

# ANALIZA TRENDA RAZVOJA REZULTATA U RONJENJU NA DAH U BAZENSKIM DISCIPLINAMA

---

**Biloš, Tomislav**

**Master's thesis / Diplomski rad**

**2022**

*Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj:* **University of Zagreb, Faculty of Kinesiology / Sveučilište u Zagrebu, Kineziološki fakultet**

*Permanent link / Trajna poveznica:* <https://um.nsk.hr/um:nbn:hr:117:378204>

*Rights / Prava:* [Attribution 4.0 International](#)/[Imenovanje 4.0 međunarodna](#)

*Download date / Datum preuzimanja:* **2024-08-30**



*Repository / Repozitorij:*

[Repository of Faculty of Kinesiology, University of Zagreb - KIFoREP](#)



**SVEUČILIŠTE U ZAGREBU**

**KINEZIOLOŠKI FAKULTET**

(studij za stjecanje akademskog naziva:

magistar kineziologije)

**Tomislav Biloš**

**ANALIZA TRENDNA RAZVOJA REZULTATA U  
RONJENJU NA DAH U BAZENSKIM  
DISCIPLINAMA**

diplomski rad

**Mentor:**

**doc. dr. sc. Dajana Karaula**

Zagreb, srpanj 2022.

Ovim potpisima se potvrđuje da je ovo završena verzija diplomskog rada koja je obranjena pred Povjerenstvom, s unesenim korekcijama koje je Povjerenstvo zahtijevalo na obrani te da je ova tiskana verzija istovjetna elektroničkoj verziji predanoj u Knjižnici.

Mentor:

doc. dr. sc. Dajana Karaula

---

Student:

Tomislav Biloš

---

*Zahvaljujem se mentorici doc. dr. sc. Dajani Karauli na pomoći, podršci te korisnim savjetima pruženim za vrijeme pisanja ovog diplomskog rada.*

*Posebno se zahvaljujem svojoj obitelji koja me podupirala kroz cijeli period studiranja, bez njih to ne bi bilo moguće.*

# ANALIZA TRENDA RAZVOJA REZULTATA U RONJENJU NA DAH U BAZENSKIM DISCIPLINAMA

## Sažetak

Osvrnemo li se na povijest sporta, nema sumnje da su najimpresivnije discipline one koje uključuju probijanje poznatih ljudskih granica. Ronjenje na dah kao sport evoluirao je u tolikoj mjeri da su mnogi profesionalni ronionci uspjeli postići rezultate koji su se prije desetak godina smatrali nemogućim, stoga su nadmašena predviđanja liječnika i stručnjaka u statičnoj apneji, u ronjenju u daljinu te postignute dubine.

Cilj ovog istraživanja je analiza trenda i utvrđivanje krivulje razvoja najboljih rezultata u svijetu profesionalnih ronionca na dah u bazenskim disciplinama u posljednjih 20 godina. Prikupljeni podaci obrađeni su metodom, algoritmom i programom za analizu trenda programskog paketa Statistica 13.0. Korištena je polinomijalna regresijska analiza kojom je obrađen trend razvoja najboljih rezultata u određenoj godini za svaku disciplinu. Za analizirane discipline prikazane su jednodimenzionalne promjene stanja ronionca kroz godine, na kojima je kroz određeni vremenski period registrirana promjena jedne kvantitativne varijable. Varijable korištene u istraživanju su dinamika bez peraja (DNF), dinamika s perajama (DYN) i statika (STA) kod muškaraca. Podaci su prikupljeni sa službenih stranica: Međunarodnih krovnih ronilačkih organizacija - AIDA i CMAS.

Prema podacima dobivenim istraživanjem, može se utvrditi linearan porast rezultata u sve tri discipline (statika, dinamika bez peraja, dinamika s perajama) između 2002. i 2021. godine.

**Ključne riječi:** apneja, trend rezultata, statika, dinamika bez peraja, dinamika s perajama

# **TREND ANALYSIS OF DEVELOPMENT OF RESULTS IN APNEA DIVING IN SWIMMING DISCIPLINES**

## **Abstract**

If we think of the history of sport, there is no doubt that the most surprising and impressive disciplines are those which involve pushing beyond known human limits. The sport of free diving has advanced in leaps and bounds to such an extent that many of its practitioners have been able to achieve results which were considered impossible just ten or so years ago, thus surpassing the predictions of doctors and experts in static apnoea, free diving distance and depth.

The aim of this research is to analyse the trend and determine the curve of development of the best results in the world of professional divers in pool disciplines in the last 20 years. The research was conducted based on statistical data, which were collected from the official websites of international diving organisations - AIDA and CMAS. Data were processed by the method, algorithm and program for trend analysis of Statistica 13.0 Software package. Polynomial regression analysis was used, which deals with the trend of developing the best results in a given year for each discipline. For the analysed disciplines, one-dimensional changes in the state of divers over the years are presented, in which a change in one quantitative variable was registered over a certain period of time. The variables used in the study are dynamic without fins (DNF), dynamics with fins (DYN) and static apnea (STA) in men competition. According to the data obtained from the research, a linear increase in results can be determined in all three disciplines (statics, dynamics without fins, dynamics with fins) between 2002 and 2021.

**Key words: apnea, trend analysis, static apnea, dynamic without fins, dynamic with fins**

## SADRŽAJ

|  |    |
|--|----|
| <b>1. UVOD</b> .....   | 1  |
| <b>1.1. Povijest ronjenja na dah</b> .....                             | 4  |
| <b>1.2. Pojmovno određenje</b> .....                                   | 6  |
| <b>1.3 Bazenske discipline u ronjenju na dah</b> .....                 | 6  |
| <b>1.3.1 Zadržavanje daha u mirovanju (STA – „Static Apnea“)</b> ..... | 8  |
| <b>1.3.2 Dinamika bez peraja (DNF – „Dinamic No Fins“)</b> .....       | 8  |
| <b>1.3.3 Dinamika (DYN – Dinamic With Fins)</b> .....                  | 9  |
| <b>2. CILJEVI ISTRAŽIVANJA I HIPOTEZE</b> .....                        | 11 |
| <b>2.1 Cilj istraživanja</b> .....                                     | 11 |
| <b>2.2 Hipoteze</b> .....  | 11 |
| <b>3. METODE RADA</b> .....  | 11 |
| <b>3.1 Uzorak ispitanika</b> .....                                     | 11 |
| <b>3.2 Uzorak varijabli</b> .....                                      | 11 |
| <b>3.3 Metoda obrade podataka</b> .....                                | 11 |
| <b>4. REZULTATI</b> .....  | 12 |
| <b>4.1. Statika (STA)</b> .....  | 12 |
| <b>4.2. Dinamika (DYN)</b> .....                                       | 14 |
| <b>4.3. Dinamika bez peraja (DNF)</b> .....                            | 16 |
| <b>5. RASPRAVA</b> .....   | 18 |
| <b>6. ZAKLJUČAK</b> .....  | 20 |
| <b>7. LITERATURA</b> .....   | 21 |
| <b>PRILOZI</b> .....   | 24 |

## 1. UVOD

Još od kada je organizirano prvo natjecanje u ronjenju na dah, postojala je debata o tome kada će biti dostignute krajnje granice u tom mističnom sportu, te koji će faktori biti ključni za određivanje tih granica. Do danas su ronionci na dah uvelike nadmašili sva predviđanja liječnika i stručnjaka u statičnoj apneji, u ronjenju u daljinu te postignute dubine. Zajednički faktor u svim natjecateljskim disciplinama je trajanje apneje, koje može biti produljeno bilo kojim načinom koji povećava totalni kapacitet skladištenja plinova, povećavanje tolerancije na asfiksiju (gušenje) ili usporavanje metabolizma (Schagatay, 2009). Ovi glavni čimbenici mogu biti podijeljeni na nekoliko fizioloških i psihofizioloških faktora. Kao i u drugim sportovima, glavni cilj u natjecateljskom ronjenju na dah je povećanje rezultata iznad znanih limita. Dok početnik može poboljšati svoje rezultate dovodeći se bliže svojim osobnim granicama, vrhunski ronionci na dah mogu produljiti vrijeme u apneji samo pomičući svoje osobne granice treningom. Da bi se to postiglo, od esencijalne je važnosti identificirati faktore predviđanja rezultata te koji od tih faktora mogu biti poboljšani treningom. Dogodio se veliki napredak u svim ronilačkim disciplinama posljednjih godina, a u statičnoj apneji je po prvi puta probijena desetominutna barijera, dok prosječna osoba može zadržati dah oko 30 sekundi (LeRoy, 2017). Unatoč tome, trenutne metode treninga i strategije sugeriraju da se trajanje apneje može još produžiti, dok sami ronionci na dah predviđaju da će krajnja granica biti 15 minuta, što se čini fiziološki moguće, zbog unaprjeđivanja i korištenja tehnika za daljnje usporavanje metabolizma (Schagatay, 2009).

Tijekom prošlog desetljeća dubinska, daljinska te disciplina statične apneje napredovale su nevjerojatnom brzinom. Rezultati u natjecateljskom ronjenju na dah definirani su trajanjem, daljinom i dubinom zarona, a uključuju discipline u kojima se koriste ili ne koriste peraje. Glavni je cilj ostvariti maksimalnu izvedbu u jednom zaronu (Zoretić i Grčić-Zubčević, 2015).

