



SLOVENSKA POTAPLJAŠKA ZVEZA

za varno potapljanje

NITROX POTAPLJAČ 1

MITJA SLAVINEC

NITROX POTAPLJAČ 1

Prva izdaja

Avtor: doc. dr. Mitja SLAVINEC

Pregledala: prof. dr. Igor B. MEKJAVIČ in Igor URH

Lektorica:

Urednik: doc. dr. Mitja SLAVINEC

Izdajatelj: Slovenska potapljaška zveza

Tisk: AIP Praprotnik

Ljubljana, april 2003

CIP - Kataložni zapis o publikaciji
Univerzitetna knjižnica Maribor

797.215(036)

SLAVINEC, Mitja Nitrox potapljač 1 / Mitja Slavinec. - 1. izd. - Ljubljana :
Slovenska potapljaška zveza, 2003

I. Slavinec, M. g. Slavinec, Mitja II. Mičo g. Slavinec, Mitja
COBISS-ID 50294017



SLOVENSKA POTAPLJAŠKA ZVEZA
za varno potapljanje

NITROX POTAPLJAČ 1

MITJA SLAVINEC

VSEBINA

1	POGOJI IN NAMEN TEČAJA	5
2	UVOD.....	6
3	NITROX	7
3.1	Oznake nitrox mešanic.....	7
3.2	Prednosti potapljanja z nitroxom	8
3.3	Slabe strani potapljanja z nitroxom	9
4	FIZIOLOŠKI VPLIV KISIKA	11
4.1	Vloga kisika v človeškem telesu.....	11
4.2	Zastrupitev s kisikom.....	12
4.3	Zastrupitev centralnega živčnega sistema (CNS).....	13
5	PLANIRANJE POTOPA Z NITROXOM	17
5.1	Kisikov test.....	17
5.2	Dekompresija	20
5.3	Avtonomija jeklenke	23
6	OPREMA ZA POTAPLJANJE Z NITROXOM.....	24
6.1	Čistost in združljivost na kisik.....	24
6.2	Analiza nitrox mešanice	25



1 POGOJI IN NAMEN TEČAJA

Potapljanje z nitroxom predstavlja določeno nadgradnjo rekreativnega potapljanja. Gre za potapljaško specialnost, ki po mnogih kriterijih, še posebej po teoretični plati, spada med ene izmed zahtevnejših. Zaradi tega se priporoča le potapljačem z dovolj potapljaških izkušenj in zadovoljivo stopnjo osebne odgovornosti.

Pogoji za udeležbo na osnovnem potapljaškem tečaju **NITROX POTAPLJAČ 1** (osnovni nitrox potapljač) je izkušen potapljač napredne kategorije (CMAS P2, PADI AOWD ali druge ekvivalentne kategorije). Dodatni pogoji se pri različnih potapljaških šolah nekoliko razlikujejo, običajno pa se zahteva še starost vsaj 18 let in opravljenih vsaj 25 potopov od tega vsaj 4 zadnjih osem tednov pred tečajem. Kot za vse druge potapljaške tečaje se priporoča zdravniški pregled, obvezna pa je izjava o zdravstvenem stanju potapljača.

Veljavnost opravljenega potapljaškega tečaja potapljaške specialnosti je neomejena. Tečajniki se med tečajem usposobijo za varno potapljanje z nitroxom, ki vsebuje do 40 % kisika.

Tečajnik:

- spozna osnovne tehnike in zakonitosti pri potapljanju z nitroxom, ki vsebuje do 40 % kisika,
- se zaveda dodatnih fizioloških nevarnosti povezanih z dihanjem s kisikom obogatenega zraka,
- se nauči planirati potop z različnimi mešanici nitroxa,
- se seznanja s posebnimi zahtevami glede potapljaške opreme pri potapljanju z nitroxom,
- se pripravi za potope z nitroxom s katerimi si bo lahko nabral izkušnje potrebne za nadaljevalni tečaj.

Ob tem se tečajniki naučijo še kakšne so prednosti in slabosti potapljanje z nitroxom, njegov vpliv na psihološke lastnosti in reakcije telesa, pravilno uporabljati potapljaško opremo in nenazadnje svoje znanje praktično uporabiti med potopom z nitroxom, vključno s korektno izvedenim planom potopa.

Tečaj je dvodnevni z vsaj štirimi sklopi 90 minutnih predavanj in dvema potopoma z nitroxom, ki ju nadzoruje ustrezno usposobljen inštruktor.



