

# Osobna zaštitna sredstva ronilaca pri obavljanju radova varenja i rezanja

---

Jakin, Marijana

Undergraduate thesis / Završni rad

2015

Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj: **Karlovac University of Applied Sciences / Veleučilište u Karlovcu**

Permanent link / Trajna poveznica: <https://um.nsk.hr/um:nbn:hr:128:307511>

Rights / Prava: [In copyright](#) / [Zaštićeno autorskim pravom.](#)

Download date / Datum preuzimanja: **2024-09-22**



**VELEUČILIŠTE U KARLOVCU**  
Karlovac University of Applied Sciences

Repository / Repozitorij:

[Repository of Karlovac University of Applied Sciences - Institutional Repository](#)



zir.nsk.hr



DIGITALNI AKADEMSKI ARHIVI I REPOZITORIJ

**VELEUČILIŠTE U KARLOVCU**  
**ODJEL SIGURNOSTI I ZAŠTITE**

**MARIJANA JAKIN**

**OSOBNNA ZAŠTITNA SREDSTVA RONIČA**  
**PRI OBAVLJANJU RADOVA VARENJA I**  
**REZANJA**

**ZAVRŠNI RAD**

**MENTOR:**  
**dr.sc.JOVAN VUČINIĆ, prof.v.š.**

# VELEUČILIŠTE U KARLOVCU

## ODJEL SIGURNOSTI I ZAŠTITE

Stručni studij: Sigurnosti i zaštite

Usmjerenje: Zaštita na radu

Karlovac, 6/2015.

### ZADATAK ZAVRŠNOG RADA

Student: Marijana Jakin

Matični broj: 0415605304

Naslov: Osobna zaštitna sredstva ronioca pri obavljanju radova varenja i rezanja

Opis zadatka:

- 1.Uvod
- 2.Podvodni radovi varenje i rezanje, opis zanimanja
- 3.Osobna zaštitna sredstva i oprema
- 4.Ronilačke bolesti i nezgode
- 5.Zaključak

Zadatak zadan:  
obrane:

2/2014.

Rok prijave rada:

6/2015.

Predviđeni datum

6/2015.

Mentor:

dr.sc. Jovan Vučinić, prof.v.š.

Predsjednik ispitnog povjerenstva:

dr.sc. Nikola Trbojević, prof.v.š.

-----

-----

## **SAŽETAK**

U završnom radu objašnjeni su radovi podvodnog varenja i rezanja. Objasnjena su osobna zaštitna sredstva koja koriste i primjenjuju profesionalni ronoci prilikom obavljanja radova podvodnog varenja i rezanja, ta su osobna zaštitna sredstva ujedno sastavni i obavezni dio opreme ronoca.

## **SUMMARY**

In the final work is explained the works underwater welding and cutting . Explained the personal protective equipment to use and apply professional divers while performing work underwater welding and cutting , such as personal protective equipment is also an integral and mandatory part of the equipment diver .

## SADRŽAJ:

1.	PROJEKT ZAVRŠNOG RADA.....	6
1.1.	Uvod.....	6
1.2.	Izvor problema .....	6
1.3.	Ciljevi i zadaci završnog rada .....	7
2.	OPĆENITO O PODVODNIM RADOVIMA.....	8
2.1.	Profesionalni ronilac .....	8
2.2.	Alati i uređaji za rad ispod vodene površine .....	9
2.3.	Podvodno varenje i rezanje .....	10
2.4.	Redovne kontrole i ispitivanja.....	13
2.5.	Normativna reguliranost ronjenja.....	14
2.5.1.	Stanje normativne uredenosti ronjenja u Hrvatskoj .....	14
2.5.2.	Normativi i propisi vezani za ronjenja .....	15
3.	OSOBNA ZAŠTITNA SREDSTVA I OPREMA .....	17
3.1.	Općenito o osobnim zaštitnim sredstvima .....	17
3.2.	Osobna zaštitna sredstva i opreme ronionca pri obavljanju radova varenja i rezanja.....	18
3.2.1.	Oprema za podvodno varenje i rezanje .....	18
3.2.2.	Osobna zaštitna sredstva ronionca pri obavljanju radova varenja i rezanja.....	19
3.2.2.1.	Aparati i uređaji za disanje ispod vodene površine .....	19
3.2.2.1.1.	Autonomni ronilački aparat na zrak (ARAZ) .....	19
3.2.2.1.2.	Autonomni ronilački aparat na kisik (ARAZ).....	20
3.2.2.1.3.	Autonomni ronilački aparat na mješavinu (ARAM).....	21
3.2.2.1.4.	Zračne ronilačke boce (spremnici).....	21
3.2.2.1.5.	Ronilačke boce punjene mješavinom .....	23
3.2.2.1.5.1.	Trimix .....	23
3.2.2.1.5.2.	Nitrox .....	24
3.2.2.1.5.3.	Heliair .....	25
3.2.2.1.5.4.	Heliox .....	25
3.3.	Pomoćna oprema za ronjenje i izvođenje podvodnih radova.....	26
3.3.1.	Maska za ronjenje.....	27
3.3.2.	Regulatori .....	29
3.3.3.	Ronilačko odijelo .....	29
3.3.4.	Kompenzator plovnosti .....	31
3.3.5.	Ronilački utezi.....	32
3.3.6.	Peraje .....	32
3.3.7.	Zaštitne cipele .....	34
3.3.8.	Ronilačka užad .....	34
3.3.9.	Ronilački nož.....	35
3.3.10.	Zaštitne rukavice .....	36
3.3.11.	Rukavice za varenje .....	36
3.3.12.	Zaštitna maska za varenje .....	37

4.	RONILAČKE BOLESTI I NEZGODE .....	38
4.1.	Oboljenja i ozljede .....	38
4.1.1.	Utjecaj povišenog zraka na tjelesne šupljine.....	39
4.1.2.	Barotrauma pluća .....	40
4.2.	Dekompresijska bolest .....	40
4.2.1.	Tipovi dekompresijske bolesti .....	41
4.2.2.	Najčešći pokazatelji dekompresijske bolesti .....	42
4.2.3.	Čimbenici rizika za nastanak dekompresijske bolesti.....	42
5.	ZAKLJUČAK .....	44
6.	LITERATURA.....	45

# 1. PROJEKT ZAVRAŠNOG RADA

## 1.1. Uvod

Ronjenje je svaki boravak pod vodenom površinom tijekom kojega ronilac udiše zrak, kisik ili plinske mješavine iz aparata ili uređaja pod povišenim tlakom. Roni se najčešće u moru, jezerima, umjetnim akumulacijama, rijekama, kanalima ili naplavljenim prostorima i uređajima (tuneli, rudnici, špilje, tornjevi za izranjanje, ronilački simulatori).

Ronjenjem se smatra i boravak ronioca, medicinskog osoblja, saturacijskih radnika i tehničara pod povišenim tlakom u dekompresijskim komorama, lock-out odsjecima "mini" podmornica, zvonu za ronjenje i sličnim uređajima.

Ronjenje se sastoji iz tri temeljne faze- zarona, boravka na dnu i općenito pod vodom i izranjanje, sa ili bez dekompresije.

U praksi nema internacionalno općeprihvaćene podjele civilnih ronioca. Na to utječe činjenica da se školovani i uvježbani ronionci mogu koristiti višenamjenski, njih nazivamo profesionalnim ronionicima.

Osobna zaštitna sredstva predstavljaju osobnu zaštitnu opremu koja se daje na korištenje osobama izloženim za vrijeme rada određenim opasnostima koje se drugim mjerama ne daju otkloniti.

Pravila zaštite na radu nalažu uporabu osobnih zaštitnih sredstava kao posljednji korak u povećanju sigurnosti na radnom u ovom slučaju podvodnim radovima odnosno radovima ronioca prilikom podvodnog varenja i rezanja. Općenito ih možemo podijeliti na civilne i vojne, a možemo ih podijeliti i prema radnim zadacima i prema opremi za koju su uvježbani.

U ovom završnom radu obraditi ćemo osobna zaštitna sredstva koja koriste i primjenjuju profesionalni ronionci prilikom obavljanja radova podvodnog varenja i rezanja, ta osobna zaštitna sredstva su ujedno sastavni i obavezni dio opreme ronioca koji obavlja podvodne radove, neka od njih su:

- sredstva za zaštitu ruku (zaštitne rukavice),
- sredstva za zaštitu nogu (zaštitne cipele, čizme),
- sredstva za zaštitu očiju i lica (maske za disanje, regulatori),
- sredstva za zaštitu tijela (ronilačka odijela) i dr.

## 1.2. Izvor problema

Ronjenja u posebnim uvjetima obuhvaćaju nestandardna ronjenja u kojima postoji povećana opasnost za sigurnost ronioca. Opasnosti mogu biti neiskusnost i neuvježbanost, nepovoljni uvjeti u vodi ili drugi nepovoljni čimbenici koji ugrožavaju sigurnost. U ronjenja s nepovoljnim uvjetima s uređajima iz kojih se udiše zrak ubrajaju se: školska ronjenja, radovi

oko brodskog korita, u jakoj struji, zimi i ispod leda, podvodno rezanje i zavarivanje, ronjenja uz upotrebu eksploziva, rad na potonuloj podmornici, podvodni radovi s pneumatskim oruđima, traženje torpeda i drugih dragocjenih predmeta, ronjenje u kontaminiranim i biološki zagađenim vodama, ispitivanja nove prototipne opreme za ronjenje i ronjenja u ratnim uvjetima.

### **1.3. Ciljevi i zadaci završnog rada**

Ciljevi i zadaci završnog rad su što vjernije prikazati, predočiti i objasniti svrhu i primjenu osobnih zaštitnih sredstava pri izvođenju podvodnih radova ronioca pri obavljanja radova podvodnog rezanja i podvodnog varenja. Sve sa ciljem sprječavanja nastanka ozljeda, profesionalnih oboljenja pa čak i smrti. Da bi se što vjernije predočila svrha osobnih zaštitnih sredstava moramo navesti ozljede koje prijete prilikom svakog zarona neovisno o vrsti podvodnih radova.



## **2. OPĆENITO O PODVODNIM RADOVIMA**

Pod nazivom podvodni radovi spadaju svi radovi koji se obavljaju ispod površine vode, tu spadaju radovi u moru, jezerima, umjetnim akumulacijama, rijekama, kanalima itd.

Radovi pod površinom vode zahtijevaju pažljivo planiranje, detaljnu organizaciju, pripremu, i ispitivanja prije izvršavanja radnih aktivnosti sve ovisi o radnom zadatku, vrsti i načinu izvođenja radova. Organizacija rada ima veliku ulogu pri izvršavanju radnih aktivnosti, te se sve provodi po unaprijed dogovorenom planu i protokolu.

U podvodnoj građevini javlja se između ostalog i potreba za rezanjem ili varenjem metalnih dijelova. Takve vrste poslova u principu izvode obučeni i iskusni ronionci, odnosno profesionalni ronionci. Treba voditi računa o sprječavanju udare električne energije, sprječavanja mogućnosti eksplozije, sprječavanju opekline i smanjenju utjecaja zračenja prilikom varenja. Ronilac mora biti opremljen adekvatnom zaštitnom opremom (posebno rukavice, zaštitno staklo...). Podvodno rezanje i varenje može se vršiti hidrauličnim i pneumatskim alatima te upotrebom gorivih plinova.