Rekordi su postavljeni na gotovo svakom natjecanju te i dalje nema naznaka usporavanju ovog trenda. Muški svjetski rekord u ronjenju u dubinu (CWT) iznosi -130 m, rekord u ronjenju u daljinu s perajama (DYN) 300 m te za zadržavanje daha u mirovanju (STA) 11:35 min. Ženski svjetski rekordi -114 m (CWT), 275 m (DYN) te 9:02 min (STA), 201 m (DNF) što su ekvivalenti muških svjetskih rekorda postavljenih prije samo par godina te se razvijaju jednako brzo kao i kod muškaraca. Dio objašnjenja ovog fenomena je taj što se povećava broj natjecatelja te je sve veći broj relevantnih znanstvenih istraživanja na najboljim svjetskim ronioncima na dah. Osim toga, posljednjih desetljeća znatno su napredovale tehnike i strategije zarona. Nedvojbeno važan aspekt razvoja i širenja učinkovitih metoda treninga predstavlja



pojava sistematičnog treninga u sportu ronjenja na dah. Kompleksnost ronjenja na dah se posebno očituje u potrebi vrlo dobre međusobne usklađenosti u brojnim dimenzijama, poput sposobnosti i osobina s trenutnim mentalnim stanjem natjecatelja (Drviš, 2011). Uspjeh ronioaca na dah određuje sinergija tehnike, razine treniranosti na hipoksična i hiperkapnijska stanja, energetske kapaciteta i motoričkih znanja (Drviš, 2012). Dosadašnja istraživanja u kojima se uspoređivalo ronioce na dah s osobama koje se ne bave sportom, pokazala su razlike u psihološkim faktorima koji daju zapanjujuće rezultate. Rezultati ukazuju na to da su ronionci na dah ostvarili niže rezultate u stanju tjeskobe i simptomima stresa, u usporedbi s osobama koje se ne bave sportom. Niže dobiveni rezultati upućuju na to da su ronionci na dah pojedinci koji imaju manje simptoma stresa i tjeskobe (Alkan i Akis, 2013). Glavna karakteristika ronjenja na dah, koja ga razlikuje od drugih sportova, je da je u ronjenju na dah uspjeh i sama izvedba ronioaca ispod vode povezana s njihovim psihološkim i fiziološkim granicama (Alkan i Akis, 2013).

Na olimpijskim igrama koje su se održale u Parizu 1900. godine, održano je natjecanje u „podvodnom plivanju“, drugim riječima, tehnika ronjenja na dah tada je bila sastavni dio te kategorije. Osim pariških olimpijskih igara održanih 1900., niti jedne olimpijske igre nisu uključivale podvodne sportove. Natjecanje se bodovalo na način da bi natjecatelji dobili po jedan bod za svaku sekundu provedenu pod vodom te dva boda za svaki preplivani metar ([www.deeperblue.com](http://www.deeperblue.com), 2022). Pobjedu je odnio Francuz Charles Devendeville, drugo mjesto njegov sunarodnjak André Six te treće mjesto Danac Peder Lykkeberg, koji unatoč tome što je bio favorit, nije mogao zadržati pravocrtno kretanje pod vodom, stoga je završio s broncom. Danac Lykkeberg je držao svjetski rekord na CMAS i AIDA natjecanju bez peraja. Njegov najbolji rezultat bio je 80 metara ([www.deeperblue.com](http://www.deeperblue.com), 2022).

Postavlja se pitanje - koje metode i strategije možemo koristiti za daljnji napredak rezultata? U ovom će se radu istražiti i analizirati trend te utvrditi krivulja razvoja najboljih rezultata u svijetu kod ronioaca na dah u bazenskim disciplinama u zadnjih devetnaest godina.

Ronjenje na dah jedna je od najstarijih tehnika ronjenja koja se javlja još u antičkim vremenima kada su ljudi iz potrebe za preživljavanjem tražili hranu pod vodom. Njihovo ronjenje sačinjavalo je skupljanje morske hrane, kao što su školjke, kamenice i druge jestive životinje. Za lov riba koristili su koplje i razna druga sredstva pomoću kojih su lovili. Uz lov oni su još skupljali alge i morske trave koje su poslije obrađivali u samu hranu (Schagatay, 2011). Ronjenje na dah aktivnost je koja zahtijeva zadržavanje daha ispod površine vode što je dulje moguće.

Međunarodna organizacija za podvodne aktivnosti u sportu i znanosti, te rekreativno osposobljavanje i certificiranje ronilaca (fr. CMAS - Confédération Mondiale des Activités Subaquatiques) definira pojam apneje kao suspenziju disanja. U vodenim sportovima taj se termin referira na dobrovoljno zadržavanje daha s licem koje se nalazi ispod površine vode. U domeni podvodnih sportova taj pojam povezuje se sa svim vodenim aktivnostima, uključujući zadržavanje daha ([www.cmas.org](http://www.cmas.org), 2021). Svjetsko tijelo za vođenje pravila i evidencija za natjecateljska natjecanja koja zadržavaju dah (fr. AIDA - Association Internationale pour le Développement de l'Apnée) objašnjava ronjenje na dah na sljedeći način: „svatko tko je držao dah pod vodom je ronio na dah. Unatoč tome, ronjenje na dah nije samo istraživanje koliko se može držati dah pod vodom ili koliko duboko možete zaroniti u jednom dahu, nego morate usvojiti određeni stav i obratiti pozornost na ograničenja vlastitog tijela i uma“ ([www.aidainternational.org/Freediving](http://www.aidainternational.org/Freediving), 2021).

Ronjenje na dah kao sport, odnosno natjecateljska disciplina, javlja se 1949. godine kada je Raimondo Bucher, za okladu zaronio u dubinu od 30 metara na otoku Capri (Skolnick, 2016). Danas ronjenje na dah može biti rekreativne ili natjecateljske prirode. Rekreativno ronjenje na dah sve je popularnije i postoji sve veći broj učesnika koji pohađaju razne tečajeve ronjenja na dah. Nakon dobivenih uputa, instrukcija i provedenih treninga većina zdravih polaznika može zadržati dah 3 do 4 minute, preplivati 50 metara ispod vode i zaroniti minimalno 20 metara, češće i 30 metara (Schagatay 2011). Naravno, uvijek treba napomenuti da se takav tip ronjenja na dah ne bi trebao provoditi samostalno bez potrebnog znanja i sigurnosnih protokola. Veliku ulogu u stvaranju sigurnog okruženja za ronjenje na dah ima osoba koja roni s nama. Za vrijeme nadgledanja slobodnog ronioca trebaju se pomno pratiti svi aspekti urona, njegovo ponašanje prije urona, za vrijeme urona i za vrijeme izranjanja. Osnovno pravilo ronjenja na dah: „NIKAD NE RONITI SAM“ (Hodgins, Krack i Romanica, 2001).

Pronzato, Ledda i Manconi (2012) dolaze do zaključka da ronjenje na dah zahtijeva poznavanje određenih fizičkih i fizioloških svojstava te odličnu tjelesnu kondiciju i spremnost, kako ne bi došlo do negativnih posljedica na ljudsko zdravlje. Od davnina se vode rasprave o tome kolike dubine u ronjenju na dah čovjek može postići. Jedna od osoba koja je prkosila svim tim uvjerenjima je bio Haggi Satti. On je bio ronilac spužvi koji je zaronio -77 metara kako bi talijanskoj mornarici pomogao izvući sidro. Sattiju je plosnati kamen koji je težio 15 kilograma služio kao uteg, a potom je zavezao užu za sidro koje su potom uspjeli izvući.

Kroz povijest se vodilo puno debata o važnosti fitnesa i tjelesne pripreme u ronjenju:

„Čini se da je najrazumniji pristup odrediti tip ronjenja te prema njemu prilagoditi tjelesnu pripremu. Prosječan ronilac trebao bi težiti za dobrim kardiovaskularnim pripremanjima i aerobnim aktivnostima najmanje tri dana u tjednu po minimalno 30 minuta. Osim toga, dobra tjelesna kondicija može pomoći ronioncu općenito i bolje ga pripremiti za izazove ronjenja“ (Jablonski, 2000:121). Dujić i suradnici (2013:303) navode kako: „uspjeh u ronjenju na dah ovisi o tome koliko dobro ronilac podnosi fiziološki i psihološki stres povezan s dubinom i trajanjem urona“.

Čovjek ima sposobnost prilagodbe uvjetima ronjenja pod vodom, zahvaljujući naslijeđenom refleksu sisavaca. Upravo ti načini adaptacije omogućavaju ljudskom tijelu da se prilagodi dubinama te izdrži bez daha više nego što bi bilo moguće bez tog refleksa. Iako čovjek kontinuirano nadmašuje nekadašnje teorije o mogućnosti držanja daha pod vodom, prakticiranje maksimalne apneje može dovesti do brojnih zdravstvenih poteškoća te dugotrajnih oštećenja organa. No dugotrajni rizici ekstremnog ronjenja u apneji još nisu dovoljno istraženi. Izloženost ekstremnim dubinama i dugotrajnoj apneji može izazvati opasne posljedice i akutne zdravstvene probleme poput „kolapsa pluća, barotraume uzrokovane promjenom tlaka tijekom uranjanja i izranjanja, plućni edem i alveolarno krvarenje, srčani zastoj, nesvjestice, dušičnu narkozu, dekompresijsku bolest pa čak i smrt“ (Dujić i suradnici, 2013:302).

Novija istraživanja i studije izučavaju mehanizme prilagodbe koji čovjeku omogućavaju ronjenje u ekstremne dubine veće od 100 m bez ikakve opreme za disanje. „Ti mehanizmi prilagodbe uključuju perifernu vazokonstrikciju, bradikardiju sa smanjenim minutnim volumenom, reaktivnu hipertenziju i prigušeni odgovor na hiperkapniju“ (Scherhag i sur., 2005).

