e31829a6672>

Pickering C, Kiely J (2019) What Should We Do About Habitual Caffeine Use in Athletes?. *Sports Med* **49**, 833–842. <https://doi.org/10.1007/s40279-018-0980-7>

Šatalić Z, Sorić M, Mišigoj-Duraković M (2016) Sportska prehrana, Znanje d.o.o., Zagreb

Scott D, Rycroft JA, Aspen J, Chapman C, Brown B (2004) The effect of drinking tea at high altitude on hydration status and mood. *Eur J Appl Physiol* **91**, 493–498. <https://doi.org/10.1007/s00421-003-1015-z>

Shahid A, Wilkinson K, Marcu S, Shapiro CM (2011) STOP, THAT and One Hundred Other Sleep Scales, Springer, New York, str. 399–402.

Strain EC, Griffins RR (1997) Caffeine use disorders. U: Tasman A, Kay J, Lieberman JA (ured.) Psychiatry, 1 izd., W.B. Saunders Co, Philadelphia (PA), str. 779-794.

Tarnowski CA, Wardle SL, O’Leary TJ, Gifford RM, Greeves JP, Wallis GA (2023) Measurement of Energy Intake Using the Principle of Energy Balance Overcomes a Critical Limitation in the Assessment of Energy Availability. *Sports Med Open* **9**, 1. <https://doi.org/10.1186/s40798-023-00558-8>

Warren AJ, O’Brien MS, Smith DB (2018) Reliability of three urinalysis methods used in the assessment of hydration. *Int J Sport Exerc* **2**, 100-105. <https://doi.org/10.31254/sportmed.2201>

Zubac D, Reale R, Karnincic H, Sivric A, Jelaska I (2018) Urine specific gravity as an indicator of dehydration in Olympic combat sport athletes; considerations for research and practice. *Eur J Sport Sci* **18**, 920–929. <https://doi.org/10.1080/17461391.2018.1468483>

# PRILOZI

## PRILOG 1: Suglasnost na sudjelovanje u istraživanju



### **PRISTANAK NA SUDJELOVANJE U ISTRAŽIVANJU O RASPOLOŽIVOJ ENERGIJI, HIDRACIJI I UNOSU KOFEINA**

Ime i prezime: ..... Datum: .....

U sklopu istraživanja, pristajem na davanje podataka o zdravstvenom stanju, tjelesnoj aktivnosti i drugim životnim navikama, na ispunjavanje i rješavanje upitnika i testova kognitivnih sposobnosti te umora, na provođenje sedmodnevnog dnevnika prehrane, na provođenje antropometrijskih mjerenja, na davanje uzorka urina i na unos kofeina.

Svjestan sam da su svi moji podaci tajni i da se prikupljaju isključivo u znanstveno-istraživačke svrhe. Svoje sudjelovanje u projektu mogu prekinuti u bilo koje vrijeme uz prethodno obavješćivanje organizatora istraživanja.

Izjavljujem da sam pročitao i razumio sadržaj ovog teksta te dobio sve potrebne informacije. Svojevoljno potpisujem dva primjerka ovog teksta, od kojih je jedan uručen meni, a drugi primjerak zadržavaju istraživači.

Potpis: .....

*Ovo istraživanje se provodi u sklopu izrade diplomskog rada Helene Gaube, univ.bacc.nutr., pod mentorstvom prof.dr.sc. Zvonimira Šatalića, na Prehrambeno-biotehnoškom fakultetu Sveučilišta u Zagrebu.*

## PRILOG 2: Upute za 7-dnevni dnevnik prehrane, tjelesne aktivnosti i praćenje urina

### UPUTE ZA 7-DNEVNI DNEVNIK PREHRANE

Dnevnik prehrane ispunjavat ćete dva puta po 7 dana. U prvoj fazi, dnevnik ćete ispuniti tijekom 4 dana treninga i 3 dana boravka kod kuće (od ta 3 dana 1 dan mora uključivati vikend). U drugoj fazi dnevnik ćete ispuniti tijekom 7 dana treninga u Sextenu.