### **2.1. Profesionalni ronilac**

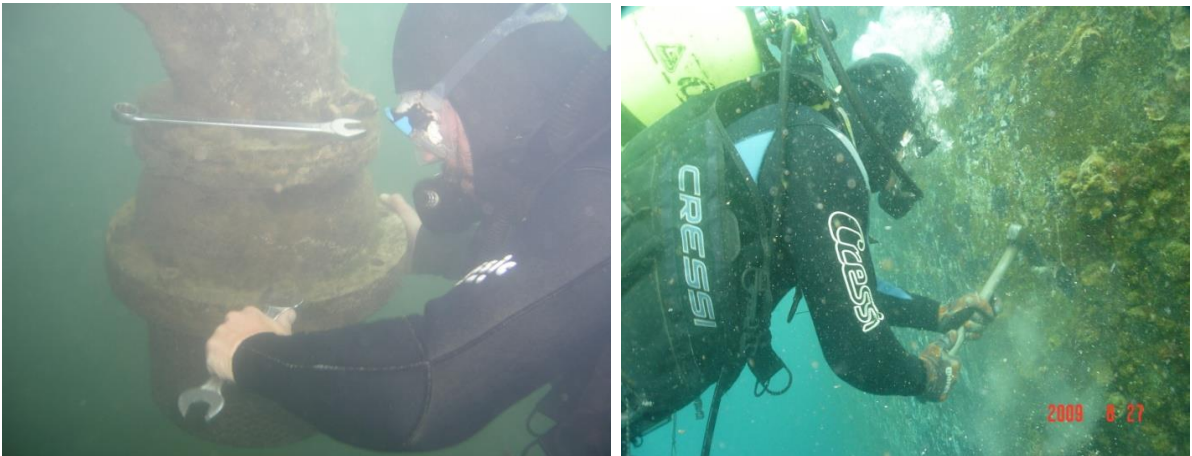
Sam naziv profesionalni (komercijalni ronilac) obuhvaća ronioce kojima je ronjenje profesija, način života a ne samo cilj. Oni izvršavaju raznovrsne korisne radove pod vodom od najjednostavnijih do najsloženijih. Ni u toj skupini ne postoji opravdavajuća podjela. Općenito se mogu podijeliti na: građevinske ronioce, ronioce za spašavanje i ronioce za ronjenje na velikim dubinama.

Za stjecanje profesije potrebno je školovanje i specijalizacija u školi ili na tečajevima i praktičnim radom, profesionalni ronionci moraju imati određeno najmanje 1000 sati ronjenja koje se evidentira u dnevnik ronjenja. Na taj način stječu potrebno radno iskustvo, osposobljenost i specijalizaciju za obavljanje samih radova.

Također je potrebno redovno sudjelovanje na godišnjim seminarima instruktora, liječnika i voditelja ronjenja HRS-a, samim sudjelovanjem na tečajevima usavršavaju se dodatno, upoznaju se s novom opremom koja se svake godine nadopunjuje i unaprjeđuje sve sa ciljem veće sigurnosti. Prolaze seminare i predavanja ta se na taj način dodatno usavršavaju, gdje se naglasak stavlja prvenstveno na prvu pomoć i terapiju kisikom, u svrhu što bolje prevenciju u slučaju nezgode.

## 2.2. Alati i strojevi za rad ispod vodene površine

U podvodne alate i strojeve koji se koriste u podvodnim radovima spadaju uglavnom pneumatski i hidraulični strojevi, ručni alati i električni alati i strojevi. To su uglavnom alati i strojevi koji se koriste i kod izvođenja građevinskih radova na kopnu. Neki od tih alata i strojeva su potpuno identični alatima i strojevima na kopnu, dok su neki prerađeni odnosno prilagođeni radu pod vodom. Na slikama 1 i 2 vidimo primjere upotrebe ručnih alata, a na slikama 3 i 4 primjere upotrebe hidrauličkih strojeva.



SLIKE 1. i 2.primjeri upotrebe ručnih alata



SLIKE 3 i 4.radovi sa hidrauličkom bušilicom i hidrauličkom brusilicom

### 2.3. Podvodno varenje i rezanje

Podvodno varenje podrazumijeva spajanje metala. Najčešće se koristi za spajanje metalnih konstrukcija, saniranja štete na brodovima, sanacije cjevovoda, itd. Kod podvodnog varenja oprema je slična ili ista kao i kod varenja na suhom, odnosno na kopnu. Oprema koja se koristi za rezanje može se koristiti i za varenje.

Podvodno zavarivanje kao i drugi podvodni radovi koje izvode ronionici u cilju održavanja brodova, podmornica, platformi, cjevovoda itd., vrlo su složene i skupe aktivnosti, te su zbog poznatih fizikalnih ograničenja ljudskog tijela ronionici izloženi visokom riziku. Organizacija takvih poslova zahtijeva veliki broj visokostručnih ljudi i mobilizaciju ogromne količine opreme. Nezamjenjivu ulogu u održavanju podvodnih konstrukcija imaju ispitivanja bez razaranja i postupak mokrog podvodnog zavarivanja, pomoću kojih se vrlo brzo i uspješno mogu izvesti sanacije lomova konstrukcijskih elemenata na licu mjesta, a u slučaju dobre pripreme i organizacije moguća je izvedba ugradbenih (montažnih) zavarenih spojeva.



SLIKA 5 .mokro podvodno zavarivanje

Mokro podvodno zavarivanje (slika 5) je tehnika koja se najčešće koristi za izvođenje podvodnih zavarivačkih radova. Svojstveno je da se mjesto na kojem se izvodi zavarivanje ne odvaja od vode, nego se zavaruje u vodenoj atmosferi, tako da je i sam zavarivač izložen vodenom okruženju. Koristi se uglavnom postupak ručnog elektrolučnog zavarivanja (REL) obloženom elektrodom, koja je posebno pripremljena za takve uvjete rada. Iako se mokro podvodno zavarivanje najviše koristi na dubinama do 50 metara, napravljeni su pokusi i na dubinama većim od 100 metara, ali je zbog visokog hidrostatskog tlaka održavanje električnog luka otežano, a kvaliteta zavarenog spoja je upitna.

Potrebno je obratiti pozornost na sigurnost zavarivača, posebno na većim dubinama, gdje se moraju osigurati dodatne mjere opreza.

Prije početka radova pod vodom neophodna je provjera cjelokupnog sustava za rezanje i varenje. Prije zaranjanja treba odabrati i provjeriti napon. Nedostaci tehnike se prvenstveno odnose na posljedice direktne izloženosti mjesta zavarivanja i električnog luka vodi. Kontakt vode i zavarenog spoja uzrokuje visoki gradijent hlađenja, što rezultira lošim mehaničkim svojstvima. Zbog uključaka i poroziteta postoji veći broj koncentracija naprezanja. Ako se koristi odgovarajuća oprema, uz odgovarajuću tehniku rada i posebno školovane zavarivačice, moguće je izbjeći sve nedostatke do te mjere, da se podvodni zavareni spojevi načinjeni mokrom tehnikom mogu svojom kvalitetom uspoređivati s onima načinjenima na zraku.

Jedan od načina podvodnog rezanja i varenja je pomoću opreme za podvodno rezanje i varenje ultratermičkim (5000 °C) elektrodama (Broco BR-22), opremom za rezanje (propan-butan s kisikom) koja uključuje poseban plamenik (HarrisCalorific H-624FL), redukcijske ventile, suhe nepovratne ventile i sigurnosne ventile za kisik i propan-butan, plinske sapnice raznih veličina, oprema za održavanje i dvostruka crijeva. Na slici 6 vidimo primjer podvodnog rezanja elektrodom.

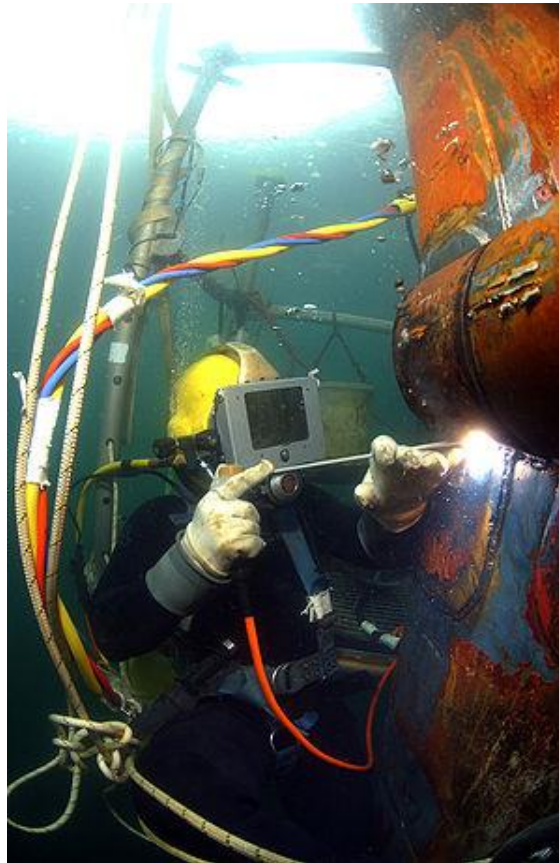


SLIKA 6. podvodno rezanje elektrodom

Podvodno rezanje pri izvođenju podvodnih radova se najčešće vrši primjenom tehnike podvodnog rezanja šupljom elektrodom. Potrebna toplina se stvara električnim lukom, dok materijal izgara u struji kisika, koji pod određenim radnim tlakom prolazi kroz šuplju elektrodu. Koristi se istosmjerni izvor struje. Za optimalne rezultate rezanja potrebno je prilagoditi parametre, a to su tlak kisika, jačina struje i brzina rezanja. S povećanjem dubine potrebno je povećati tlak kisika, kako bi se prilagodilo porastu hidrostatskog tlaka.

Prije početka radova pod vodom neophodna je provjera cjelokupnog sustava za rezanje i zavarivanje. Prije zaranjanja treba odabrati i provjeriti napon struje. Osobitu pozornost treba posvetiti uzemljenju sustava i na prednje roniočevo okno postaviti tamno zaštitno staklo, te obući adekvatne zaštitne rukavice za varenje.

Na mjesto rada ronilac se spušta niz utezno uže, a nikako niz kabel aparata za rezanje i zavarivanje. Na slici 7 imamo primjer izvođenja rada podvodnog zavarivanja.



SLIKA 7. podvodno zavarivanje elektrodom

Tijekom rezanja i zavarivanja ronilac obavezno mora koristiti zaštitne gumene rukavice. One mogu biti u sklopu rukava skafandera ili, što je češće slučaj, odgovarajuće rukavice za varenje navući preko običnih ronilačkih rukavica.

Potrebno je naglasiti da uz ronioca (zavarivača, rezača) u vodi, na površini postoji pomoćni tim koji je s roniocem u stalnoj komunikaciji. Pomoćni tim se brine za opskrbu zrakom, dobavu alata i elektroda, regulaciju parametara zavarivanja (na zahtjev zavarivača), kao i ostalih sigurnosnih elemenata (npr. prekidanje strujnog kruga posebnom sklopkom).

Uređaji koji se koriste kao izvor struje za mokro podvodno zavarivanje i varenje razlikuju se od onih koji se koriste na suhom. Uređaji za mokro podvodno zavarivanje moraju nadoknaditi svojstvene pojave koje se javljaju kod podvodnog zavarivanja i rezanja, koje se odnose na pad napona na dugim kabelima, problem nestabilnosti luka uslijed visokog

hidrostatskog pritiska, otežani prijenos rastaljenog dodatnog metala, promjenu parametara s promjenom dubine, te na visoke zahtjeve za sigurnost ronioaca (zavarivača, rezača).

Da bi se osigurali pogodni uvjeti za sve vrste podvodnih radova, u ovom slučaju varenja i rezanja nužno je imati istosmjerni izvor struje koji može minimalno osigurati 300 A. Sa slabijim strojevima povećava se vrijeme rada, koje je jedan od vrlo važnih čimbenika u podvodnom zavarivanju i rezanju zbog uvjeta u kojima boravi zavarivač ili rezač (hladna voda od koje prijeto pothlađivanje tijela i ograničenje s obzirom na količinu zraka u ronilačkim bocama i mogućnost boravka na većim dubinama).

Tijekom rezanja i zavarivanja treba imati kvalitetnu i pouzdanu telefonsku vezu. Sklop za napajanje strujom treba biti uz ronilački telefon, kako bi se trenutno mogla isključiti ili uključiti na roniočev zahtjev. Elektrode pod vodom smiju se zamijeniti samo ako je isključeno napajanje strujom. Elektroda se zamjenjuje tek nakon što je ronilac obaviješten da je struja isključena i pošto preostalim dijelom elektrode ustanovi da kod dodira metala nema iskrenja.