Ronjenje na dah sastoji se od bazenskih i dubinskih disciplina. Bazenske discipline sadrže sljedeće natjecateljske discipline: statika, dinamika bez peraja, dinamika s perajama, te najnovija disciplina dinamika sa stereo perajama. Dubinske natjecateljske discipline čine ronjenje s konstantnim opterećenjem - CNF (*Constant Weight No Fins*); slobodno poniranje - *Free Immersion*; dinamika na dubini od 10 metara - *Jump Blue*; disciplina bez ograničenja - *No Limit* te ronjenje s promjenjivim opterećenjem VWT – *Variable Weight*.

### **1.1. Povijest ronjenja na dah**

Ronjenje na dah dolazi od grčke riječi *a-pnoia* što znači „nedisanje“. Ukoliko bi gledali doslovno značenje, riječ apneja nema doticaja ni s čim vodenim, međutim, u današnjoj terminologiji odnosi se na sport ronjenja na dah (Pelizzari i Tovaglieri, 2004).

Ronjenje na dah nastaje iz potrebe za preživljavanjem kada su ljudi koji su naselili obale mora i jezera prikupljali hranu. Najstariji povijesni dokazi pronađeni su na obali Baltičkog mora, gdje se prije sedam do deset tisuća godina naselila civilizacija Kojkken - modinger. Dansko ime Kojkken – modinger dobili su po fosiliziranim ostatcima školjki koje su pronađene u blizini naselja. To je bio dokaz da je ta civilizacija imala znanja i vještine kako bi s dna mora skupljala školjke.

Kada pričamo o povijesti, treba spomenuti i civilizaciju Mezopotamije, koja je smještena između Eufrata i Tigrisa te šestu dinastiju Egipta gdje su pronađeni brojni ostatci ukrasnih predmeta napravljenih od bisera. Za njihovo skupljanje trebali su zaroniti na dno mora (Pelizzari i Tovaglieri, 2004). Puno je zanimljivih načina na koje su ljudi koristili ronjenje na dah. Primjerice u antičkoj Grčkoj su postojali ronionci spužvi; Rimljani su koristili ronjenje na dah kako bi uništili podvodne barikade i sl. *Ama* ronionci, što u prijevodu znači „morska žena“, predstavljaju kulturu japanskih i kineskih žena koje već 2 000 godina rone kamenice i bisere (Skolnick, 2016).

Još jedna u nizu godina koje su obilježile povijest ronjenja na dah je 1913. Ronilac spužvi pod imenom Haggi Satti, dobio je zadatak od talijanske mornarice da izroni sidro broda što je i učinio. Za uzvrat je tražio malu novčanu naknadu te je zaronio na dubinu od -75 metara i zavezao uže za sidro. Prema Skolnick (2016), taj uron se smatra značajnim jer se kosio sa svim tadašnjim uvjerenjima o tome kolike dubine čovjek može postići. Tim zaronom Haggi Satti postaje legenda ronjenja na dah.

Ronjenje na dah postaje natjecateljska disciplina 1949. godine kada je talijanski vođa zračne jedinice, Raimondo Bucher, zbog oklade od pedeset tisuća lira zaronio trideset metara. Za vrijeme ronjenja koristio je utege koji su mu pomogli dostići željenu dubinu gdje ga je čekao ronilac kojem je uručio paket (Skolnick, 2016).

Njegov uspješni uron započeo je novo poglavlje u ronjenju na dah te je pokrenuo novu eru postavljanja rekorda. Bucherov primjer pratili su talijani Alberto Novelli i Ennio Falco, te Americo Santareli nedugo nakon njih (Lahtinen i sur., 2015).

Enzio Maiorca je talijan koji je prvi zaronio dublje od -50 m. Njegov rekord je bio jako važan među ronioncima na dah jer su svi smatrali da je fiziološki nemoguće dostići takvu dubinu. Počeci medicinskih istraživanja 20. stoljeća u ovom području temelje se uglavnom na Boyle-Marriottovom zakonu, prema kojem: „teoretska granica maksimalne dubine je ograničena fiziološkim parametrima, odnosno omjerom ukupnog plućnog kapaciteta (engl. total lung capacity, TLC) i rezidualnog volumena (RV) te doseže četrdesetak metara dubine. Pri dubljem zaronu bi prema tome intratorakalni tlak postao manji od okolnog tlaka, što bi moglo dovesti

do plućnog edema, krvarenja te alveolarnog kolapsa, odnosno do gnječenja prsnog koša“ (Bennett, Elliott, Brubakk, 2007, cit. prema Dragun, 2021:4). Enzo Maiorca ih je uvjerio u suprotno.

## 1.2. Pojmovno određenje

Ronjenje na dah ili ronjenje u apneji može se definirati kao „svaki boravak čovjeka pod vodom bez osiguranja fizioloških uvjeta disanja. Počinje kada ronilac zaroni i prestaje slobodno disati vanjski i atmosferski zrak, a prestaje kada ga nakon izronjavanja počne ponovno udisati“ (Ergović i Ergović, 2005, cit. prema Bakša, 2015:7).

Herbert Nitsch ([www.herbertnitsch.com](http://www.herbertnitsch.com), 2010) opisuje ronjenje na dah kao „ronjenje što je dublje ili što je dalje moguće sa jednim udahom zraka“. Ronjenje na dah aktivnost je koja zahtijeva zadržavanje daha ispod površine vode što je dulje moguće.

Međunarodna organizacija za podvodne aktivnosti u sportu i znanosti, te rekreativno osposobljavanje i certificiranje ronilaca (fr. CMAS - Confédération Mondiale des Activités Subaquatiques) definira pojam apneje kao suspenziju disanja. U vodenim sportovima taj se termin referira na dobrovoljno zadržavanje daha s licem koje se nalazi ispod površine vode. U domeni podvodnih sportova taj pojam povezuje se sa svim vodenim aktivnostima, uključujući zadržavanje daha ([www.cmas.org](http://www.cmas.org), 2021). Svjetsko tijelo za vođenje pravila i evidencija za natjecateljska natjecanja koja zadržavaju dah (fr. AIDA - Association Internationale pour le Développement de l'Apnée) objašnjava ronjenje na dah na sljedeći način: „svatko tko je držao dah pod vodom je ronio na dah. Unatoč tome, ronjenje na dah nije samo istraživanje koliko se može držati dah pod vodom ili koliko duboko možete zaroniti u jednom dahu, nego morate usvojiti određeni stav i obratiti pozornost na ograničenja vlastitog tijela i uma“ ([www.aidainternational.org](http://www.aidainternational.org), 2021).

## 1.3 Bazenske discipline u ronjenju na dah

CMAS (Confédération Mondiale des Activités Subaquatiques) i AIDA (Association Internationale pour le Développement de l'Apnée) dvije su svjetske priznate organizacije pod čijim se okriljem održavaju međunarodna natjecanja u ronjenju na dah. AIDA je internacionalna organizacija ronioca na dah, utemeljena 1992. godine kada se povećao interes ronioca koji su htjeli biti prepoznati, upoznati se međusobno te podijeliti znanje i iskustvo koje su stekli. Tada je nastalo snažno vijeće koje je odlučilo donijeti upute i postaviti pravila za buduća natjecanja ([www.aidainternational.org](http://www.aidainternational.org), 2022). CMAS je osnovan 1958. godine, a osnovali su ga delegati iz Federalne Republike Njemačke, Belgije, Brazila, Francuske, Grčke,

Italije, Monaka, Portugala, Švicarske, SAD-a i Jugoslavije. Delegati su se sastali u Brüsselu kako bi održali kongres neovisne internacionalne Konfederacije koja okuplja sve podvodne discipline. Između 9. i 11. siječnja 1959. godine, donesena je odluka o osnivanju "World Confederation of Underwater Activities" ili skraćeno "C.M.A.S" ( [www.cmas.org](http://www.cmas.org), 2022). Svaka od ovih organizacija ima svoja pravila, koja su vrlo slična, a razlikuju se po niže navedenim karakteristikama.

*Tablica 1. Usporedba pojedinih pravila CMAS I AIDA organizacija. Modificirano prema U.S. Freediving Federation, INC ([www.usfreedivingfederation.org](http://www.usfreedivingfederation.org))*

| <b>PRAVILO</b>               | <b>AIDA</b>  | <b>CMAS</b>                                   |
|------------------------------|--|---|
| Start: Zagrijavanje u bazenu | Dopušteno 45 minuta prije  | Dopušteno 30 minuta prije                     |
| Start: Odbrojavanje          | 2 min/1 min i 30 s/1 min/30s/20s/10s/5,4,3,2,1   | Isto ali s 3-minutnim podsjetnikom            |
| Kraj: Odraz                  | Nije dopušteno odgurivanje od dna  | Dopušteno odgurivanje od dna                  |
| Kraj zarona: Signalizacija   | Redoslijedom; 1) uklanjanje opreme s lica, 2) signalizacija "OK", 3) izgovaranje "Ja sam OK" | U 30 s dotaknuti žuti krug I reći "Ja sam OK" |
| Kraj zarona: Trener          | Dopuštena verbalna asistencija   | Nije dopuštena verbalna asistencija           |
| Kraj zarona: Dodir           | Nije dopušten dodir  | U slučaju dodira, sudac odlučuje              |
| Statika: vrijeme/signal      | Ne upozorava se na vrijeme tijekom apneje  | Odbrojavanje: -1 min, -30 sec, -15 sec...     |

Prema navedenom prikazu, neke od razlika su da prema AIDA pravilima trener smije verbalno asistirati natjecatelju, dok u CMAS-u ne smije. U disciplini dinamike bez peraja prema AIDA pravilima se ne smije izvesti podvodni dupin, dok je prema CMAS-u to u redu s 3 metra od okreta. U disciplini statika, nema signaliziranja vremena provedenog pod vodom, dok se u CMAS-u odvija određena signalizacija. Prema AIDA pravilima se ne smiju odgurnuti od dna, dok je prema CMAS-u pravilo drugačije – natjecatelji se smiju odgurnuti od poda i slično.