Tijekom vođenja dnevnika prehrane važno je ne mijenjati prehrambene navike.

Dnevnik prehrane sastoji se od slijedećih kategorija: dnevnik prehrane, san, tjelesna aktivnost-trening i urin.

1

#### DNEVNIK PREHRANE

- **DATUM:** Potrebno je upisati datum na odgovarajuće mjesto
- **VRIJEME:** Potrebno je upisati vrijeme konzumiranih namirnica
- **NAMIRNICE:**
  - U ovaj stupac bilježite sve konzumirane namirnice,
  - Preporuka je to bilježiti odmah nakon obroka kako nešto ne bi zaboravili
  - Bilježite svu konzumiranu hranu i napitke
  - Nemojte zaboraviti bilježiti hranu koju konzumirate „s nogu“ (npr. grickalice) te vodu
  - U svakom retku navedite samo jednu namirnicu
  - Navedite detalje o konzumiranoj namirnici (npr. jabuka bez kore)
  - Pored namirnica potrebno je navesti način obrade (npr. pečeni krumpir)
  - Bilježite konzumirane dodatke prehrani s detaljima o dozi i proizvođaču
- **KOLIČINA:**
  - Bilježite konzumiranu količinu
  - Veličine namirnica procijenite putem atlasa namirnica:  
[https://www.capnutra.org/wp-content/uploads/2021/05/Food\\_atlas\\_CAPNUTRA.pdf](https://www.capnutra.org/wp-content/uploads/2021/05/Food_atlas_CAPNUTRA.pdf)
  - Ukoliko vam je nezgodno gledati atlas namirnica, prije i nakon obroka poslikajte što se konzumirali te kasnije uz pomoć atlasa ispunite tablicu

2

#### TJELESNA AKTIVNOSTI - TRENING

- **POČETAK:** U koliko sati ste započeli s treningom
- **TRAJANJE:** Koliko dugo je trening trajao (u minutama/satima)
- **VRTA:** Koji trening ste radili, koja vrsta i intenzitet treninga (npr. trening snage srednjeg intenziteta, lagana šetnja, planinarenje na Sljeme, istezanje)  
!!Tu je potrebno bilježiti sve vrste aktivnosti, ne samo skijaški trening!!

3

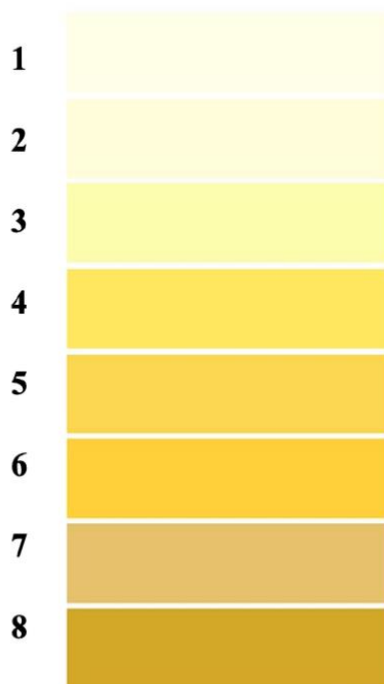
SAN

- BUĐENJE: U koliko sati ste se probudili
- SPAVANJE: Koliko dugo ste spavali (u satima i minutama)
- PROBLEMI: Jeste li imali neke probleme (npr. novi prostor, bolest, cimer hrce)

4

URIN

- BROJ MOKRENJA: Bilježite dnevni broj morenja
- BOJA: Prema ovoj skali procijenite boju svog jutarnjeg urina:



## DNEVNIK PREHRANE

Današnji datum:

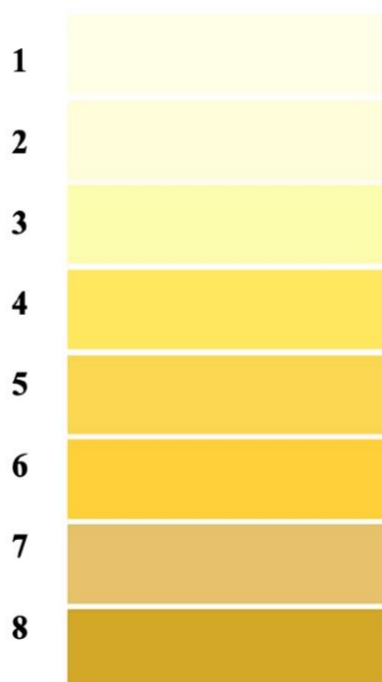
VRIJEME	NAMIRNICE	KOLIČINA

<b>TRENING</b>	Početak:	
	Trajanje:	
	Vrsta:	



<b>SAN</b>	Buđenje:	
	Spavanje:	
	Problemi:	

<b>URIN</b>	Broj mokrenja:	
	Boja:	



PRILOG 3: VAS-F skala za procjenu umora

**Visual Analogue Scale to Evaluate Fatigue Severity (VAS-F)**

ID # \_\_\_\_\_ Date \_\_\_\_\_ Time \_\_\_\_\_ a.m. \_\_\_\_\_ p.m.

We are trying to find out about your level of energy before and after your night of sleep. There are 18 items we would like you to respond to. This should take less than 1 minute of your time. Thank you.

**DIRECTIONS:** You are asked to circle a number on each of the following lines to indicate how you are feeling RIGHT NOW.

For example, suppose you have not eaten since yesterday.  
What number would you circle below?

not at all extremely  
hungry 0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 hungry

You would probably circle a number closer to the "extremely hungry" end of the line.  
This is where I put it:

not at all extremely  
hungry 0 1 2 3 4 5 6 (8) 9 10 hungry

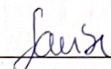
**NOW PLEASE COMPLETE THE FOLLOWING ITEMS:**

1. not at all extremely  
**tired** 0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 **tired**
2. not at all extremely  
**sleepy** 0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 **sleepy**
3. not at all extremely  
**drowsy** 0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 **drowsy**
4. not at all extremely  
**fatigued** 0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 **fatigued**
5. not at all extremely  
**worn out** 0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 **worn out**
6. not at all extremely  
**energetic** 0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 **energetic**
7. not at all extremely  
**active** 0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 **active**
8. not at all extremely  
**vigorous** 0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 **vigorous**

9.	not at all <b>efficient</b>	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	extremely <b>efficient</b>
10.	not at all <b>lively</b>	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	extremely <b>lively</b>
11.	not at all <b>bushed</b>	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	totally <b>bushed</b>
12.	not at all <b>exhausted</b>	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	totally <b>exhausted</b>
13.	<b>keeping my eyes open</b> is no effort at all	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	<b>keeping my eyes open</b> is a tremendous chore
14.	<b>moving my body</b> is no effort at all	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	<b>moving my body</b> is a tremendous chore
15.	<b>concentrating</b> is no effort at all	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	<b>concentrating</b> is a tremendous chore
16.	<b>carrying on a conversation</b> is no effort at all	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	<b>carrying on a conversation</b> is a tremendous chore
17.	I have absolutely <b>no desire to close my eyes</b>	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	I have a tremendous <b>desire to close my eyes</b>
18.	I have absolutely <b>no desire to lie down</b>	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	I have a tremendous <b>desire to lie down</b>

## IZJAVA O IZVORNOSTI

Ja Helena Gaube izjavljujem da je ovaj diplomski rad izvorni rezultat mojeg rada te da se u njegovoj izradi nisam koristio/la drugim izvorima, osim onih koji su u njemu navedeni.



---

Vlastoručni potpis