Pri radu u blizini prostorija u kojima mogu nastati eksplozivno-zapaljiva isparenja maziva i goriva (strojarnice, tankovi goriva) treba poduzeti posebne mjere opreza. Prije rezanja ili varenja na pregradama tih prostorija, neophodno je odušiti zračni jastuk koji u njima može nastati. To je najsigurnije izvršiti eksplozivom. Kad se radi o tankovima goriva i maziva, njih treba prethodno u potpunosti napuniti vodom uz odušivanje. Ako tank nije moguće odušiti kroz prirodne otvore na vrhu, to treba učiniti nasilno eksplozivom.

Najstrože je zabranjeno zavarivati ili rezati na stjenkama rezervoara s mazivom i gorivom. Ti se radovi ne smiju izvoditi ni na cjevovodima dok se nalaze pod tlakom.

Prije početka električnog rezanja ili zavarivanja treba kontrolirati korektnost uzemljenja koje se spaja na pozitivnom polu u blizini mjesta gdje se radovi izvode. Kad je predmet na kojem se radi u cijelosti pod vodom, uzemljuje se u blizini mjesta rada spajanjem s ostalim kablovima za ručicu kliješta za rezanje i zavarivanje. Ako se radi na predmetima koji vire izvan vode (noge naftne platforme i slično), spoj uzemljenja treba postaviti izvan vode. Spojeve treba dobro očistiti radi što boljeg kontakta. Elektroda treba biti spojena s negativnim polom.

Treba znati da reducirani tlak kisika, ako proizvođač kliješta ne preporučuje drugačije, treba biti oko 7 bara viši od okoline. Tlak kisika i jačina struje ovise o vrsti i debljini metala. Što je metal deblji to je potreban viši tlak kisika i jača struja, i obrnuto. Kablovi za napajanje strujom trebaju biti dobro izolirani. Za rezanje na većim dubinama, zbog potrebe veće snage treba povećati presjek kablova. Kod toga napojni vodič i vodič uzemljenja trebaju imati isti promjer. Isto tako treba dobro izolirati ručicu elektrode i napojni prekidač kako bi se spriječilo da ronioaca povežu u električni krug.

## **2.4. Redovne kontrole i ispitivanja**

Prilikom obavljanja podvodnih radova izvode se redovne kontrole i ispitivanja a to su vizualna kontrola i ispitivanja magnetski, odnosno magnetskim česticama. Te se kontrole vrše obavezno prije izvođenja samih radova, i za vrijeme radova.

Vizualna kontrola se provodi pomoću kamere kojom upravlja ronilac ili je priključena na daljinski upravljaju autonomnu ronilicu (engl. *Remote Operated Vehicle* - ROV). ROV sustavi dolaze više do izražaja kod kontrole cjevovoda, dok se ronionci s kamerama više koriste kod platformi ili kod složenih konstrukcija, gdje bi upravljanje ROV-om bilo otežano. Signal sa kamere se prenosi na zaslon računala na površini, gdje osoba osposobljena za vizualnu kontrolu analizira stanje konstrukcije. Postoji stalna telefonska veza između ronionca i površine, tako da se po potrebi određene kritične lokacije mogu pobliže i detaljnije analizirati. Signal s kamere se snima, tako da je omogućen višestruki pregled snimke.

Kod podvodnog ispitivanja magnetom odnosno magnetskim česticama potrebna su tri ronionca koja postupajući po unaprijed dogovorenom protokolu provode ispitivanje. Uz njih, pored zaslona na površini, nalazi se obučena osoba, koja analizira rezultat ispitivanja. Cjelokupni postupak se snima, tako da je moguće i naknadno pomnije razmotriti tijek i rezultate ispitivanja. Moraju se koristiti posebne magnetske čestice koje imaju negativnu plovnost, u slučaju kada postoje jake struje, vrlo je teško postaviti čestice na željeni položaj. Ronilac koji upravlja magnetom nanosi čestice na radni komad pomoću posebne tlačne posude. Nakon što se postigne željena gustoća čestica na radnoj poziciji, pokreće se magnetsko polje pomoću elektromagneta. Kada se magnetizirano mjesto osvijetli ultraljubičastim zrakama, vide se pokazatelji moguće pukotine. Rukovanje UV svjetiljkom je zadaća drugog ronionca, dok treći član podvodne ekipe sve snima kamerom, čiji se signal prenosi na zaslon na površini. Uz ovo je potrebno napomenuti da svaki ronilac ima svog pomoćnika na površini. Uz pomoćnike svakog od pojedinih ronionca, na površini se još nalaze i voditelj ronjenja, osoba za komunikaciju i snimanje podataka, te osoba osposobljena za ispitivanja.

U slučaju prekida veze ili nepredviđenih okolnosti ronilac izlazi iz vode kako bi se izbjegle moguće opasne situacije. Oprema za podvodno mokro zavarivanje mora zadovoljiti sve sigurnosne zahtjeve, a istovremeno se ronioncima moraju pružiti zadovoljavajući radni uvjeti, radi ograničenog vremena boravka pod vodom i ekonomičnosti samih procesa. Oprema se mora redovno održavati prema određenom planu, kako bi se produljio njen vijek trajanja i osigurala njena ispravnost u stvarnim uvjetima. Oprema mora zadovoljiti propisane norme za rad na otvorenom kao i za rad pod vodom i u uvjetima povećane vlage.

## **2.5. Normativna reguliranost ronjenja**

### **2.5.1. Stanje normativne uređenosti ronjenja u Hrvatskoj**

O stanju normativne uređenosti ronjenja u Hrvatskoj može se općenito reći da predstavlja niz parcijalnih, uglavnom nepovezanih rješenja. Važeći propisi za područje ronjenja ne prate razvoj ronilačkih aktivnosti, a osim toga, temeljem istih vlada sukob interesa amaterskog i profesionalnog ronjenja sa težištem na nelojalnoj konkurenciji amatera i njihovih udruga sektoru gospodarstva i rada, posebice u području ronilačkog turizma, ali i ronilačkih usluga u građevinarstvu. Za stanje u gospodarskom ronjenju, naročito u domeni ronilačkih radova,

može se reći da je najlošije. Taj nered rezultat je pomanjkanja usmjerenog i sustavnog rada na tom području zadnjih par desetljeća budući da je izostalo svako sustavno normativno praćenje ronjenja kao visoko sofisticirane, tehnološki, organizacijski, financijski, edukacijski i normativno vrlo zahtjevne struke.

Svrha donošenja Zakona bila bi da stvorit cjelovit i efikasan zakonodavni okvir za sigurno obavljanje ronjenja, kao sve interesantnije športske i rekreativne aktivnosti, ali i značajne gospodarske grane, prvenstveno u dijelu ronilačkog turizma ali i u segmentu ronilačkih radova. Svrha je također jasno uređenje djelovanja svih subjekata vezanih za ronjenje kao osnove za daljnji razvoj svih ronilačkih djelatnosti.

Donošenje Zakona kojim će se urediti ovo područje predviđeno je u članku 1026. Pomorskog zakonika (Narodne novine, br. 181/04, 76/07 i 146/08).

Ovim Zakonom cjelovito se uređuje ukupnost svih aktivnosti u vezi s ronjenjem i to:

- određuje se područje primjene ovoga Zakona;
- definira se pojam ronjenja;
- određuju se vrste i načini ronjenja;
- načini osposobljavanje za ronjenje koje obuhvaća uvjete pod kojima pravne i fizičke osobe mogu obavljati naobrazbu i izobrazbu ronionca;
- sigurnosni i tehnički uvjeti za ronjenje;
- definira se pojam ronilačkih nesreća i nezgoda, te propisuje obveza istraživanja istih;
- određivanje područja pod posebnim uvjetima ronjenja,
- inspekcijski nadzor;
- kaznene odredbe.

Donošenjem ovoga Zakona i podzakonskih propisa donesenih na temelju Zakona sustavno će se urediti sve aktivnosti vezane za ronjenje i otkloniti svi nedostaci i problemi koji se danas pojavljuju u tom području.

### **2.5.2. Normativi i propisi vezani za ronjenja**

Ronjenje kao skup aktivnosti u vezi s ronjenjem, sada je normativno uređen na direktan ili indirektan način slijedećim propisima:

- Pomorski zakonik (Narodne novine br. 181/04, 76/07 i 146/08);
- Zakon o pomorskom dobru i morskim lukama (Narodne novine br. 158/03 i 141/06);
- Zakon o športu (Narodne novine br. 71/06);
- Zakon o udrugama (Narodne novine br. 88/01 i 11/02);
- Zakon o pružanju usluga u turizmu (Narodne novine br. 68/07);
- Zakon o radu (Narodne novine br. 38/95, 54/95, 65/95, 17/01, 114/03, 123/03, 142/03, 30/04 i 68/05);
- Zakon o stažu osiguranja s povećanim trajanjem (Narodne novine br. 71/99)



- Zakon o srednjem školstvu (Narodne novine br. 63/03);
- Uredba o postupku davanja koncesijskog odobrenja na pomorskom dobru (Narodne novine br. 36/04);
- Uredba o postupku davanja koncesije na pomorskom dobru (Narodne novine br. 23/04, 32/04, 68/04, 101/04);
- Pravilnik o obavljanju podvodnih aktivnosti (Narodne novine br. 47/99, 23/03, 28/03, 52/03 i 58/03);
- Pravilnik o uvjetima za obavljanje obuke ronjenja i športsko rekreativnog ronjenja (Narodne novine br. 105/00 i 24/03);
- Pravilnik o arheološkim istraživanjima (Narodne novine br. 30/05);
- Pravilnik o postupku i načinu izdavanja dopuštenja za obavljanje podvodnih aktivnosti u unutarnjim morskim vodama i teritorijalnom moru Republike Hrvatske u područjima gdje se nalaze kulturna dobra (Narodne novine br. 22/09);
- Pravilnik o srednjoškolskom obrazovanju odraslih (Narodne novine br. 112/00)
- Pravilnik o uvjetima i načinu održavanja reda u lukama i na ostalim dijelovima unutrašnjih morskih voda i teritorijalnog mora Republike Hrvatske (Narodne novine br. 90/05, 10/08 i 155/08).

## **3.OSOBNA ZAŠTITNA SREDSTVA I OPREMA**

### **3.1. Općenito o osobnim zaštitnim sredstvima**

Osobna zaštitna sredstva predstavljaju osobnu zaštitnu opremu koja se daje na korištenje osobama izloženim za vrijeme rada određenim opasnostima koje se drugim mjerama ne mogu otkloniti.

Osobna zaštitna sredstva se dijele na:

1. Sredstva za zaštitu glave; na primjer zaštitni kaciga koja mora štiti glavu od padajućih predmeta. Zaštitni kaciga mora imati ugrađenu kolijevku koja ima mogućnost podešavanja po veličini s razmakom od kacige između 2 i 4 centimetra.
2. Sredstva za zaštitu očiju i lica; poput zaštitnih naočala ili štitnika za varioce, služe za zaštitu od uljetanja čestica i strugotina u oči te za zaštitu očiju od štetnog zračenja kod npr. varenja.
3. Sredstva za zaštitu sluha; u koja spadaju vata, čepići i zaštitne slušalice (antifoni) se daju na korištenje osobama izloženim za vrijeme rada povećanoj buci koja se drugim mjerama ne može spriječiti.
4. Sredstva za zaštitu dišnih organa; služe kako bi se zaštitili dišni organi od štetnih čestica, prašina i plinova koji se vrlo lako mogu udahnuti i na taj način doprijeti do pluća i uzrokovati oštećenja tkiva. U ova sredstva spadaju respirator, cijevna maska s kisikom i zaštitna plinska maska.
5. Sredstva za zaštitu ruku; štite ruke od hladnoće i topline, električne energije, mehaničkih opasnosti, štetnog djelovanja kiselina i slično. Rade se od gume (za rukovanje kiselinama, za rad s uređajima pod naponom) ili kože (kod varenja).
6. Sredstva za zaštitu nogu; štite noge od padajućih predmeta (cipele sa čeličnom kapicom), zaštitu od štetnog toplinskog djelovanja (npr. cipele sa drvenim đonom).
7. Sredstva za zaštitu tijela; u koja spadaju zaštitna kuta, kombinezoni i slično služe kao zaštita od prašina i prljanja.
8. Sredstva za zaštitu od nepovoljnih atmosferskih utjecaja; štite radnike od hladnoće, vjetra, kiše, snijega.
9. Sredstva za zaštitu od pada sa visine; koriste radnici kojima nije moguće na niti jedan drugi način ograditi ili na drugi način osigurati radno mjesto. U ovu opremu spadaju zaštitna užad i opasači.