Ronjenje na dah može biti rekreacijsko i natjecateljsko. Natjecateljsko ronjenje podrazumijeva stručnu fizičku i psihičku pripremu za razliku od rekreacijskog ronjenja. Natjecateljske discipline u ronjenju na dah dijele se na bazenske i dubinske. U bazenske discipline spadaju Statika (STA – Static Apnea), dinamika bez peraja (DNF – Dinamic No Fins), dinamika s perajama DYN (Dinamic With Fins) i dinamika sa stereo perajama. U dubinske natjecateljske discipline spadaju ronjenje sa konstantnim opterećenjem (CWT – Constant Weight), CNF (Constant Weight No Fins), slobodno poniranje (FIM – Free

Immersion), dinamika na dubini od 10 metara (Jump Blue), disciplina bez ograničenja (No Limit) i ronjenje s promjenjivim opterećenjem (VWT – Variable Weight).

### **1.3.1 Zadržavanje daha u mirovanju (STA – „Static Apnea“)**

Većina natjecanja u statici održava se u bazenima, međutim postoji mogućnost da se organiziraju i na otvorenim vodama. Statika je natjecanje u kojem natjecatelj pokušava držati dah minimalno onoliko koliko je dogovoreno prije, a ako je moguće i preko toga vremena ([www.cmas.org](http://www.cmas.org)). Izvodi se na način da ronilac pluta na površini vode ili stoji na dnu bazena te mu svi dišni organi moraju biti uronjeni u vodu. U tom položaju ronilac izvodi maksimalno zadržavanje daha. Učinkovito trajanje držanja daha je preduvjet za dobru izvedbu u svim disciplinama ronjenja na dah, a do najvećeg izražaja dolazi u statici gdje fizička aktivnost i dubina ne utječu na rezultate. Iz toga možemo zaključiti da je glavni čimbenik koji utječe na trajanje - sposobnost ograničavanja metabolizma ispod uobičajenih razina u mirovanju. Tri faktora koja određuju granice zadržavanja daha su ukupni kapacitet kisika kojeg zadržavamo u plućima, krvi i tkivu, tolerancija na asfiksiju i metabolizam (Schagatay, 2010).

Trenutačni rekord u statici drži Branko Petrović s 10 min i 45s, ostvaren 2017. godine, dok je Natalia Molchanova postavila ženski rekord 2013. godine s 9 min i 2 s. Najbolji hrvatski rekord drži Mihaela Romić s 6 min i 12 s, dok je u muškoj konkurenciji rekord postavio Goran Čolak 2018. godine s rezultatom 11 min i 6s.

### **1.3.2 Dinamika bez peraja (DNF – „Dynaminc No Fins“)**

Dinamika bez peraja zahtjeva da ronilac roni što je dalje moguće ispod površine vode. Natjecanja te pokušaji obaranja rekorda se najčešće održavaju u bazenu te pravila od natjecatelja zahtijevaju da koristi samo propulziju koju je stvorio rukama i nogama. Dinamika bez peraja je tehnička disciplina jer rezultat koji će postići ovisi o tome koliko je učinkovito njihovo kretanje kroz vodu kao i količina zraka koju su udahnuili. Kod okreta dozvoljena su odguravanja od ruba pa se zbog toga se daje prednost 25 metara u bazenima ([www.freediveearth.com](http://www.freediveearth.com)).



Slika 1. Kuffer, J-M. (2009). *Ronjenje na dah: Dinamika bez peraja [Slika]*. Flickr.

<https://www.flickr.com/photos/jayhem/3600586774>

Rekorde u ovoj disciplini trenutno drže Mateusz Malina (POL) s 244 m iz 2016. godine u muškoj konkurenciji, dok je u ženskoj konkurenciji rekord postavila Julia Kozerska (POL) s preronjenih 209 metara na svjetskom prvenstvu 2022. godine.

Hrvatski rekord u ženskoj konkurenciji je postavila Mirela Kardašević s preronjenim 201 metrom dok u muškoj konkurenciji rekord drži Vitomir Maričić s 240 metara.

### 1.3.3 Dinamika (DYN – „Dynamic With Fins“)

Cilj u ovoj disciplini je da ronilac horizontalno roni što je dalje moguće ispod površine vode uz pomoć peraja. Obaranje rekorda te sama natjecanja se najčešće održavaju u bazenu i ronioncu je dozvoljena upotreba peraja. Većina vrhunskih ronilaca danas koristi mono peraju za ostvarivanje uspjeha, dok se stereo peraje koriste za vrijeme treninga i pripremanja za natjecanje. Odguravanja od ruba u ovoj disciplini su dozvoljena, ali ih je teže izvesti zbog peraja koje nose. Zbog toga se preferira nešto dulji bazen najčešće od 50 metara ([www.freedive-earth.com](http://www.freedive-earth.com)).

Rekord postavljen u ovoj disciplini iznosi 277 metara u ženskoj konkurenciji, a rekord je postavila Magdalena Solich-Talanda (POL) a muškoj konkurenciji Guillaume Bourdila (FRA) s rezultatom od 301 metar. Hrvatski rekord u muškoj konkurenciji ostvario je Goran Čolak s 281 metara.

Dinamika s perajama disciplina je koja omogućava korištenje peraja (mono peraja ili stereo peraje) prilikom ronjenja, kako bi se postigao maksimalan rezultat u daljini ronjenja. Od početka discipline korišten je i jedan i drugi tip peraja, dok su istraživanja (Schatagay, 2010)



pokazala kako upotreba mono peraje doprinosi boljoj „radnoj ekonomiji“, a modifikacija veličine i fleksibilnosti oštrice omogućuju prilagodbu, odnosno biomehanički učinkovitije zamahivanje i bolji otpor, stoga ih elitni ronionci više preferiraju u posljednje vrijeme u odnosu na stereo peraje. Prednost stereo peraja je ta da omogućava vrlo sporo kretanje, stoga ih više preferiraju ronionci s dobrim vremenom u statici. Prilikom korištenja stereo peraja, ronilac treba biti vrlo discipliniran zbog aerodinamike jer će „ubrzanje tijekom ronjenja uzrokovati veći otpor i time puno brže sagorijevati rezerve kisika“ ([www.oceanhunter.co.nz](http://www.oceanhunter.co.nz), 2022).

Mirela Kardašević postavila je nove svjetske rekorde u ženskoj konkurenciji osvojivši dvije zlatne medalje u disciplini dinamika s perajama, te postigla rezultat od 250 m u dinamici sa stereo perajom (DYNB – eng. Dynamic Bi-fins) te čak 275 m koristeći mono peraju ([www.sport.hrt.hr](http://www.sport.hrt.hr), 2022).

## **2. CILJEVI ISTRAŽIVANJA I HIPOTEZE**

### **2.1 Cilj istraživanja**

Cilj ovog istraživanja je analiza trenda i utvrđivanje krivulje razvoja najboljih rezultata u svijetu profesionalnih ronilaca na dah u bazenskim disciplinama u posljednjih 20 godina.

### **2.2 Hipoteze**

H<sub>01</sub> – nije došlo do statistički značajne progresije u statičkoj apneji

H<sub>02</sub> - nije došlo do statistički značajne progresije u dinamici bez peraja

H<sub>03</sub> - nije došlo do statistički značajne progresije u dinamici s perajama

H<sub>1</sub> – tijekom dvadeset analiziranih godina rezultati su se progresivno poboljšavali

## **3. METODE RADA**

### **3.1 Uzorak ispitanika**

Uzorak ispitanika u ovom radu čine tri najbolja svjetska rezultata ronilaca na dah u bazenskim disciplinama (STA, DNF, DNY) od 2002. do 2021. godine.

### **3.2 Uzorak varijabli**

Varijable korištene u istraživanju su dinamika bez peraja (DNF), dinamika s perajama (DYN) i statika (STA) kod muškaraca. Podaci su prikupljeni sa službenih stranica: Međunarodnih krovnih ronilačkih organizacija - AIDA i CMAS.

### **3.3 Metoda obrade podataka**

Prikupljeni podaci obrađeni su metodom, algoritmom i programom za analizu trenda programskog paketa Statistica 14.0. Korištena je polinomijalna regresijska analiza kojom je obrađen trend razvoja najboljih rezultata u određenoj godini za svaku disciplinu. Za analizirane discipline prikazane su jednodimenzionalne promjene stanja ronilaca kroz godine, na kojima je kroz neki vremenski period registrirana promjena jedne kvantitativne varijable.