2 UVOD

Potapljanje z različnimi plinskimi mešanici je med potapljači iz leta v leto bolj razširjeno in popularno. Običajno se uporablja mešanice kisika, dušika in helija, ki jih glede na kombinacijo in sestavo imenujemo NITROX, HELIOX in TRIMIX. Nitrox je mešanica kisika in dušika, heliox je mešanica kisika in helija, trimiks pa je mešanica vseh treh, kisika, dušika in helija. Rekreativnim potapljačem je poleg zraka najbolj dostopen in zaradi tega tudi največkrat uporabljen prav nitrox. Nitrox je splošno ime za kakršno koli mešanico kisika in dušika, torej tudi za zrak. V potapljaštvu pa z nitroxom označujejo predvsem tiste mešanice, pri katerih je delež kisika večji kot pri zraku.

Potapljanje z nitroxom ima nedvomno mnoge prednosti, saj so potapljači zaradi nižje koncentracije in s tem povezanega delnega tlaka dušika veliko manj izpostavljeni dekompresijski boleznim in globinski pijanosti. Vendar so zaradi povečane koncentracije kisika in posledično delnega tlaka tega plina bolj izpostavljeni zastrupitvi s kisikom, strožje pa so tudi zahteve in postopki povezani s potapljaško opremo za nitrox. Zaradi tega se z nitroxom smejo potapljati le potapljači, ki so za to usposobljeni na ustreznih potapljaških tečajih. Le-ti potekajo na dveh ravneh, osnovni tečaj in napredni. Namen osnovnega tečaja je, da tečajnike seznanijo **kako** se je treba potapljati z nitroxom, pri naprednem tečaju nitroxa pa se tečajniki naučijo tudi **zakaj** so razmere take, kot so jih spoznali pri osnovnem tečaju.

Pričujoča knjižica je namenjena osnovnemu tečaju na katerem potapljači dobijo osnovna teoretična znanja in praktične izkušnje za varno potapljanje s takimi nitrox plinskimi mešanici, kjer delež kisika ne presega 40%. To je standardna meja za rekreativne potapljače, tako glede fizioloških vplivov na človeško telo, kakor tudi glede varne uporabe standardne potapljaške opreme (razen potapljaških jeklenk), ki jo običajno uporabljamo pri potapljanju z zrakom. Ker gre za osnovni tečaj, vas vabimo da se po nekaj potopih z nitroxom udeležite nadaljevalnega tečaja. Ob dodatnem znanju, ki bo dodatno pripomoglo tudi k vaši varnosti med potapljanjem z zrakom, se boste med drugim usposobili tudi za dihanje bogatejših nitrox mešanic in čistega kisika, npr. med opravljanjem dekompresijskih postankov.



3 NITROX

Nitrox je plinska mešanica, v kateri večino vseh plinov sestavljata kisik in dušik. Za nitrox se je uveljavilo več različnih imen, kot npr. **obogaten zrak**, **obogaten nitrox zrak** (**Enriched Air Nitrox**), **varen zrak** in podobno. Prav tako se je uveljavilo tudi več različnih načinov označevanja razmerja kisika in dušika v mešanici, kot npr. EAN/32, Nitrox I, Nitrox II in podobno.

Nitrox so najprej uporabljali v terapevtske namene, v drugi polovici 19. stoletja pa so ga prvič uporabili tudi pri potapljanju. Nitrox se je najprej uporabljal predvsem pri vojaških potapljačih, med športnimi potapljači pa je postal razširjen po letu 1970. Osnovna ideja, zakaj pri potapljanju uporabljati nitrox namesto zraka je, da na ta način zmanjšamo količino dušika, ki zaradi povečanega tlaka med potopom raztopi v telesu. Na ta način zmanjšamo izpostavljenost telesa negativnemu vplivu dušika na telo, predvsem dušikove omame in nastanka dekompresijske bolezni. Zelo hitro pa se je izkazala tudi slaba lastnost nitroxa, povečana izpostavljenost zastrupitvi s kisikom.

3.1 Oznake nitrox mešanic

Pri nitroxu je najpomembnejši podatek, kolikšen delež kisika vsebuje. Zaradi tega se je najbolj uveljavilo poimenovanje, pri katerem je ta podatek razviden že iz imena. Nitrox 21 pomeni plinsko mešanico, v kateri je 21% kisika, preostalih 79% pa je dušik, torej navaden zrak. Kot primer navedimo še dve standardni mešanici: Nitrox I v kateri je 32 % kisika in Nitrox II, ki vsebuje 36 odstotkov kisika. Prva je torej nitrox 32, druga pa nitrox 36.

plinska mešanica	ime	delež kisika %	delež dušika %
zrak	nitrox 21	21	79
nitrox I	nitrox 32	32	68
nitrox II	nitrox 36	36	64

Tabela 1: Delež kisika in dušika ter poimenovanje za nekatere plinske mešanice.