Pravila zaštite na radu nalažu uporabu osobnih zaštitnih sredstava kao posljednji korak u povećanju sigurnosti na radnom mjestu. Potrebno je prije pokušati otkloniti opasnosti na drugi način: zamjenom nesigurnog stroja za sigurni, automatizacijom radnog procesa ili

ograđivanjem opasnosti kako bi se spriječio pristup - primjenom osnovnih pravila zaštite na radu.

## **3.2. Osobna zaštitna sredstva i oprema ronioca pri obavljanju radova varenja i rezanja**

### **3.2.1. Oprema za podvodno varenje i rezanje**

Oprema koja se koristi za podvodno mokro zavarivanje objedinjena je s određenim prilagodbama, od opreme za ronjenje i opreme za zavarivanje i rezanje.

Ronilačka oprema uključuje: -suho ronilačko odijelo,  
-masku za suho odijelo (maska za cijelo lice),  
-crijevo za vanjsku dobavu (što podrazumijeva žičanu vezu za komunikaciju) i  
-crijevo za dobavu zraka, te spremnik zraka na površini s regulacijskim manometrom.

Oprema zavarivača i rezača se sastoje od;

- istosmjernog izvora struje, s obvezno sniženim naponom praznog hoda
- komplet posebnih kabela s pojačanom izolacijom,
- sklopka za prekidanje strujnog kruga,
- pištolja za zavarivanje (držač elektrode),
- elektroda za podvodno zavarivanje,
- te uređaja za rezanje npr. hidrauličke brusilice, i elektrode.

Oprema za podvodno mokro zavarivanje i rezanje mora zadovoljiti sve sigurnosne zahtjeve, a istovremeno se ronioncu moraju pružiti zadovoljavajući radni uvjeti, radi ograničenog vremena boravka pod vodom i ekonomičnosti samog procesa. Oprema se mora redovno održavati prema određenom planu, kako bi se produljio njen vijek trajanja i osigurala njena ispravnost u stvarnim uvjetima.

Ovisno o zahtjevima radnog zadatka, moguća je upotreba i dodatne opreme, poput:

- sistema za stabilizaciju zavarivača (platforma ili košara, prihvatni magneti),
- posebnih naprava za pridržavanje i centriranje radnih komada.
- grijanih odjela, ako se radi u hladnijim podnebljima.

### 3.2.2. Osobna zaštitna sredstva ronioca pri obavljanju radova varenja i rezanja

Da bi objasnili osobna zaštitna sredstva i predočili njihovu namjenu i primjenu, te naveli moguće štetnosti i opasnosti moramo ukratko proći osnovnu ronilačku opremu koja se u potpunost može svrstati u osobna zaštitna sredstva, upravo iz razloga što joj je cilj zaštititi osobu koja roni i obavlja podvodne ronilačke radove. Na izbor ronilačkih aparata i opreme za ronjenje utječu dubina ronjenja, specifičnosti i opseg radnog zadatka, temperatura vode, strujanja, i tehničke mogućnosti potpore i tehničke mogućnosti ekipe kojoj je povjerena zadaća. Za svaki tip uređaja postoje jasni kriteriji za neophodan minimum pomoćne opreme i pomagala bez kojih se ne smije roniti.

Da bi ronilac mogao obavljati podvodne radove, između ostalo i radove podvodnog varenja i rezanja potrebni su mu:

- aparati i uređaji za disanje ispod vodene površine,
- pomoćna oprema za ronjenje,
- uređaji za potporu i osiguranje ronioca,
- izotermna odjeća,
- kompenzator plovnosti,
- maska za varenje, zaštitno staklo,
- posebne zaštitne rukavice.

#### 3.2.2.1. Aparati i uređaji za disanje ispod vodene površine

Moramo naglasiti da se aparati i uređaji za disanje razlikuju te se dijele u dvije kategorije i to zbog uvjeta u kojima se koriste a to je dubina. Omogućuju dulji boravak ronioca ispod vodene površine, duljina boravka ispod vodene površine ponajviše ovisi o kapacitetu i volumenu boca, i vremenu potrebnom za obavljanje radnih zadataka. Dijelimo ih na autonomne ronilačke aparate (ARA) i uređaje-aparate koji se dišnim medijem opskrbljuju a površine.

##### 3.2.2.1.1. Autonomni ronilački aparat na zrak (ARAZ)



SLIKA 8..autonomni ronilački aparat

Funkcionira na načelu otvaranja kruga tako što se zrak, slično kao i u normalnom životu, udiše iz boce aparata i slobodno izdiše u okolnu atmosferu. Sastoji se od hidrostatskog regulatora koji može biti dvocjevni i jednocjevni, boce s rezervom zraka s armaturom i ventilom za aktiviranje rezerve zraka, remenja i eventualno ploče za ronjenje. Duša aparata je hidrostatski regulator koji roniocu u svako vrijeme "na zahtjev", samo tijekom udaha, osigurava potrebnu količinu zraka. Za normalne uvjete maksimalna dubina ronjenja mu je 40m, a samo iznimno od dobro uvježbanih i iskusnih ronioca s kategorijom ronioca instruktora do dubine 60m. Ograničenje dubine do 60m je zbog toksičnosti pojedinih plinova iz te smjese zraka, koja se javlja zbog tlaka na toj dubini, a posljedica joj je trovanje, nesvjestica, utapanje i smrt. Na slici 8 vidimo prikaz autonomnih ronilačkih aparata.

### 3.2.2.1.2. Autonomni ronilački aparat na kisik (ARAK)



SLIKA 9. ronilački aparat- ARAK

Funkcionira na principu zatvorena kruga. To znači da se nakon udisanja čistog kisika iz boca izdahnuti plinovi bogati kisikom i ugljičnim dioksidom, nakon eliminacije ugljičnog dioksida ponovno koriste za disanje. Primjenjuju se u ofenzivnim (diverzantskim) borbenim ronjenjima, prilikom izvođenja lakših ronilačkih radova. Sastoji se od boce(a) za kisik sa zapornim ventilom, ventilne skupine se spojenim cijevima, vreća za disanje s kanistrom za natronsko vapno i rebrastih dišnih crijeva s ventilnom kutijom. Kisik iz boca nakon međuredukcije u redukcijском ventilu reducira se u vreći za disanje. Iz vreće za disanje kisik se udiše iz crijeva za udah putem piska, a izdahnuti plinovi nakon oslobađanja od ugljičnog dioksida na natronskom vapnu vraćaju se u vreću za disanje. U njoj se miješa s čistim kisikom i ponovno udiše. Maksimalna dubina ronjenja s ARAK-om je do 10m. Na slici broj 8 vidimo prikaz autonomnog ronilačkog aparata na kisik –ARAK.

### 3.2.2.1.3. Autonomni ronilački aparat na mješavinu (ARAM)



SLIKA 10. ronionci opremljeni ARAM-om

Funkcioniraju na principu poluzatvorena kruga. Klasični ARAM sastoji se iz boce(a) za mješavinu sa zatvorenim ventilom, ventilne skupine, spojenih cijevi, jedne ili dvije vreće za disanje s kanistrom za natrsko vapno te rebrastih crijeva za udisanje i izdisanje s ventilnom kutijom i piskom. Napajaju se mješavinama obogaćenog zraka koje standardno sadrže 60, 40 ili 32,5 % kisika (Nitrox-60%, Nitrox-40% i Nitrox-32,5%). Nakon otvaranja boca izvorni visoki tlak mješavine se najprije reducira na odgovarajući među tlak kao kod ARAK-a. Udiše se iz vreća za disanje a izdiše kroz izdišno crijevo. Izdahnuti plinovi najvećim dijelom se regeneriraju i ponovno udišu pomiješani se svježom mješavinom iz boca. Najčešća im je primjena u protuminskom ronjenju. Na slici broj 10 su ronionci u pripremi za rad opremljeni autonomnim ronilačkim aparatima na mješavinu.

### 3.2.2.1.4. Zračne ronilačke boce (spremnici)

Zračne boce ili kako ih neki nazivaju, zračni spremnici služe za nošenje zraka potrebnog ronioncu za disanje tijekom boravka pod vodom i za spajanje hidrostatskog regulatora. Ovisno o broju boca aparati se dijele na jednobocne i višebočne. Višebočni mogu imati dvije najviše tri boce. Na slikama broj 11 imamo prikaz ronilačkih boca ,na slici lijevo vidimo jednobocne a desno su dvobocne.

Boce se izrađuju iz laganih čelika ili aluminijskih slitina za radni tlak od 150 bara, češće 200bara, a postoje aparati s radnim tlakom od 300bara, ali su rijetki. Obujam boce oscilira od 4 do 15, iznimno 20litara. Budući da su zračne boce pod povišenim tlakom predviđene za svakodnevne manipulacije i nošenje na leđima one podliježu strogim tehničkim propisima.



SLIKA 11. zračne ronilačke boce (spremnici)

Zaštiti i održavanju vanjskih i posebice unutarnjih stjenki posvećuje se posebna pozornost. Izvana se boce konzerviraju galvanizacijom, odnosno pocinčavanjem i nanošenjem epoksi boja odnosno vinil plastičnih pokrova. Unutrašnjost boca i to nakon poliranja se zaštićuje galvanizacijom, fosfatacijom, lakiranjem ili plastifikacijom.

Kontrola vanjske zaštitne boca i njihove ispravnosti obavlja se svakodnevno tijekom pripreme za ronjenje. Dublje ogrebotine, udubljenja i korozija razlozi su za reviziju i ponovnu zaštitu boca. Unutarnji pregled je tehnički puno teži, obavljaju ga ovlaštene osobe odnosno servisne radionice. Aluminijske boce ne korodiraju, no one su zbog mekoće aluminija osjetljivije na grebanje i udarce oštrim predmetima. Tako npr. vanjska zarezotina dublja od 2mm na aluminijskim bocama razlog je za njihovo odbacivanje prije isteka kontrolnog tlačenja.

Sve ronilačke boce moraju imati utisnute podatke o izradi, kvaliteti materijala i izvršenim provjerama. Detaljno atestiranje boca vrši se obavezno svake tri godine.

Podaci na bocama se obično utiskuju na zaobljenom dijelu boce. Iako postoji izvjesna razlika od zemlje do zemlje iz koje proizlaze, na bocama koje se upotrebljavaju u Hrvatskoj obično se otiskuju sljedeći podatci:

1. žig proizvođača i serijski broj,
2. specifikacija (standard) izrade,
3. datum proizvodnje i inicijalnog testiranja,
4. obujam i težina boce,
5. radni i ispitni tlak,
6. žig i datum sljedećih ispitivanja.

### 3.2.2.1.5. Ronilačke boce punjene mješavinom

Ronilačke boce se osim zrakom mogu puniti i mješavinom, te se boce koriste isključivo za obavljanje ronjenja odnosno radova na velikim dubinama.

Prema mješavini kojom se boce pune možemo ih podijeliti na boce na Trimix, boce na Nitrox, Heliar i Heliox. Na slici broj 12 vidimo prikaz ronioca sa bocom na Trimix.

Profesionalni/komercijalni ronionci dušik pokušavaju izostaviti, jer u srednjim dubinama (od 20-40 m) koriste mješavinu helij i kisik, zvanu HELIOX...