## 4.REZULTATI

### 4.1. Statika (STA)

Tablica 2. Popis tri najbolja rezultata izraženih u minutama u disciplini „statika“ po godinama i njihova deskriptivna statistika od 2002. - 2021. godine

|         | 2002  | 2003  | 2004  | 2005  | 2006  | 2007  | 2008  | 2009  | 2010  | 2011  |
|---------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| 1.      | 5:31  | 6:31  | 8:58  | 7:34  | 8:33  | 8:40  | 8:17  | 9:03  | 8:42  | 10:23 |
| 2.      | 5:12  | 6:04  | 8:56  | 7:13  | 7:27  | 7:21  | 8:05  | 8:09  | 8:35  | 8:35  |
| 3.      | 5:03  | 5:35  | 8:07  | 6:56  | 7:18  | 7:16  | 7:57  | 8:02  | 8:15  | 8:18  |
| A.S.    | 5:15  | 6:03  | 8:40  | 7:14  | 7:46  | 7:45  | 8:06  | 8:24  | 8:30  | 9:05  |
| ST.DEV. | 14,30 | 28,00 | 28,89 | 19,04 | 40,95 | 47,12 | 10,07 | 33,38 | 14,01 | 67,80 |
|         | 2012  | 2013  | 2014  | 2015  | 2016  | 2017  | 2018  | 2019  | 2020  | 2021  |
| 1.      | 10:05 | 9:19  | 10:32 | 8:21  | 9:14  | 10:45 | 9:42  | 9:35  | 9:02  | 8:52  |
| 2.      | 9:21  | 8:44  | 9:04  | 8:08  | 9:05  | 9:58  | 9:26  | 9:16  | 8:51  | 9:28  |
| 3.      | 8:38  | 8:06  | 9:04  | 8:33  | 8:57  | 9:36  | 9:05  | 9:12  | 8:50  | 8:53  |
| A.S.    | 9:21  | 8:43  | 9:33  | 8:20  | 9:05  | 10:06 | 9:24  | 9:21  | 8:54  | 9:04  |
| ST.DEV. | 43,50 | 36,51 | 50,81 | 12,50 | 8,51  | 35,25 | 18,56 | 12,29 | 6,66  | 20,50 |

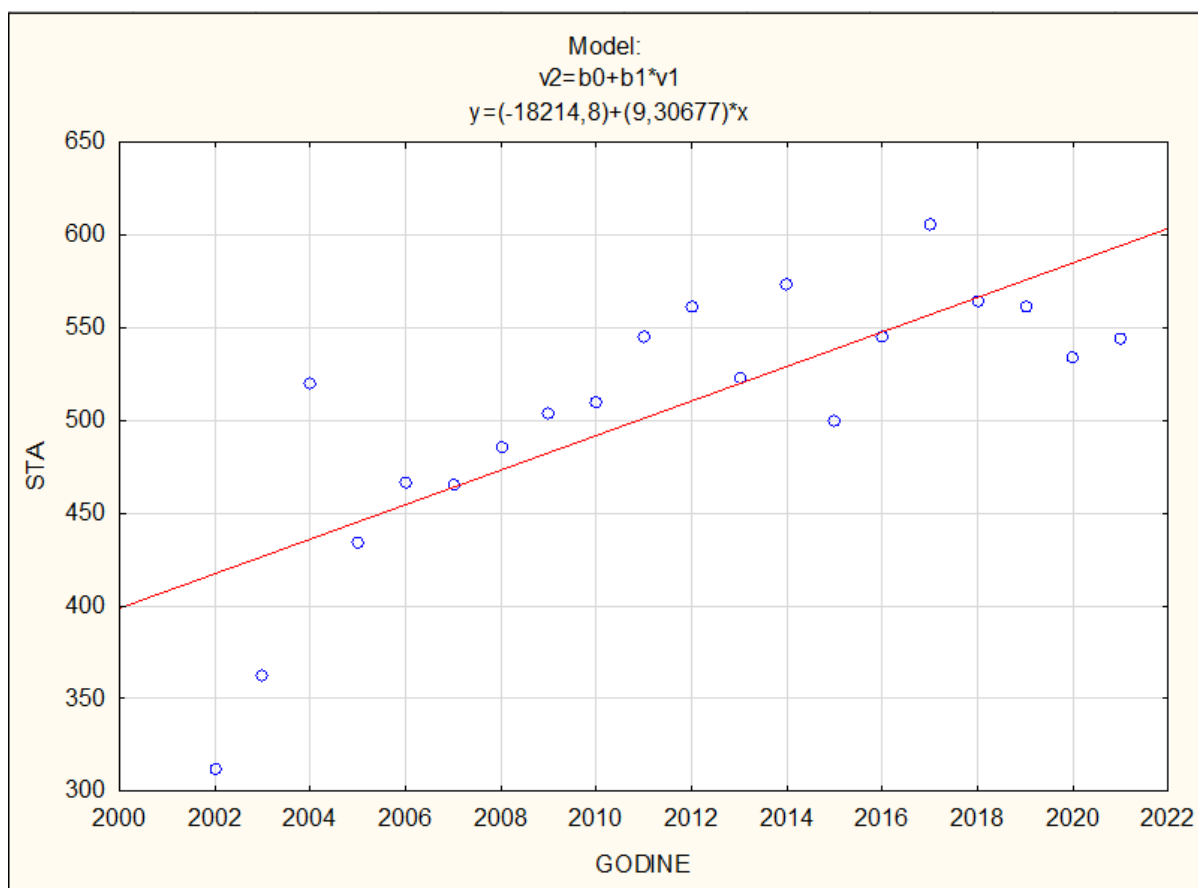
Legenda: A.S. - aritmetička sredina, ST. DEV. - standardna devijacija

U Tablici 2. prikazana su tri najbolja rezultata u ronjenju na dah u disciplini „statika“ u razdoblju od 2002. godine do 2021. godine, kao i deskriptivna statistika za prikazane rezultate. Prema navedenim podacima, najbolji uspjeh u disciplini statika ostvario je Branko Petrović 2017. godine s rezultatom 10 min i 45 s na natjecanju u organizaciji CMAS-a, održanom u Srbiji, mjestu Subotica.

Tablica 3. Statistička obrada najboljih rezultata u disciplini "statika" u periodu od 2002. do 2021. godine

| STA     | Multiple R | R <sup>2</sup> | b  |          | P        |
|---------|------------|----------------|----|----------|----------|
| Polinom |            |                | b0 | -18214,8 | 0,000090 |
| Godine  | 0,77193206 | 0,5958791      | b1 | 9,3      | 0,000067 |

Legenda: Multiple R - koeficijent korelacije, R<sup>2</sup> - koeficijent determinacije, b - regresijski koeficijent, p - statistička značajnost



Slika 2. Prikaz aproksimacije najboljih rezultata u disciplini "statika" u periodu od 2002. do 2021. godine po jednadžbi polinomijalne regresijske analize prvog stupnja

Slika 2. donosi prikaz najboljih rezultata u vremenskom periodu od 2002. do 2021. godine u disciplini „statika“. Analizom rezultata, vidljiv razmjerni rast u periodu od 2005. do 2017. godine, s povremenim intervalima opadanja (2013, 2015), dok je najbolji rezultat postignut 2017. godine te je u godinama nakon istog zabilježen ponovni pad u odnosu na 2017. godinu. Koeficijent determinacije u Tablici 3. pokazuje vezu umjerene pozitivne korelacije rezultata, dok je analizom utvrđena statistička značajnost kao posljedica stalne promjene rezultata.

## 4.2. Dinamika (DYN)

Tablica 4. Popis tri najbolja rezultata izraženih u metrima u disciplini "dinamika s perajama" po godinama i njihova deskriptivna statistika

|         | 2002  | 2003  | 2004  | 2005  | 2006  | 2007  | 2008  | 2009  | 2010  |
|---------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| 1.      | 109   | 153   | 163   | 156   | 207   | 244   | 250   | 233   | 265   |
| 2.      | 109   | 122   | 157   | 142   | 162   | 234   | 222   | 226   | 257   |
| 3.      | 106   | 122   | 157   | 140   | 162   | 226   | 215   | 207   | 244   |
| A.S.    | 108,0 | 132,3 | 159,0 | 146,0 | 177,0 | 234,7 | 229,0 | 222,0 | 255,3 |
| ST.DEV. | 1,73  | 17,90 | 3,46  | 8,72  | 25,98 | 9,02  | 18,52 | 13,45 | 10,60 |
|         | 2011  | 2012  | 2013  | 2014  | 2015  | 2016  | 2017  | 2018  | 2019  |
| 1.      | 273   | 249   | 232   | 288   | 294   | 300   | 279   | 279   | 316   |
| 2.      | 261   | 232   | 228   | 275   | 277   | 285   | 275   | 265   | 284   |
| 3.      | 251   | 228   | 227   | 269   | 265   | 273   | 267   | 259   | 276   |
| A.S.    | 261,7 | 236,3 | 229,0 | 277,3 | 278,7 | 286,0 | 273,7 | 267,7 | 292,0 |
| ST.DEV. | 11,01 | 11,15 | 2,65  | 9,71  | 14,57 | 13,53 | 6,11  | 10,26 | 21,17 |
|         | 2020  | 2021  |       |       |       |       |       |       |       |
| 1.      | 269   | 278   |       |       |       |       |       |       |       |
| 2.      | 266   | 264   |       |       |       |       |       |       |       |
| 3.      | 260   | 265   |       |       |       |       |       |       |       |
| A.S.    | 265,0 | 269,0 |       |       |       |       |       |       |       |
| ST.DEV. | 4,58  | 7,81  |       |       |       |       |       |       |       |