Za mješavine u dubljim zonama (od 60m pa naviše), potrebni kisik koji je sadržaj naše mješavine pa sve do točke kod koje možemo miješati helij i zrak, zvan HELIAIR – ne smije se dodavati kisik.



SLIKA 12.boce punjene mješavinom TRIMIX

#### 3.2.2.1.5.1. Trimix

Trimix je mješavina odnosno bolje rečeno kombinacija kisika, helija i dušika. Ideja Trimixa je umanjiti dušik sa helijem tako da možemo izbjeći manjkavosti pri disanju na visokim parcijalnim tlakovima dušika...

Zrak koji dišemo sadrži oko 20,9% kisika, 79,1 % dušika, 0,33% pasivnih plemenitih plinova. Sve je u najboljem redu dok se ne počne disati taj zrak pod vodom. Kako se uranja dublje parcijalni tlakovi ovih plinova se povećavaju i počinju se pojavljivati npr. glavobolje - za koje mnogi govore da nije istina no čitajući literaturu uvidjela sam da se glavobolja stvarno pojavljuje i da čak može prouzročiti dezorijentaciju, te nesvjesticu, u nekim slučajevima i smrt.



Inače na Trimix se može disati i na površini. Općenito govoreći, ljudsko tijelo može izdržati niži postotak kisika od 16 %, dakle ako imamo 17%-tnu mješavinu, možete je disati koliko god hoćete, bez straha od hipoksije. Mogućnost disanja mješavine ovisi o postotku kisika.

Helij se upotrebljava jer je neotrovan, bezbojan, bez okusa i mirisa, pasivan, te jako lagan i neeksplozivan plin. Njegove prednosti su mu to što nema narkotičnih djelovanja, mala mu je gustoća, znatno smanjen udisajni otpor u dubinama, ne ulazi u masna tkiva (npr. mozak) kao dušik. Nedostaci su mu to što provodi toplinu 5 puta brže od zraka, kod nekih ronilaca pri uronu pojavljuje se hiperbarična artralgiya koja se odnosi na upalu zglobova. Helij je manje gust od dušika, on ulazi i izlazi iz tkiva znatno brže od dušika. Paradoksalno helij zahtjeva malo više dekompresijskog vremena u kraćim ronjenjima nego zrak, ali zato manje dekompresijskog vremena na dugim uronima nego zrak. Ključ korištenja helija je: lagan(spor) uron i spor izron. Posebni duboki zastanci su potrebiti kada je izron na helijevoj mješavini. Helij ima sposobnost brzog odlaska iz tkiva, dakle duplo brže odlazi iz organizma nego dušik, i to mu je velika prednost.

#### 3.2.2.1.5.2. Nitrox



SLIKA 13.boce na NITROX

Nitrox ljudi nazivaju zrak obogaćen kisikom. Nitrox je mješavina dušika i kisika (N<sub>2</sub>/O<sub>2</sub>). S obzirom da ova dva plina čine preko 99% atmosferskog zraka koji normalno udišemo, troposfera - tanki sloj atmosfere uz Zemlju u kojem se odvija život je isto što i jedna vrsta Nitrox-a. Na slici broj 13 vidimo prikaz ronilačkih boca na Nitrox.

Pri ronjenju sa zrakom ronionicima je poznato narkotično djelovanje dušika koje se javlja na većim dubinama. Iako se većini ronioca izraziti simptomi tog djelovanja dušika javljaju tek pri dubinama većim od 50 metara (uz izrazite varijacije), nešto blaži simptomi javljaju se i ranije - već oko 40m. Drugi problem poznat svim ronionicima je dekompresija odnosno nužnost dekompresijskih zastanaka koji ovisno o dubini i vremenu ronjenja, znaju počinjati i na dubini od 12 metara i trajati i do sat vremena. Pri obavljanju podvodnih radova, kada ronionci provode

više sati (dana) pod vodom, dekompresija može trajati i nekoliko dana. Ronjenje s Nitrox-om ograničava ove neželjene pojave koje prate boravak u atmosferi povišenog tlaka.

Prednosti ronjenja s Nitrox-om ovise o količini dušika otopljenog u tjelesnim tekućinama. Što ga je više otopljeno u tkivima, to će vrijeme dekompresije biti duže, a što ga je više u staničnim membranama, bit će izraženije njegovo narkotično djelovanje. S obzirom da se pri ronjenju, s povećanjem dubine, nužno povećava i tlak plinske mješavine koju ronilac udiše, negativne pojave vezane uz visok parcijalni tlak dušika mogu se kompenzirati smanjivanjem njegova udjela u mješavini i upravo je to postignuto u Nitrox mješavinama. Zahvaljujući smanjenom parcijalnom tlaku dušika u smjesi, smanjuje se njegovo narkotično djelovanje i skraćuje vrijeme dekompresije. Nažalost, uz velike prednosti ronjenja s Nitrox-om, vezana su i neka ograničenja. Naime, pri povećanom parcijalnom tlaku, kisik također postaje opasan za organizam i to simptomima poznatim kao "kisikova epilepsija". Pri ronjenju sa zrakom, smatra se da je granična dubina pri kojoj počinje toksično djelovanje kisika - 66m, i to već pri kratkim boravcima karakterističnim za rekreacijsko ronjenje. Pri dužim boravcima, kisik djeluje toksično i na manjim dubinama. S obzirom da su Nitrox mješavine obogaćene kisikom (32%, 36%), granična dubina ronjenja zbog toksičnog djelovanja kisika, manja je nego za ronjenje sa zrakom, za 32% ona iznosi 39m, a za 36% 33m.

#### **3.2.2.1.5.3.HeliAir**

HeliAir (HeliAir) je točno to što sam naziv kaže - plinska mješavina Helija i Zraka(AIR), kasnije je napravljena mješavina kisika i dušika. Sva tri sastavna dijela pronaći ćemo u plinskoj mješavini znanom po imenu Trimix, razlika je samo u načinu kako se miješaju plinovi. HeliAir je jednostavno miješan točenjem u ronilačku bocu te zadovoljava količinu helija i završava sa zrakom(AIR). Kao Trimix, HeliAir se obično koristi u mješavinama za disanje, zbog smanjene narkoze (narkotičnog djelovanja) koje je svedeno na prihvatljivu razinu za vrijeme obavljanja radova na dubini. Dakle Heli Air nam daje nekoliko značajnih prednosti isto kao i Trimix.

Prednosti Trimix-a nad HeliAir-om; ako je cilj ronjenja dubina, plinovi mogu biti miješani tako da bude prilagođen maksimalnoj sigurnosti, dodavanjem optimalne količine kisika, smanjujemo helijeve i dušikove nivoe kako bismo sačuvali minimum, smanjujući narkotičko djelovanje i vrijeme dekompresije. Smanjivanje vremena dekompresije je samo mali postotak usporedivši jednako vrijednu mješavinu HeliAir, ali to može biti važno samo nekoliko minuta.

#### **3.2.2.1.5.4.Heliox**

Heliox je mješavina helija(He) i kisika(O) koja se koristi za jako duboka ronjenja, obično više od 61 metra. Pri ronjenju s helijem nema narkotičnog djelovanja dušika.

Ronjenje s helijem zahtjeva puno više vremena za dekompresiju. Preko 92 metra helij može prouzročiti nervni sindrom visokog tlaka. Nedostatak helija je da provodi toplinu šest puta brže od dušika, dakle ronionicima u odnosu na helij, je znatno hladnije kada rone na zrak.

Problem je činjenica da helij ima znatno manju gustoću od dušika ili zraka, te zato imamo rezultat piskavog glasa, koji je prouzročen znatno bržim vibriranjem glasnica. Profesionalni ronionci koriste "dešifratore" glasa kako bi njihov razgovor bio razumljiv. Ronjenje s Heliox-om je isključivo za profesionalne ronioce.

### 3.3.Pomoćna oprema za ronjenje i izvođenje podvodnih radova

Pomoćna oprema ronionca koji obavlja radove podvodnog varenja i rezanja se sastoji od osnovne glavne ronilačke opreme, bez koje se ne može izvesti boravak ispod vodene površine, a sastoji se od: maske za ronjenje, peraja, ronilačkog odijela, rukavica, kompenzatora plovnosti, boca za ronjenje, instrumenta, noža, utega, ronilačkih čizama, i dodatne opreme koja se upotrebljava za obavljanje određenih podvodnih radova u našem slučaju podvodnog varenja i rezanja. Na slici broj 14 vidimo kompletan i detaljan prikaz ronilačke opreme i njezin položaj, odnosno mjesto na kojem se uvijek nalazi. Svaki dio opreme ima točno određeni propisani položaj zbog toga da bi se ronioncu olakšalo snalaženje i rad pa i sam boravak ispod vodene površine s opremom te da bi se prije svega smanjile moguće ozljede u nekim slučajevima i smrt, zbog nepredvidivih uvjeta rad, kao što su jake morske struje, zamućenost vode, smanjena vidljivost idr.



SLIKA 14.detaljan prikaz opreme

### 3.3.1.Maska za ronjenje

Maska je osnovni dio autonomne ronilačke opreme. Ona je roniočev prozor u svijet, omogućava oštrinu gledanja i štiti oči od nadražujućeg djelovanja morske vode. Gledajući kroz masku pod morem predmeti su prividno uvećani za trećinu i bliži za četvrtinu od stvarne udaljenosti.

Maska za ronjenje pomagalo je bez kojega nema sigurnog rada pod morem. Pri izboru maske potrebno je znati da treba izabrati masku koja najbolje prijanja licu i koja će što je više moguće spriječiti ulazak vode u zračni prostor. Postoje maske za ronjenje na dah i Scuba (autonomno) ronjenje. Razlika je u dimenziji i volumenu zračnoga prostora.

Za izvođenje radova podvodnog varenja i rezanja isključivo se koriste maske za cijelo lice. One pokrivaju cijelo lice ronioca i omogućavaju disanje i na nos, te ugradnju uređaja za komunikaciju između ronioca i bazne stanice na površini.

Maske koje pokrivaju cijelo lice često su sastavni dio nekih od ARAZA ovisno o upotrebi prilikom izvođenja različitih radnih zadataka.

Maske mogu biti s jednim, dva ili tri stakla. Standardne maske obično imaju samo jedno staklo, dva se stakla ugrađuju obično u maske reducirana obujma, dok se tri stakla nalaze na panoramskim maskama koje imaju veliku širinu vidnog polja.

U našem slučaju ronioca koji obavlja radove podvodnog varenja i rezanja podrazumijevaju se maske od temperiranog stakla jer u slučaju prskanja komadići ne nanose ozljede nosiocu maske. Na slici broj 15 imamo primjer maske za cijelo lice s tempiranim staklom.



SLIKA 15. maska za cijelo lice s tempiranim staklom

Osim povećanjem površine stakla, vidno polje maske može se povećati smanjenjem dubine obrazine, ugradnjom ležišta za nos, nagibanjem ili izbočivanjem stakla. Kod maski s ležištem za nos olakšano je izjednačavanje tlaka u ušima pomoću valsalvina postupka.

Ventil za odvodnjavanje maske ako je odgovarajućeg profila i korektno izveden, promjera od 19-38 mm, olakšava i ubrzava pražnjenje maske. Loša mu je strana što starenjem gume ventil može propuštati. Zamjenom ventila taj se nedostatak lako otkloni.

Brtvljenje obrazine obavlja odgovarajuće modelirani rub s jednostrukim ili dvostrukim brtvljenjem te izradom ruba od finog neoprena.

Danas većinom maske na tržištu imaju dvostruki rub za brtvljenje. Maske s jednim rubom su nježnije i duže se mogu nositi u odnosu na obrazine s dvostrukim brtvljenjem. Neopren je veoma nježan, dobro se podnosi i veoma kvalitetno brtvi na malim dubinama. S porastom dubine zbog gnječenja neoprena dolazi do propuštanja te vrste maske. Valja napomenuti da brtvljenje maski obavljaju sami ronionci ukoliko je to potrebno. Namjena tjemelog remena jest fiksirati masku na lice samog ronioca. Treba se lako regulirati, biti čvrst, pouzdan i da se nakon otpuštanja sam ne izvlači iz spona.

Budući da nema univerzalnih maski, poželjno je i preporučljivi poznavati kriterije za odabiranje kvalitete maske. Na slici broj 16 imamo klasičnu masku za cijelo lice.



SLIKA 16. maska za cijelo lice

Prednosti su im što pokrivaju cijelo lice ronioca, imaju lagani nadtlak zraka, automatsko odmagljivanje i malo nakupljanje ugljičnog dioksida. Nadtlak u maski sprječava naplavlivanje maske. Dodatna im je prednost da omogućuju razgovjetan govor ronioca i povezivanje na sve poznate vrste žičane i bežične govorne komunikacije pod vodom. Imaju veliko vidno polje te dobro štite lice kod ronjenja u zagađenim vodama. Uz neke tipove maski isporučuje se i zaštitna kaciga u sredinama gdje postoji opasnost od pada predmeta na ronioca.

Maske za cijelo lice mogu se opskrbljivati zrakom ili umjetnim plinskim mješavinama, i to iz ronilačke boce s kojom se može roniti do dubine od 60m, ili opskrba s površine uz pomoć pupkovine (do 18 m).

### 3.3.2. Regulatori

Regulatori su osobito važan dio opreme ronioca. Ronioci preko njega izravno udišu zrak koji im je neophodan ne samo za rad već i za sam boravak ispod vodene površine. Regulator za ronjenje sastoji se od prvoga i drugoga stupnja. Prvi stupanj ima zadatak reducirati tlak iz boce na 9 bara. Drugi stupanj se sam regulira na tlak okoline prilikom čega omogućava nesmetano disanje ronioncu. Ronilačku opremu važno je redovito održavati, a posebno njen najosjetljiviji dio – regulator. Na slici broj 17 imamo prikaz dva regulatora.



SLIKA 17 regulatori

### 3.3.3. Ronilačko odijelo

Ronilačko odijelo štiti tijelo ronioca od ogrebotina, životinjskih uboda, no prvenstvena mu je uloga da spriječi gubitak topline roniočeva tijela. Tijekom dužega boravka pod vodom i na većoj dubini ronionci su izloženi niskim temperaturama. Postoje dva tipa odijela za ronjenje: mokro i suho odijelo.



SLIKA 18. mokra ronilačka odijela

Mokra odijela izrađuju se od neoprenskog materijala i tijesno prijanjaju uz tijelo održavajući tjelesnu temperaturu ronioca. Propušta malu količinu vode i zbog toga se zovu mokra odijela, no ta količina vode između kože i odijela vrlo se brzo zagrije i postaje toplinski izolator.

Svako mokro ronilačko odijelo ima isti princip održavanja tjelesne topline ronioca. Naime, neopren je materijal koji u sebi sadrži sitne mjehuriće koji ga čine toplinskim izolatorom. U trenutku kada se odijelo smoči, voda koja se našla u porama materijala zagrijava se tjelesnom temperaturom ronioca, zbog toga je jako važno da je odijelo idealnih mjera.

Ako je odijelo preveliko, more će prodrijeti između tijela i odijela, te zagrijavanje neće biti moguće. Isto tako, ukoliko je odijelo premalo, vrlo vjerojatno će doći do prestanka cirkulacije u ekstremitetima, te će nastupiti pothlađivanje. Na slici broj 17 imamo prikaz dva različita modela suhih ronilačkih odijela.

Suha odijela potpuno sprječavaju ulaz vode. Na sebi imaju priključak za stlačeni zrak i mogu se napuhavati, te na taj način služiti i kao dodatni kompenzator plovnosti. Ispod suhoga odijela oblači se pod odijelo koje je ključni čimbenik za osiguranje dobre termičke zaštite. Iako su suha odijela puno bolja toplinska zaštita od mokrih odijela, za njihovu uporabu potrebno je završiti poseban specijalistički tečaj kako bi ih se naučilo pravilno koristiti. Na slikama broj 18 imamo suho ronilačko odijelo, na desnoj slici vidimo ronioca odjevenog u suho ronilačko odijelo.



SLIKE 19. suha ronilačka odijela

Iako služi istoj svrsi kao i mokro, zaštiti ronioca od nepovoljnih vanjskih utjecaja, suho ronilačko odijelo je nešto sasvim drugačije od mokrih modela.

Koristi se za ronjenje na velikim dubinama, ali i za ronjenja gdje je boravak duži od granice izdržljivosti. Kako mu i samo ime govori, ronilac je u potpunosti suh, te je, ovisno o temperaturi mora, u ovome odijelu moguće na sebi imati sve, od donjeg rublja do polarnog pododjela. Toplinska izolacija je također na višoj razini, a i samo svlačenje se obavlja znatno lakše nego kod mokrog odijela. Radi se o krutom, potpuno voodopornom odijelu, koje se

najčešće proizvodi od trilaminata (kombinacija triju različitih materijala) ili crash neoprena (već stlačeni neopren).



SLIKA 20. manžete

Svako suho odijelo ima manžete na rukavima i na vratu, a često i na nogavicama ukoliko se ne radi o modelu sa integriranim čizmama. Slika broj 20 prikazuje manžetu na suhom ronilačkom odijelu, to je suženi i ojačani dio rukava odijela koji sprječava prodor vode u samo odijelo, ukoliko se rukavice skinu manžete će spriječiti ulazak vode u odijelo jer su pripijene uz samu ruku, a rukavice samo upotpunjuju opremu i štite ruke.

Zbog velikih dubina koje rezultiraju velikim tlačenjem, svako suho odijelo na sebi ima i crijevo sa prekotlačnim ventilom, koje je spojeno na ronilačku bocu. Ovakav sistem omogućava da se upuhuj zrak iz boce u odijelo, te se na taj način eliminira tlačenje samog tijela. Modeli su najčešće jednodijelni, te dolaze sa patentom na leđima ili dijagonalnim patentom na prednjoj strani odijela. Jedini dio koji nije u sklopu odijela je njegova kapuljača, koja dolazi posebno, zbog toga ima prianjajuću vratnu manžetu, te je samim tim prodor vode u potpunosti eliminiran. Suha odijela koriste isključivo profesionalni ronionci, što se da i zaključiti, kada je poznato da se početni modeli daju kupiti tek od 5000 kn, a cijenom ih je moguće naći i skuplje iznad 12000 kn.

### 3.3.4. Kompenzator plovnosti

Kompenzator plovnosti ima namjenu smanjiti potrebu da ronilac radom peraja osigura plovnost. Kompenzator plovnosti sadrži zračni mjehur (vreću) čijim punjenjem i ispuštanjem ronionci kompenziraju razliku u plovnosti. Spojen je na regulator, tako da je u svakom trenutku moguće napuhavanje. Opremljen je sustavom za ispuštanje zraka te sigurnosnim ventilima za prenapuhavanje. Uglavnom je u obliku prsluka na koji se pričvršćuju boce, regulator, alternativni spremnici za zrak, i razni dodaci, poput raznih džepova i slično, a na nekima su i utezi. U nekim situacijama kompenzator plovnosti služi kao pojas za spašavanje, kad se napuni zrakom automatski ronionci "diže" na vodenu površinu i na taj način spašava živote. Na slikama broj 21 imamo dva različita modela kompenzatora plovnosti.





SLIKE 21. kompenzatori plovnosti

### 3.3.5. Ronilački utezi

Ronioci nose utege kako bi se savladao uzgon koji stvara druga oprema koju oni koriste (odijelo i boce). Uglavnom je to niz olovnih ploča na pojasu koji se kopča oko struka ili inačica s pojasom sa spremnicima u koje se stavljaju utezi u obliku vrećica punjenih olovnim kuglicama. Remen se kopča kopčom koja omogućava brzo otkopčavanje i skidanje remena u slučaju opasnosti. Na slici brij 22 imamo klasične ronilačke utege koji se stavljaju na tijelo ronioca poput pojasa u struku.



SLIKA 22. ronilački utezi

### 3.3.6.Peraje

Svrha peraja je da omogućće što je preciznije moguće kretanje u vodi roniocu ispod vodene površine. Osnovni dijelovi peraja su ploča i ležište za nogu. Osim peraja za djecu koje se proizvode za polivinila, ostale se proizvode od kvalitetne najčešće crne sintetske gume, te se peraje isključivo koriste za obavljanje podvodnih radova, u novije vrijeme se proizvode i od silikona čiji je jedini nedostatak visoka cijena. Na slikama broj 23 imamo peraje koje se isključivo koriste za podvodne radove.

Peraje mogu biti tvrde, polu tvrde i meke. Što se tiče težine, one do pola kilograma smatraju se lakim, od pola kilograma do jednog kilograma srednje teškim a preko kilograma teškim perajama.

Tvrde peraje su predviđene za brzo plivanje na kratkim udaljenostima. Zahtijevaju napor da se razvije brzina. One brže umaraju i zahtijevaju veći napor od mekih peraja. Meke peraje su za duga plivanja jer na zamaraju noge. Polu tvrde peraje su kombinacija koja se po svojim osobinama nalazi između tvrdih i mekih. Težina utječe povoljno na povećanje brzine, ali isto tako izaziva brže zamaranje nogu.

Postoje dva različita modela radnih peraja, prve su pune peraje sa zatvorenim stopalom a druge su s petnim remenom, sa straga otvorenim stopalom i remenom za petu.

Pune peraje se koriste za plivanje u toploj vodi uz uvjet da su odgovarajuće veličine. Tijesne peraje stežu, izazivaju grčeve i povećavaju osjetljivost na hladnoću.



SLIKE 23. peraje za podvodne radove

Peraje s petnim remenom su univerzalne te se najčešće koriste za obavljanje radova podvodnog varenja i rezanja, budući da se reguliranjem remena mogu prilagoditi stopalu. One su predviđene za korištenje sa čizmicama koje štite od hladnoće i ozljeda stopala prilikom obavljanja podvodnih radnih zadataka. Na slikama broj 23 desno su tvrde peraje sa zatvorenim stopalom a lijevo peraje sa petnim remenom. Peraje s petnim remenom imaju prorez na samoj ploči peraje, prorez ublažava propulziju koja nastaje prilikom zamaha nogu

kod plivanja, smanjenjem propulzije smanjuje se mogućnost zamućivanja vode ( npr. pijeskom, muljem..) ukoliko se radovi izvode pri samom danu. Te peraje omogućuju veću slobodu prilikom izvođenja radova jer ih ronilac u bilo kojem trenu može izuti. One se obuvaju na ronilačke čizmice.

### 3.3.7. Zaštitne cipele



SLIKE 24. ronilačke čizmice

Čizmice za ronjenje (slika 24) sa patentom i gumiranim protukliznim đonom, izrađuju se od neoprena, minimalne debljine 3mm.

Namjena im je štititi noge ronioca od hladnoće, proklizavanja, ponekad je za vrijeme obavljanja radova potrebno izuti peraje da bi ronilac imao što bolju potporu (oslonac), naravno radi se o radovima na samom dnu. Također štite noge od ozljeda u ovom slučaju kod podvodnog varenja i rezanja, gdje dolazi do prskanja raznih strugotina metala, koje mogu ozbiljno naštetiti roniocu. Svrha im je štititi noge ronioca da bi što bolje, brže, jednostavnije i sigurnije obavljali radne zadatke. Ronilačke čizmice se obuvaju na peraje s petnim remenom.

### 3.3.8. Ronilačka užad

Ronilačko uže možemo još i nazvati i životnim užetom, jer upravo ono ponekad život znači. Jednim krajem veže se oko roniočevog pojasa sa utezima dok drugi kraj na užetu pridržava asistent ronilac. Uže je neophodno zbog loše vidljivosti, zamućenosti vode, jakih struja, za sigurno i precizno spuštanje ronioca u dubinu vode i siguran povratak. Služi i kao signalno uže za prenošenje ručnih signala..