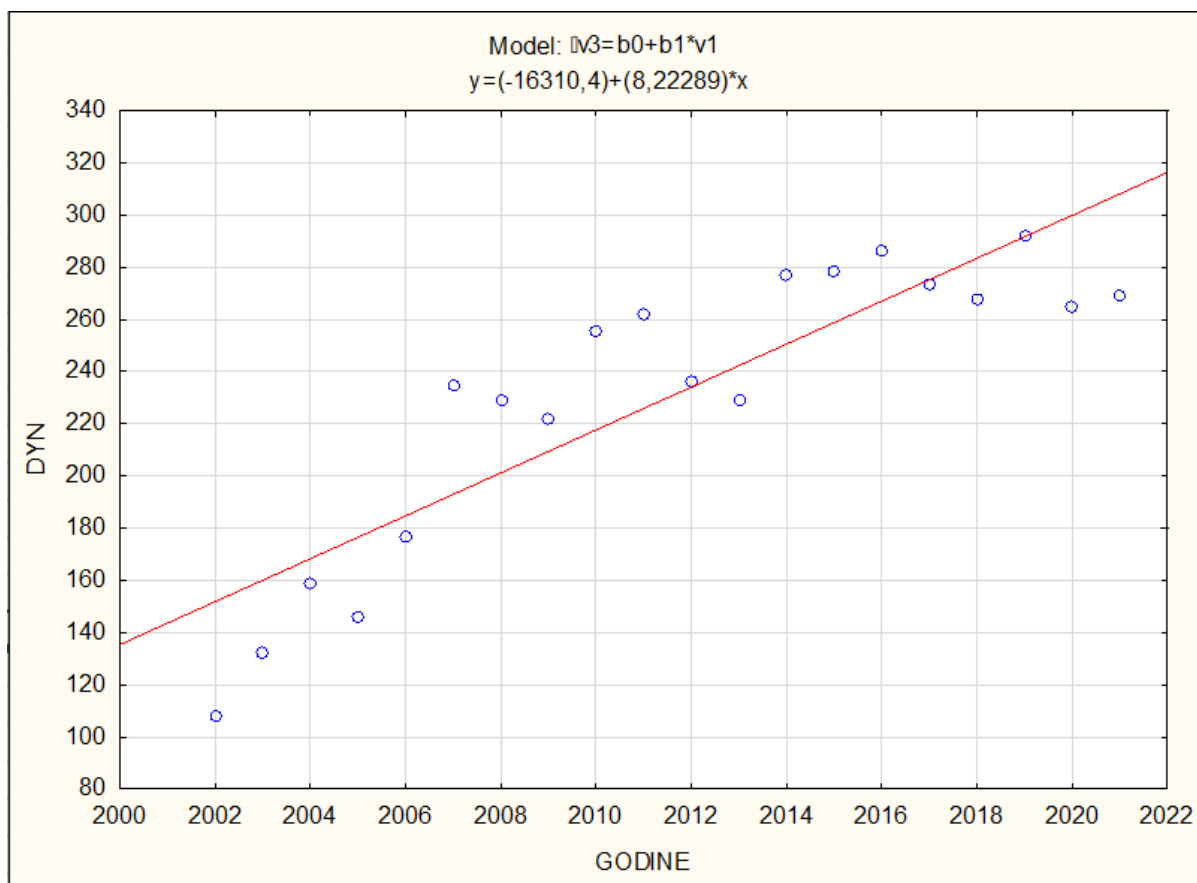
Legenda: A.S. - aritmetička sredina, ST. DEV. - standardna devijacija

Tablica 4. prikazuje tri najbolja rezultata u disciplini „dinamika s perajama“ u razdoblju od 2002. godine do 2021. godine. Prema prikupljenim podacima, najbolji rezultat ostvario je 2019. godine Poljak Mateusz Malina na europskom prvenstvu održanom u Istanbulu, Turskoj u navedenoj disciplini.

Tablica 5. Statistička obrada najboljih rezultata u disciplini "dinamika s perajama" u periodu od 2002. do 2021. godine

| DYN     | Multiple R | R <sup>2</sup> | b  |          | P        |
|---------|------------|----------------|----|----------|----------|
| Polinom |            |                | b0 | -16310,4 | 0,000001 |
| Godine  | 0,87475002 | 0,7651876      | b1 | 8,2      | 0,000000 |

Legenda: Multiple R - koeficijent korelacije, R<sup>2</sup> - koeficijent determinacije, b - regresijski koeficijent, p - statistička značajnost



Slika 3. Prikaz rezultata u disciplini "dinamika s perajama" u periodu od 2002. do 2021. godine  
 jednadžbi polinomijalne regresijske analize prvog stupnja

Analizom podataka sa Slike 3. mogu se primijetiti intervali pada, stagnacije i rasta rezultata tijekom godina, dok je najbolji rezultat postignut 2019. godine.

Koeficijent determinacije u Tablici 5. pokazuje snažnu pozitivnu korelaciju rezultata, a daljnjom analizom utvrđena je statistička značajnost s obzirom na stalnu promjenu rezultata.

### 4.3. Dinamika bez peraja (DNF)

Tablica 6. Popis tri najbolja rezultata izraženih u metrima, u disciplini "dinamika bez peraja" po godinama i njihova deskriptivna statistika

|         | 2002 | 2003  | 2004  | 2005  | 2006  | 2007  | 2008  | 2009  | 2010  |
|---------|------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| 1.      | 81   | 93    | 106   | 109   | 176   | 175   | 213   | 232   | 218   |
| 2.      | 81   | 88    | 104   | 106   | 139   | 155   | 175   | 166   | 200   |
| 3.      | 75   | 83    | 100   | 105   | 131   | 151   | 165   | 158   | 175   |
| A.S.    | 79   | 88    | 103   | 107   | 149   | 160   | 184   | 185   | 198   |
| ST.DEV. | 3,46 | 5,00  | 3,06  | 2,08  | 24,01 | 12,86 | 25,33 | 40,61 | 21,60 |
|         | 2011 | 2012  | 2013  | 2014  | 2015  | 2016  | 2017  | 2018  | 2019  |
| 1.      | 207  | 200   | 206   | 226   | 203   | 211   | 215   | 208   | 240   |
| 2.      | 200  | 180   | 188   | 213   | 200   | 209   | 205   | 206   | 234   |
| 3.      | 196  | 179   | 184   | 205   | 200   | 208   | 201   | 203   | 236   |
| A.S.    | 201  | 186   | 193   | 215   | 201   | 209   | 207   | 206   | 237   |
| ST.DEV. | 5,57 | 11,85 | 11,72 | 10,60 | 1,73  | 1,53  | 7,21  | 2,52  | 3,06  |
|         | 2020 | 2021  |       |       |       |       |       |       |       |
| 1.      | 229  | 204   |       |       |       |       |       |       |       |
| 2.      | 225  | 226   |       |       |       |       |       |       |       |
| 3.      | 218  | 200   |       |       |       |       |       |       |       |
| A.S.    | 224  | 210   |       |       |       |       |       |       |       |
| ST.DEV. | 5,57 | 14,00 |       |       |       |       |       |       |       |

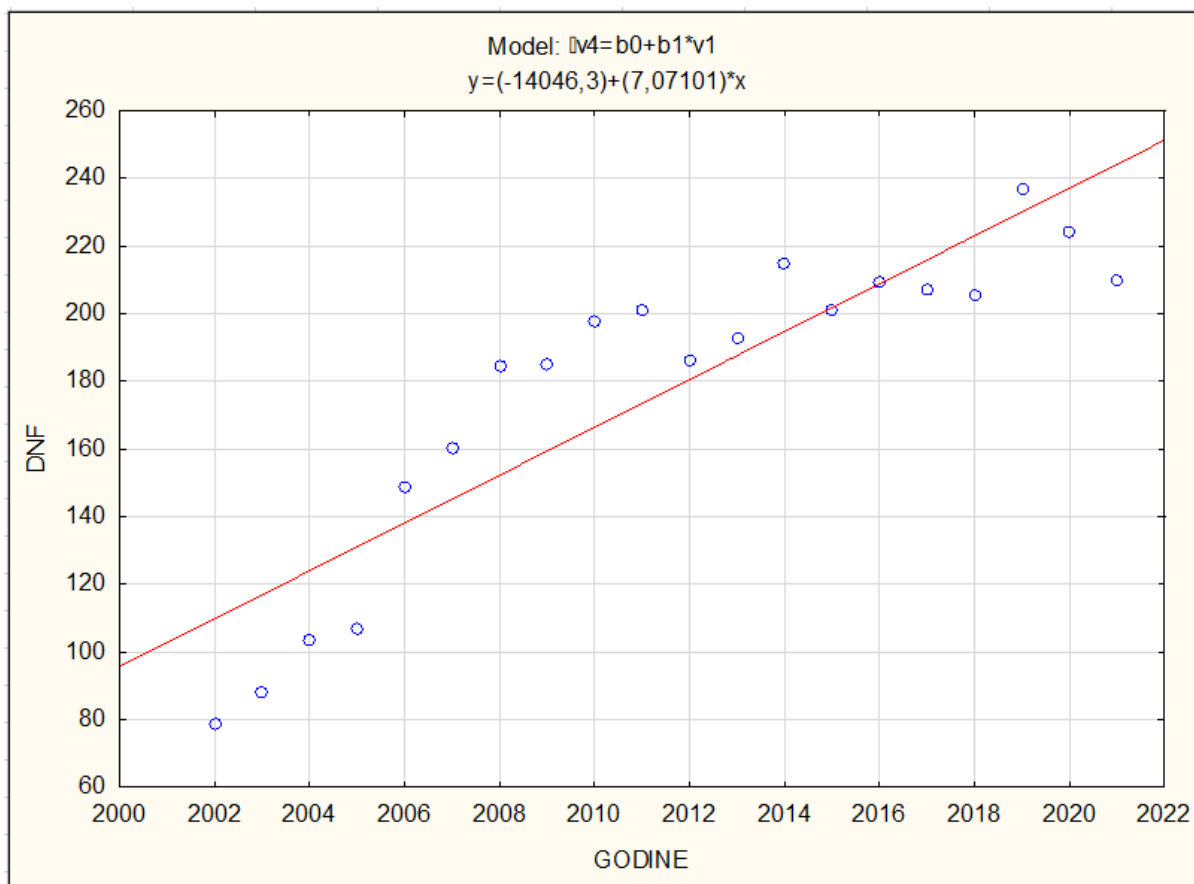
Legenda: A.S. - aritmetička sredina, ST. DEV. - standardna devijacija

Tablica 6. prikazuje popis tri najbolja rezultata u disciplini „dinamika bez peraja“ u periodu od 2002. do 2021. godine. Najbolji rezultat u navedenoj disciplini (240 metara) postigao je Hrvat Vitomir Maričić 2019. godine na natjecanju AIDA Rijeka Mini Cup.