Da bi ronilac mogao početi s izvođenjem radova pod vodenom površinom potrebna mu je užad i to čak tri osnovna užeta, to su: utezno uže, spusno uže i uže vodić.

Utezno uže je obvezan dio opreme predviđen je za zaranjanje i izranjanje ronioca, on je nit vodilja. On sprječava pad u dubinu i gnječenje ronioca. Jedna strana užeta se veže tj. učvršćuje na kopnu, obali, platformi ,brodu sve ovisi o mjestu izvođenja radova, a na drugu stranu se stavlja uteg koji se osigura na dnu.

Spusno uže je namijenjeno za spuštanje torbe s oruđem ili pojedinačnog pribora (strojeva, alata, elektroda, spojki i sl.), ronioncu dok se nalazi u vodi, glavna prednost mu je praktičnost kada ronilac u tijeku rada zatreba dodatni pribor. Na dno užeta objesi se torba s oruđem potrebnim za rad ili pojedinačni dio pribora. Na slici 25 vidimo ronionca osiguranog užetom.



slika 25. ronilac osiguran užetom

Uže vodić-služi da ronionca što prije dovede do radnog mjesta i da mu osigura lak povratak do uteznog užeta. Na jednom kraju pričvršćuje se na uteg a na drugom za neki predmet blizu roniončeva radnog mjesta. On je posebice neophodan za rad u jakoj struji i u vodi u kojoj je slaba vidljivost. U jakoj struji služi i za to da bi se ronilac tijekom rada za njega pridržao. Za tu se svrhu korist uže od čvrste manile ili najlona.

### 3.3.9. Ronilački nož



SLIKA 26. ronilački nož

Možda bi se nekome činilo da nož i nije tako važan dio opreme, ali on ima vrlo važnu ulogu za sigurnost ronioca. Njegova namjena nije samoobrana od nemani, već da bi se ronilac mogao osloboditi užadi u slučaju nezgode ili ako se zapetlja u njih. Nož je odlično sredstvo i za komunikaciju pod vodom između ronioca davanjem zvučnih signala kucanjem nožem o tvrdi predmet, primjerice bocu. Ronioci ga postavljaju na opremu i na sebe na razne načine i razna mjesta, no najpogodnije mjesto za nošenje noža unutrašnja je strana potkoljenice što ga čini lako dostupnim, ali i najmanje vjerojatnim da zapne za nešto.

### 3.3.10. Zaštitne rukavica

Zaštitne rukavice za ronjenje (slika 27) sastavni su dio obvezne ronilačke opreme, svrha im je da zaštite ruke ronioca od vanjskih utjecaja okoline, vode i hladnoće. Kao i zaštitna ronilačka odjela izrađuju se od neoprenskog materijala, štite ruke ronioca od ogrebotina i pothlađivanja, napravljene su tako da savršeno prijanjaju uz ronilačka odijela.



SLIKA 27. klasične zaštitne rukavice

### 3.3.11. Rukavice za varenje

Prilikom izvođenja radova podvodnog varenja i rezanja koriste se isključivo ove klasične zaštitne rukavice, prikazane na slici broj 28 kao i kod varenja na suhome. Jedina razlika između upotrebe zaštitnih rukavica za varenje na kopnu i u vodi je ta da se kod podvodnog varenja one oblače preko klasičnih ronilačkih rukavica. Zbog visoko kvalitetne izrade i visoke otpornosti samog materijala od kojeg se izrađuju ne upijaju vodu i stoga u vodi štite isto kao i na suhom, ali zbog rada u vodi ispod njih je potrebno obavezno nositi klasične ronilačke rukavice iz razloga što rukavice za varenje ne štite ruke ronioca od utjecaja vode i pothlađivanja. Svrha im je uvijek ista zaštititi ruke od visokih temperatura, ugrijanog metala, opekline, toplinskog zračenja, od radijacije i sićušnih čestica koje se stvaraju prilikom varenja. Ove zaštitne rukavice podnose iznimno visoke temperature, te ih niti jedne druge ne mogu zamijeniti, osobito se ne preporučuju one koje imaju gumirane prste i dlanove jer se materijal može rastopiti i prouzrokovati ozbiljne opekline skupa sa rastopljenom gumom jer se prilikom podvodnog varenja stvaraju jako visoke temperature čak i više od onih prilikom

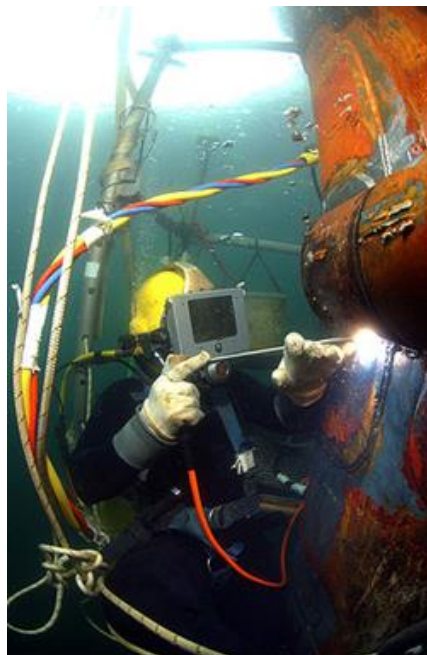
varenja na suhom jer se vari u vodi. Ove se zaštitne rukavice također koriste i prilikom podvodnog rezanja.



SLIKA 28. rukavice za varenje

### 3.3.12. Zaštitna maska za varenje

Zaštitna maska za varenje (slika 29) je najvažniji dio opreme, bez zaštitne maske je nemoguće variti. Ona štiti oči i lice od radijacije, topline i čestica koje se stvaraju prilikom varenja. Ona se stavlja na lice ronioca izravno na masku za ronjenje, maska za ronjenje pri izvođenju radova podvodnog varenja mora biti maska za cijelo lice, mora biti adekvatno pričvršćena, istodobno mora osigurati precizan pogled na ono što zavarujete i prije svega zaštititi lice i oči ronioca od iskrenja, radijacije. Velika prednost ove zaštitne maske je to što je pričvršćena na masku za ronjenje te tako olakšava sam rad u ionako teškim uvjetima i okolini rada. Samim tim što je pričvršćena omogućava da se radovi izvode s obje ruke i s vrlo visokom preciznošću.



slika 29. ronioc se zaštitnim staklom

## 4. RONILAČKE BOLESTI I NEZGODE

Ronilačke bolesti nazivamo još i disbaričnim bolestima ili ozljedama budući da nastaju zbog promjene tlaka. Najpoznatija ronilačka bolest ujedno i najveći neprijatelj ronilaca je dekompresijska bolest(DB).

Osim dekompresijske bolesti, u ronjenju se često javljaju i drugi disbarični poremećaji kao što su različite barotraume: pluća, uha, očiju, kože, crijeva, zuba. Ove barotraumatske ozljede koliko god neugodne i potencijalno opasne bile, ipak nisu najvećim neprijateljima ni ronjenja niti ronilaca. Jedina bi iznimka bila ozljeda pluća pri ronjenju, tzv. barotrauma pluća i njene posljedice, ali je ona izuzetno rijetka.

U tablici 1. prikazana je tradicionalna klasifikacija disbaričnih ronilačkih bolesti.

DEKOMPRESIJSKA BOLEST		
Tip 1	Tip 2	
Koštano-mišićni oblik	Plućna dekompresijska bolest	
Kožni oblici Prolazni svrbež Kožne cirkulacijske manifestacije Limfatička dekompresijska bolest	Neurološka dekompresijska bolest Dekompresijska bolest spinalne medule Cerebralna dekompresijska bolest Dekompresijska bolest perifernih živaca	
Opća slabost, anoreksija i umor	Hemokoncentracija i hipovolemični šok	
BAROTRAUMA		
Pluća	Uha	Ostalo
Medijastinalni emfizem Pneumotoraks Arterijska plinska embolija	Vanjski zvukovod Srednje uho Unutarnje uho	Paranasalni sinusi Zubi Gastrointestinalni trakt

Tablica 1. Tradicionalna klasifikacija disbaričnih ronilačkih bolesti.

### 4.1. Oboljenja i ozljede

Čovjek je dugo vremena tehnološki stvarao povoljan trenutna za siguran i pouzdan uron pod vodenu površinu. Ovo je kratak opis ozljeda i bolesti koje mogu nastati u vodenom okruženju i način sprečavanja istih. Radi se isključivo o boravku čovjeka pod vodenom površinom uz osiguranje fizioloških uvjeta disanja (ronjenje s autonomnim ronilačkim aparatom).

Oboljenja koja mogu nastati u ronjenju mogu se podijeliti na opća i specifična. Opća obuhvaćaju mehaničke povrede izazvane predmetima u vodi, djelovanje vodene sredine,

specifičnom opremom i propustima u tehnologiji ronjenja (gnječenje) te oboljenja izazvana prekomjernim rashlađivanjem.

Najčešće ozljede prilikom izvođenja ronilačkih radova varenja i rezanja su: gnječenje, naglo izbacivanje ronioca na površinu, barotraumatski poremećaji uha, sinusa i zuba, upala zvukovoda, nedostatak kisika, zapuhavanje(gušenje),prekomjerno rashlađivanje, pregrijavanje ronioca, dekompresijska bolest, barotraumatska plinska embolija, prekomjerno širenje plinova u probavnom traktu, toksično djelovanje kisika, toksično djelovanje ugljičnog dioksida, pijanstvo velikih dubina-narkotičko djelovanje dušika, trovanje ispušnim plinovima, prijeteće utapanje i utapanje, unutarnje gušenje ronioca, ozljede izazvane djelovanjem mora te mnoge druge. Najčešće ozljede prilikom obavljanja radova podvodnog rezanja i varenja uz sve gore navedene se još i opasnosti od strujnog udara, opekline, porezotine i dr.

Neke od ovih ozljeda jesu veoma ozbiljne i mogu ozljeđenog stajati života, međutim pridržavanjem određenog broja pravila koja su izuzetno jednostavna izvođenje radova i samog ronjenja postaje izuzetno sigurnije.

#### **4.1.1.Utjecaj povišenog tlaka na tjelesne šupljine**

Zrak pod pritiskom je najsigurnija mješavina plina koju možemo udisati. Međutim pod povišenim pritiskom javljaju se problemi koje moramo proučiti i objasniti. Veći dio čovječjeg tijela sastoji se od tekućine. Zbog toga se ne može stlačiti. U principu, čovjek može kao i riba uronjavati u dubine, a da ne bude zdrobljen uz izuzetak da i u našem tijelu ima šupljina koje mogu biti stlačene i ozlijeđene ako nisu napunjene zrakom pod određenim protu pritiskom.

- a) Usta i pluća: Aparat daje uvijek roniocu zrak pod istim pritiskom okolice, što omogućuje održavanje ravnoteže pritiska.
- b) Sinusi: Čim su otvoreni, napune se zrakom istog pritiska. Kada su sinusi začepljeni zbog prehlade ili bolesti, ne preporučuje se ronjenje
- c) Želudac i utroba: Stjenke želuca i utrobe su elastične i zato nema poteškoća kada se nalaze pod pritiskom.
- d) Srednje uho : Srednje uho povezano je s grlom pomoću cijevi koja se zove Eustahijeva tuba. Samim uronom, okolni tlak je u porastu povećanjem dubine. Time je i veća razlika između tlaka okoline i tlaka u šupljini srednjeg uha. Pri tome dolazi do djelovanja povišenog vanjskog tlaka na bubnu opnu uha, a to osjećamo kao pritisak u ušima. Ta se pojava mora spriječiti kompenzacijom tlaka u srednjem uhu. Izjednačenje tlaka u ušima postiže se tzv. ‘‘Valsalvinim manevrom’’.Postupak se vrši nakon dovršenog udisaja. Izvodi se tako da stiskajući obje nosnice puhnemo u nos. Iz usne i nosne šupljine zrak pod tlakom prolazi kroz Eustahijeve tube, prodire u šupljinu srednjeg uha i s unutarnje strane izjednačava tlak i ispravlja bubnjić.