Tablica 7. Statistička obrada najboljih rezultata u disciplini "dinamika bez peraja" u periodu od 2002. do 2021. godine

| DNF     | Multiple R | R <sup>2</sup> | b  |          | P        |
|---------|------------|----------------|----|----------|----------|
| Polinom |            |                | b0 | -14046,3 | 0,000000 |
| Godine  | 0,88912965 | 0,79055154     | b1 | 7,1      | 0,000000 |

Legenda: Multiple R - koeficijent korelacije, R<sup>2</sup> - koeficijent determinacije, b - regresijski koeficijent, p - statistička značajnost



Slika 4. Prikaz rezultata u disciplini "dinamika bez peraja" u periodu od 2002. do 2021. godine po jednadžbi polinomijalne regresijske analize prvog stupnja

Slika 4. predstavlja graf rezultata postignutih u periodu od 2002. do 2021. godine u disciplini „dinamika bez peraja“, raspršenih prema jednadžbi polinomijalne regresijske analize prvog stupnja. Bilježi se značajan porast rezultata u periodu od 2006. godine, nakon čega je vrijednost linearno rasla sve do 2012. godine. Nakon pada rezultata 2012. godine, zabilježeni je pretežit rast rezultata, uz manje intervale opadanja, sve do najboljeg rezultata iz 2019. godine. Koeficijent determinacije u Tablici 7. pokazuje snažnu pozitivnu korelaciju rezultata, te je utvrđena statistička značajnost jer pokazuje stalne promjene rezultata.



## 5. RASPRAVA

Prema podacima dobivenih istraživanjem, može se utvrditi linearan porast rezultata u sve tri discipline (statika, dinamika bez peraja, dinamika s perajama) između 2002. i 2021. godine. Linearno poboljšavanje rezultata kroz godine može se vidjeti kroz provedenu statističku analizu, međutim postoje varijacije u određenim godinama gdje je prisutna stagnacija, pad ili nagli porast rezultata.

U disciplini statika jasno je vidljiv napredak rezultata, no već 2004. godine može se primijetiti naglo poboljšanje rezultata. Naglo poboljšanje rezultata može se potvrditi eksponencijalnim rastom znanstvenih istraživanja u tom području, primjerice, „Priručnik ronjenja na dah“ Umberta Pelizzari i Stefana Tovaglieri postao je dio temeljne literature u sportu ronjenje na dah. Uz navedeno, Đujić i sur. (2013) proveli su brojna istraživanja u području ronjenja na dah, proučavajući principe djelovanja i posljedice ronjenja na dah na ljudsko tijelo te istražujući tehnike pripreme tijela na uron. Osim toga, brojna je literatura koja ističe važnost kondicijske pripreme na postizanje rezultata i uspješnost natjecateljskom ronjenju na dah (Drviš, 2012). Ujedno, te je godine njemački ronilac na dah Tom Sietas postigao nedostižne rezultate za druge natjecatelje i postavio novi AIDA-in svjetski rekord. Između 2005. i 2017. godine jasan je konstantan porast rezultata uz opadanje rezultata 2013. i 2015. godine. Ronjenje na dah je relativno mlad sport kojem kontinuirano raste popularnost. Iz ovog progresivnog poboljšavanja rezultata može se zaključiti da još nisu dostignute ljudske granice u ronjenju na dah. Tehnički inovativna oprema te otkriće novih trenažnih tehnika u kombinaciji s rastom popularnosti ovog sporta, dovodi do zaključka da će se rezultati poboljšavati i u narednim godinama (Pelizzari i Tovaglieri, 2004).

Analizom trenda razvoja tri najbolja rezultata u bazenskoj disciplini dinamika s perajama u periodu od 2002. do 2021. godine, vidljivo je eksponencijalno poboljšavanje rezultata. Najbolji rezultat u disciplini dinamika s perajama postigao je Mateusz Malina 2019. godine, s ostvarenih 316 m. U zadnja dva desetljeća, natjecateljsko ronjenje na dah je pokazalo veliki napredak, primjerice, od 12 muških i ženskih svjetskih rekorda koji su postignuti u šest glavnih natjecateljskih disciplina u siječnju 2009. godine, samo su tri ostala nepromijenjena sljedeće godine. Glavni problem kod ronilaca je mogu li sigurnosne mjere koje se izvode tijekom treninga i natjecanja držati korak s ljudskim granicama u samoj duljini, dubini i trajanju urona (Schagatay, 2010).

Drviš i sur. (2017) naglašavaju kako je važno razumjeti faktore koji određuju period zadržavanja daha - osim ekstremne zainteresiranosti u fiziologiju čovjeka, kao i u pripremu

sportaša za natjecanja u apneji, važno je spoznati sigurnosna i medicinska stajališta kako bi se unaprijedila pravila u sklopu AIDA i CMAS organizacija.

Istraživanje rezultata u disciplini dinamika bez peraja u periodu od 2002. i 2021. godine pokazuje kontinuirano poboljšavanje rezultata, što se također može objasniti činjenicom da je kroz godine ovaj sport postao aktualnijim predmetom istraživanja pobudivši interes znanstvenika probijanjem kako fizioloških, tako i psiholoških pretpostavki o čovjekovim sposobnostima. Analizom trenda rezultata natjecanja može zaključiti veliki pomak prema naprijed u zadnjih 20 godina. U ronjenju na dah, sportu koji ne ovisi toliko o tehnološkim inovacijama, nego o čovjekovim fiziološkim i psihološkim karakteristikama, važnije je ograničenje potrošnje energije, nego brzina. Priprema prije samih natjecanja također se mijenjala tijekom godina, te je jednako važna za dobar rezultat. Dosadašnja istraživanja pokazuju da se mogu koristiti različite strategije pripreme prije ronjenja, no nema „recepta“ koji obećava dobre rezultate - u nazad par godina standardno zagrijavanje sastojalo se od urona i raznih tehnika disanja, dok se u posljednje vrijeme sve više koristi metoda bez zagrijavanja i vježbi disanja prije natjecanja. Tu noviju strategiju su počeli koristiti i vrhunski ronionci (Schagatay, 2010). Primjerice, jednu od vježbi disanja prije urona opisuju Patrician i sur. (2021:2), govoreći kako većina ronionca prije urona prakticira *lung-packaging* - glosofaringealna insuflacija, jer izvođenje ovakve pripreme „može povećati volumen pluća od 11 do 26 posto“.

Bouten i sur. (2019) proveli su istraživanje koje je trajalo osam tjedana gdje su analizirali učinke i utjecaje treninga apneje. Došli su do zaključka da se volumen slezene može povećati koristeći trening apneje. Kontrakcija slezene vrlo je važan odgovor na akutnu apneju te uzrokuje oslobađanje crvenih krvnih stanica u krvotok. Patrician i sur. (2021:5) također govore o važnosti kontrakcije slezene jer bi „hemokoncentracija putem kontrakcije slezene povećala CO<sub>2</sub> (pod pretpostavkom da sve ostalo ostane jednako) za ~5%, što može pružiti zaštitnu korist odmah nakon izrona, kako bi se izbjegao hipoksični gubitak svijesti“. Osim toga, slezena je korištena kao mjesto za dodatno skladištenje crvenih krvnih stanica kod velikog broja sisavaca. Kod ljudi, morskih sisavaca i nekih izdržljivih trkača, primjerice konja, ta zaliha se može angažirati kada je potreban pojačan transport kisika. Kontrakcija slezene kod čovjeka prvi puta je opisana kod Ama ronionca i potaknuta je uglavnom hipoksijom i praćena hiperkapnijom (Richardson, 2008, prema Schagatay, 2014).

Lemaître, Joulia i Chollet (2010:413), proveli su istraživanje fizioloških utjecaja za vrijeme treninga apneje u kojem su sudjelovali elitni ronionci na dah, a rezultati pokazuju da su „ronionci na dah pokazali smanjenu acidozu, oksidativni stres te stopu bazalnog metabolizma,

ali i povećane vrijednosti hematokrita, mase hemoglobina i volumena pluća. Rezultati koje su dobili upućuju na to da trening apneje može biti efektivna zamjena hiperbaričnoj ili normobaričnoj hipoksiji za povećanje aerobnih i/ili anaerobnih rezultata“.

## 6. ZAKLJUČAK

Ronjenje na dah sport je koji pobuđuje sve veći interes kod sportaša, ali i znanstvenika koji istražuju te objašnjavaju principe po kojima je moguće ostvariti takve rezultate koji zahtijevaju izvrsne fiziološke i psihološke sposobnosti. Od samih početaka do najnovijih rezultata u ronjenju na dah, nadmašena su sva predviđanja liječnika i stručnjaka u statičnoj apneji, ronjenju u daljinu te postignutim dubinama.

U ovom diplomskom radu analiziran je trend razvoja rezultata u natjecateljskom ronjenju na dah u disciplinama statika, dinamika s perajama i dinamika bez peraja od 2002. do 2021. godine. Polinomijalnom regresijskom analizom obrađeni su najbolji rezultati za svaku godinu te je statističkom analizom analiziran prosjek tri najbolja rezultata za pojedinu godinu. Obrada i analiza dobivenih rezultata radila se u svrhu vjerodostojnog i reprezentativnog prikaza trenda razvoja rezultata.