#### **4.1.2.Barotrauma pluća**

Kod ronjenja s autonomnim ronilačkim aparatom stvarni volumen udahnutog zraka u plućima se mijenja ovisno o okolnom tlaku (isti kao i tlak zraka koji udišemo), kao i gustoći tog udahnutog zraka. U skladu s time, ukoliko imamo vitalni kapacitet pluća od 5 litara, jednim punim udahom na površini (tlak od 1 bara) unosimo 5 litara zraka. Na dubini od 10 metara (2 bara) jednim punim udahom udahnut ćemo u 5 litara nazivnog volumena pluća stvarnih 10 litara zraka (tj. 5 litara pod tlakom od 2 bara). Jasno je da će taj zrak zbog dvostruko većeg tlaka biti i dvostruko veće gustoće. Ovdje se suočavamo s pojavom promjene volumena zraka u plućima i pri izronu. U kapacitetu pluća od 5 litara nalazilo bi se stvarnih 10 litara zraka kada bismo se iznenada našli na površini (tlak = 1 bar). To naša pluća ne bi izdržala, te može doći do pucanja plućnog tkiva.

Tako zapravo nastaje barotrauma pluća. Ova ozljeda može uzrokovati i prodor zraka u krvotok i začepljenje krvotoka zračnim mjehurićima (plinska embolija) što može imati teže posljedice po ronioca. Poznavajući ovo, lako je izbjeći komplikacije ove vrste. Mirnim i ravnomjernim disanjem bez zadržavanja daha tijekom ronjenja sprječavamo mogućnost nastanka barotraume pluća i barotraumatske plinske embolije. Zato nikada, ni u jednom trenutku ne izranjavajte zadržavanjem zraka. Ako polagano izranjavate, normalno disanje će izjednačavati povećani volumen. Pravilo je da se ne izranjava brže od 10 metara u minuti.

#### **4.2.Dekompresijska bolest**

Dekompresijska bolest je stanje koje nastaje zbog prisutnosti mjehurića plina u tkivima i krvi. Oni nastaju iz plina otopljenog tijekom boravka pri povišenom tlaku, ukoliko je udisani plinski medij, primjerice zrak, sadržavao i neki inertni plin. Klinička slika dekompresijske bolesti ovisi o lokalizaciji, veličini i brojnosti mjehurića.

Postoji mnoštvo simptoma koji se smatraju tipičnim za dekompresijsku bolest, no postoje i simptomi zajednički i za dekompresijsku bolest i za cerebralnu arterijsku plinsku emboliju (CAPE) koja nastaje kao posljedica barotraume pluća. CAPE je stanje koje u ronjenju nastaje nakon brzog izrona, nekad već i tijekom izrona, uz zadržavanje daha.

Pri tome se stvara nadtlak u plućima što alveole ne mogu izdržati pa pucaju zajedno s ograncima arteriola. Zrak usisan u cirkulaciju može dospjeti do mozga, što odmah po izronu ima za posljedicu nastup simptoma opasnih po život.

Tijekom ronjenja, udisanjem zraka pod povišenim tlakom, u našim plućima povišeni tlak djeluje na krv u kapilarama alveola. Time dolazi i do većeg otapanja plinova u krvi, a izravno dolazi do većeg zasićenja dušika u krvi i preko krvi u tkivima tijela (Henry-ev zakon-količina otopljenog plina u nekoj tekućini izravno je proporcionalna tlaku koji plin vrši na površinu tekućine, kao vremenu utjecaja plina na tekućinu). Primjer kojim možemo najlakše predočiti pojavu otopljenog plina pod povišenim tlakom i oslobađanja tog plina iz tekućine padom tlaka nad tekućinom, prikaz je zbivanja pri otvaranju boce s gaziranom mineralnom vodom.

Dok je boca pod tlakom, plin je otopljen u tekućini i nije vidljiv kao takav. Otvaranjem zatvarača plin se oslobađa stvarajući mjehuriće u tekućini, odnosno, padom tlaka prelazi iz potpuno otopljenog stanja u slobodno plinovito stanje, nakon čega slijedi izjednačavanje tlaka sukladno tlaku okoline. Isti se proces dešava u našem tijelu kada iz veće dubine naglo izranjavamo prema površini.

Mjehurići koji nastaju i rastu tijekom ili nakon izrona kao rezultat povišene količine dušika otopljenog u organizmu tijekom ronjenja uzrok su oboljenja kojeg nazivamo dekompresijskom bolešću.

Dekompresijska bolest je oboljenje fizikalne prirode koje nastaje padom tlaka u okruženju tkiva zasićenog dušikom, a pojava je opisana Henry-evim zakonom.

Prvi preduvjet sigurnog ronjenja u kojem izbjegavamo stvaranje problematičnih mjehurića plina u krvi i tkivima jest ronjenje u granicama ne dekompresijskog režima. Naredni korak u prevenciji jest polagan izron – polagano smanjenje tlaka okoline i tlaka udahnutog zraka u plućima, a definiran je brzinom izrona prema površini. Ta brzina iznosi između 7 i 10 metara u minuti. Treći korak sigurnog ronjenja je pravilno izvođenje sigurnosnih dekompresijskih zastanaka, dakle zaustavljanja i boravka na malim dubinama kako bismo osigurali dovoljno vrijeme da se količina dušika koji se oslobađa u tijelu procesom disanja izjednači s odgovarajućim parcijalnim tlakom u okolini. Svako ronjenje mora biti dovršeno sigurnosnim dekompresijskim zastankom u trajanju od 3 minute na 3 metra dubine.

Dekompresijsku bolest možemo podijeliti na vrste prema mjestu gdje mjehurići uzrokuju poremećaje, odnosno simptome i znakove bolesti (kožni tip, srčani, moždani,...), također postoje dva tipa odnosno dvije podjele dekompresijske bolesti.

Dekompresijska bolest, isključivo se javlja poslije ronjenja koja su zahtijevala dekompresiju. Kod ronioaca, čest naziv za takva ronjenja je " ronjenje u crvenom ", gdje se misli na područje crvenih brojki unutar krivulje sigurnosti.

Unatoč tome, u svakom ronjenju postoji izvjestan rizik od njenog nastanka, dakle, nema apsolutno sigurnog ronjenja.

#### **4.2.1. Tipovi dekompresijske bolesti**

Kod tipa I svi su simptomi uglavnom blagi. Početni stadij može se manifestirati i kao općeniti umor. Učestalo dolazi do pojave bolova zglobova ili općenitih bolova i slabosti. Bolove uzrokuje opterećena cirkulacija krvi u zglobovima. Tipična mjesta su veći zglobovi (ramena, laktovi, koljena...), a bolovi su tupi te ih je teško okarakterizirati i lokalizirati. Ostali simptomi su vrtoglavica i glavobolja te dezorijentiranost i gubitak koncentracije. Tip I dekompresijske bolesti može uključivati i kožne manifestacije uz pojačani svrbež.

Dekompresijska bolest tipa II uključuje teške simptome koji su povezani sa kardiopulmonarnim i neurološkim sustavima te stoga uzrokuje pulmonarne i kardiovaskularne probleme te probleme centralnog nervnog sustava. Blokada protoka krvi u nervnim tkivima može uzrokovati paralizu i moždani udar. U najtežim slučajevima, kod fizičkog oštećenja živčanih vlakana, posljedice su trajne. Jedan od simptoma dekompresijske bolesti tipa II su tzv. "chokes". Uzrokuje ih premještanje dušikovih mjehurića iz krvi u pluća. Manji broj biva zarobljen i izdahnut dok veći dio može opteretiti (pritisnuti) alveole i cirkulaciju u plućima što dovodi do smetnji u disanju.

#### **4.2.2. Najčešći pokazatelji dekompresijske bolesti**

Najčešći znaci dekompresijske bolesti: - bol trupa ( prsa, leđa ),  
- bezvoljnost, opće loše stanje, osjećaj slabosti,  
- osjećaj probadanja, trnci,  
- bol i nelagoda u nekom zglobu ili njegovoj okolini,  
- opća utrnulost ili utrnulost dijelova tijela.

Ostali znaci: - krv u stolici,  
- smetnje vida,  
- nesvjestica,  
- " zvonjenje " u ušima,  
- nedostatak zraka,  
- osip po koži,  
- mučnina, povraćanje,  
- svrbež,  
- konvulzije,  
- kašalj,  
- vrtoglavica i gubitak ravnoteže.

#### **4.2.3. Čimbenici rizika za nastanak dekompresijske bolesti**

Čimbenici rizika za nastanak dekompresijske bolesti su:  
- dob ( osobe starije od 40 godina su u povećanom riziku),  
- povećana tjelesna težina ( zbog veće količine masnog tkiva unutar kojeg se dušik najduže zaustavlja ),  
- neuvježbanost,  
- tjelesno naprezanje prije, tijekom ili poslije ronjenja,  
- uzimanje alkoholnih pića prije i poslije ronjenja,  
- hladno more,  
- dehidracija ( zbog povećane gustoće krvi ),  
- ranije preboljela dekompresijska bolest,  
- ronjenje koje zahtijeva dekompresijski zastanak,

- putovanje avionom poslije ronjenja ( zbog sniženog atmosferskog tlaka ),
- ponovljena ronjenja unutar 12 sati.

Osim već spomenutih razloga nastajanja sama pojava simptoma i težine dekompresijske bolesti vrlo je individualna, ovisi o :

- godinama tj. dobi,
  - količini masnog tkiva ili prekomjerne tjelesne mase,
  - spolu,
  - pušenju,
  - uzimanju alkohola, lijekova ili droga,
  - stupanju dehidracije,
  - umoru, iscrpljujuće tjelesne aktivnosti prije i poslije urona
- i ostale individualne specifičnosti dokazano utječu na razvoj bolesti. Nažalost, teško se mogu kvantificirati.

Poznato je da se dekompresijsko oboljenje kod osoba koje imaju više subjektivnih faktora može pojaviti usprkos ronjenju unutar sigurnosne krivulje koju nalažu dekompresijske tablice. Zadnja istraživanja pokazuju da se ovi razlozi pojavljuju u čak 50% slučajeva obolijevanja od dekompresijske bolesti.

## 5.ZAKLJUČAK

Današnja ronilačka oprema omogućava vrlo visoku sigurnost za ronjenje i čini ronjenje lakim, ali nikada se ne smije zaboraviti da se ipak radi o stranome okolišu za čovjeka i da moraju prihvatiti određena pravila ponašanja. Osobna zaštitna sredstva ronioca pri obavljanju radova varenja i rezanja, su vrlo jednostavna i pristupačna, također sprječavaju moguće ozljede koje prijete prilikom izvođenja tih radova. Međutim ovdje se javlja problem ponašanja samog čovjeka, koji izvodi ronilačke radove te njegov način života i to iz razloga što sam način života može drastično utjecati na moguće ozljede a tada sva ova navedena osobna zaštitna sredstva nemaju nikakvu svrhu. Važeći propisi i zakoni u Hrvatskoj za područje ronjenja i izvođenja podvodnih radova su nejasni i nedefinirani te ne prate razvoj ronilačkih aktivnosti. Samim tim omogućavaju roniocima slobodu u ponašanju i time doprinose razvoju ozljeda i oboljenja.

## 6.LITERATURA

1. Osobna zaštitna sredstva i oprema ,autori: Jovan Vučinić, Zoran Vučinić, Veleučilište u Karlovcu 2011.god.
2. Osobna zaštitna oprema, autori: Jozef Horvat, Aleksandar Regent, Veleučilište u Rijeci, 2009.God.
3. Skripta Podvodni radovi, autora: dipl.ing. Damir Tafra 2012.god.
4. Učilište Meštar ,skripta za ronilačka zanimanja
5. Priručnik za profesionalna i vojna ronjenja , autor: Stracimir Gošović 1997.god
6. Utjecaj osobne zaštitne opreme na zdravlje radnika , autora: Danijela Zovec i dr. , Četvrti međunarodni stručni znanstveni skup, Zbornik radova, Zadar 2012.
7. Internet