Rezultati istraživanja pokazali su progresivan rast rezultata tijekom godina, uz povremene intervale stagnacije i opadanja. Prema navedenom, nulta hipoteza nije potvrđena jer je zabilježen konstantni napredak rezultata u natjecateljskom ronjenju na dah u sve tri discipline. Pretpostavlja se da je evolucijom ovog sporta te eksponencijalnim rastom literature u području ronjenja na dah ostvaren značajan, kontinuirani porast rezultata. Prema analiziranoj literaturi, važan faktor uspjeha je poznavanje određenih fizioloških svojstava, fizičkog stanja pojedinca te optimizacija energije. Uz navedeno, od iznimne je važnosti provedba adekvatne pripreme te održavanje dobre tjelesne kondicije, kako bi se smanjile mogućnosti ozljeda te izbjegle dugotrajne posljedice na zdravlje. Za utvrđivanje točnih čimbenika koji su utjecali na poboljšanje rezultata potrebno je provesti detaljnije analize koje uključuju pripreme prije urona, metode treninga te ostale faktore koji mogu utjecati na postignuća ronjionca na dah. Prema dosadašnjim istraživanjima navedeni su fiziološki faktori koji mogu utjecati na vrijeme ronjionca provedeno pod vodom, poput kapaciteta pluća, veličine slezene i sl.

S obzirom na trend rasta rezultata u zadnjih dvadeset godina te novim metodama treninga, pripreme sportaša prije samog urona i sl. možemo očekivati da će se taj trend nastaviti i u narednim godinama.

## 7. LITERATURA

- Alkan, N. i Akış, T. (2013). Psychological characteristics of free diving athletes: A comparative study. *International Journal of Humanities and Social Science*, 3(15), 150-157.
- Bakša, D. (2015). *Utjecaj treninga ronioca na dah na autonomni živčani sustav* (doktorska disertacija). Kineziološki fakultet, Zagreb.
- Bouten, J., Caen, K., Stautemas, J., Lefevere, F., Derave, W., Lootens, L., ... i Boone, J. (2019). Eight weeks of static apnea training increases spleen volume but not acute spleen contraction. *Respiratory physiology & neurobiology*, 266, 144-149.  
<https://doi.org/10.1016/j.resp.2019.04.002>
- Dragun, T. (2021). *Učinak plućne hiperinflacije na preraspodjelu volumena krvi u ronilaca na dah* (doktorska disertacija). Medicinski fakultet, Split.
- Drviš, I. (2011). Na putu pripreme za modre dubine. *Scubalife*, 3(2), 144-145.
- Drviš, I. (2012). *Učinci anaerobnoga intervalnog treninga na natjecateljsku uspješnost u disciplini ronjenja na dah – dinamika* (doktorska disertacija). Kineziološki fakultet, Zagreb.
- Dujić, Ž., Brešković, T., i Baković, D. (2013). Breath-hold diving as a brain survival response. *Translational Neuroscience*, 4(3), 302-313.  
<https://doi.org/10.1161/HYPERTENSIONAHA.108.127530>
- Gabrielsen, M. A. (2000). *Diving injuries: research findings and recommendations for reducing catastrophic injuries*. Boca Raton: CRC Press.  
<https://doi.org/10.3109/9781420038583>
- Hodgins, D., Krack K. i Romanica N (2001). *Advanced and Master Free Diver*. Cayman: Diventech, Ltd.
- Jablonski, J. (2000). *Doing it right: The fundamentals of better diving*. Florida: Global Underwater Explorers.
- Lahtinen, K., Kurra, S., i Nissinen, A. (2015). *Freediving*. Tampere: Deep Ideas Oy.
- Lemaître, F., Joulia, F., i Chollet, D. (2010). Apnea: A new training method in sport?. *Medical hypotheses*, 74(3), 413-415.  
<https://doi.org/10.1016/j.mehy.2009.09.051>
- LeRoy, F. (2017). *How long can you hold your breath?* (diplomski rad). Digital Commons @RISD. Dostupno na: <https://digitalcommons.risd.edu/masterstheses/155>.
- Patrician, A., Dujić, Ž., Spajić, B., Drviš, I., i Ainslie, P. N. (2021). Breath-hold diving—the physiology of diving deep and returning. *Frontiers in physiology*, 12(639377), 1-11.

<https://doi.org/10.3389/fphys.2021.639377>

- Pelizzari, U., i Tovaglieri, S. (2004). *Manual of Freediving: Underwater on a single breath*. Bear Island: Idelson-Gnochi Limited Publishers.
- Pronzato, R., Ledda, F. D., i Manconi, R. (2012). Mediterranean horny sponges: how to drive a neverending story of exploitation toward a sustainable management and conservation. *Endangered Species: Habitat, Protection and Ecological Significance*, (77-108). New York: Nova Science Publishers, Inc.
- Schagatay, E. (2009). Predicting performance in competitive apnoea diving. Part I: static apnoea. *Diving and Hyperbaric Medicine*. 39 (2), 88-99. Preuzeto s: [https://www.researchgate.net/publication/228105009\\_Predicting\\_performance\\_in\\_competitive\\_apnoea\\_diving\\_Part\\_I\\_Static\\_apnoea](https://www.researchgate.net/publication/228105009_Predicting_performance_in_competitive_apnoea_diving_Part_I_Static_apnoea)
- Schagatay, E. (2010). Predicting performance in competitive apnea diving, part II: dynamic apnoea. *Diving Hyperb Med*, 40(1), 11-22.
- Schagatay, E. (2011). Predicting performance in competitive apnea diving. Part III: depth. *Diving Hyperb. Med*, 41, 216-228.
- Schagatay, E. (2014). Human breath-hold diving ability and the underlying physiology. *Human evolution*, 29(1-3), 125-140.
- Scherhag, A., Pflieger, S., Grosselfinger, R., i Borggreffe, M. (2005). Does competitive apnea diving have a long-term risk?: cardiopulmonary findings in breath-hold divers. *Clinical Journal of Sport Medicine*, 15(2), 95-97.
- Skolnick, A. (2016). *One Breath: Freediving, Death, and the Quest to Shatter Human Limits*. New York: Crown Archetype.
- Zoretić, D., i Grčić-Zubčević N. (2015) *Ronjenje na dah* (recenzirani nastavni materijal). Kineziološki fakultet, Sveučilište u Zagrebu. Dostupno na: kif.unizg.hr (pristupljeno 12.3.2022.)
- AIDA International Association for the Development of Apnea (4. siječnja 2022). *About Organisation*. <https://www.aidainternational.org/About>
- CMAS (10. prosinca 2021). *The World Underwater Federation*. <https://www.cmas.org/cmas/about>
- CMAS (10. prosinca 2021). *About Free Diving*. <https://www.cmas.org/apnoea/about-2012032621>
- Freedive-Earth (13. veljače 2022). *What Is Freediving - Dynamic DYN Discipline Explained*. <http://www.freedive-earth.com/learn-freedive/what-freediving-dynamic-dyn-discipline-explained>

Nitsch, H. (28. siječnja 2022). *World Champion Herbert Nitsch*.

<https://www.herbertnitsch.com/freediver.html>

U.S. Freediving Federation (4. siječnja. 2022). *AIDA and CMAS Rules Summary*.

<https://usfreedivingfederation.org/content/2021/5/3/key-differences-in-pool-rules-between-cmas-and-aida>

Tien, D. (17. siječnja 2022). *The First Underwater Sport In The Olympics*. DeeperBlue.

<https://www.deeperblue.com/first-underwater-sport-olympics/>

## PRILOZI

|   |    |
|---|----|
| <b>Slika 1.</b> Kuffer, J-M. (2009). Ronjenje na dah: Dinamika bez peraja [Slika]. Flickr.<br><a href="https://www.flickr.com/photos/jayhem/3600586774">https://www.flickr.com/photos/jayhem/3600586774</a> ..... | 9  |
| <b>Slika 2.</b> Prikaz aproksimacije najboljih rezultata u disciplini "statika" u periodu od 2002. do 2021. godine po jednadžbi polinomijalne regresijske analize prvog stupnja .....                             | 13 |
| <b>Slika 3.</b> Prikaz rezultata u disciplini "dinamika s perajama" u periodu od 2002. do 2021. godine po jednadžbi polinomijalne regresijske analize prvog stupnja .....   | 15 |
| <b>Slika 4.</b> Prikaz rezultata u disciplini "dinamika bez peraja" u periodu od 2002. do 2021. godine po jednadžbi polinomijalne regresijske analize prvog stupnja .....   | 17 |
| <br>  |    |
| <b>Tablica 1.</b> Usporedba pojedinih pravila CMAS I AIDA organizacija. Modificirano prema U.S. Freediving Federation, INC ( <a href="http://www.usfreediving.org">www.usfreediving.org</a> ). .....              | 7  |
| <b>Tablica 2.</b> Popis tri najbolja rezultata izraženih u minutama u disciplini „statika“ po godinama i njihova deskriptivna statistika od 2002. - 2021. godine .....  | 12 |
| <b>Tablica 3.</b> Statistička obrada najboljih rezultata u disciplini "statika" u periodu od 2002. do 2021. godine.....   | 12 |
| <b>Tablica 4.</b> Popis tri najbolja rezultata izraženih u metrima u disciplini "dinamika s perajama" po godinama i njihova deskriptivna statistika.....  | 14 |
| <b>Tablica 5.</b> Statistička obrada najboljih rezultata u disciplini "dinamika s perajama" u periodu od 2002. do 2021. godine.....   | 14 |
| <b>Tablica 6.</b> Popis tri najbolja rezultata izraženih u metrima, u disciplini "dinamika bez peraja" po godinama i njihova deskriptivna statistika.....   | 16 |
| <b>Tablica 7.</b> Statistička obrada najboljih rezultata u disciplini "dinamika bez peraja" u periodu od 2002. do 2021. godine.....   | 16 |