Omenimo še nitrox 40 tj. plinsko mešanico v kateri je 40% kisika in 60% dušika. To je s kisikom najbolj obogaten nitrox, ki se še sme uporabljati pri rekreativnem potapljanju.

Običajno se uporabljajo plinske mešanice med nitrox 28 in nitrox 40. Delež kisika, ki je v plinski mešanici lahko od navedene odstopa za 1 %. Zaradi tega se v praksi uporabljajo le oznake s sodim deležem kisika, npr. nitrox 34 ali nitrox 38, ne pa npr nitrox 33. V nitroxu 30 je torej delež kisika lahko med 29% ali 31%. Vse tabele in ostali varnostni postopki pri potapljanju z nitroxom so zasnovani tako, da to odstopanje že upoštevajo, tako da nam zaradi tega ni treba skrbeti.



3.2 Prednosti potapljanja z nitroxom

3.2.1 Manjša možnost nastanka dušikove omame (globinske pijanosti)

Izrazitejši znaki dušikove omame (globinske pijanosti) lahko nastopijo pri dihanju dušika pri delnem tlaku večjem od 4 bare. Pri zraku je to na globini približno 40 m, zato je to tudi skrajna meja za vse vrste rekreacijskega potapljanja z zrakom. Pri potapljanju z nitroxom, v katerem je manj dušika kot v zraku, je zaradi tega tudi njegov delni tlak ustrezno nižji in telo je manj izpostavljeno dušikovi omami. Kot primer si oglejmo nitrox 40, v katerem imamo 60% dušika. Na globini 40 m je tlak 5 barov od tega ga 60% odpade na dušik. Delni tlak dušika v nitroxu40 je na globini 40 m torej le $5\text{barov} \cdot 0,6 = 3\text{bare}$, kar je veliko manj kot 4 bare kot pri zraku. Dušikova omama (delni tlak dušika okrog 4 bare) bi pri nitroxu 40 nastopila komaj na globini preko 55 m. To seveda ne pomeni, da se z nitroxom smemo potapljati tako globoko!

3.2.2 Zmanjšana verjetnost nastanka dekompresijske bolezni

Dekompresijska bolezen nastopi, ko je v telesu raztopljenega tako veliko dušika, da se med dvigovanjem in s tem zmanjševanjem pritiska, z dihanjem ne more dovolj učinkovito izločati iz telesa. Količina raztopljenega dušika v telesu je odvisna od delnega tlaka dušika, ki smo ga vdihovali in časa, kako dolgo smo to počeli. Pri potapljanju z nitroxom je delni tlak dušika manjši, kot bi bil pri zraku na isti globini in zaradi tega se ga tudi manj raztopi v telesu. Pri enako globokem potopu z nitroxom se telo veliko manj nasiti z dušikom kot pri potopu z zrakom in zaradi tega je tudi manj izpostavljeno dekompresijski bolezni. Uporaba nitroxa nam globino potopa učinkovito zmanjšuje.

3.2.3 Podaljša se čas brezdekompresijskih potopov

Pri potapljanju z nitroxom se zaradi nižjega delnega tlaka dušika le-tega tudi manj raztopi v telesu. Sorazmerno s tem se podaljša čas brezdekompresijskih potopov. Če uporabimo ugotovitev iz prejšnjega odstavka, da nam uporaba nitroxa učinkovito zmanjšuje globino, lahko ta efekt tudi ovrednotimo. Pri potopu z nitroxom 40 na globini 30 m je delni tlak dušika pN_2 :

$$pN_2 = p \cdot fN_2 = 4 \text{ bare} \cdot 0,6 = 2,4 \text{ bara}, \quad (1)$$

kjer je p tlak, ki vlada na določeni globini in fN_2 delež dušika v plinski mešanici.

Pri potapljanju z zrakom imamo enak delni tlak na globini približno 20 m. Iz tega lahko sklepamo, da je brezdekompresijski čas pri potopu z nitroxom 40 na globini 30 m enak brezdekompresijskemu potopu z zrakom na globini le 20 m.

3.2.4 Efektivnejši dekompresijski postanki

Med dvigovanjem proti površini se zaradi zmanjševanja tlaka dušik izloča iz tkiv in preko dihanja iz telesa. Kako učinkovito je prehajanje dušika skozi stene pljučnih mešičkov in s tem iz



telesa je odvisno od razlike delnih tlakov dušika v krvi in v pljučih. V kolikor dihamo nitrox je koncentracija dušika v pljučih veliko manjša kot pri zraku in zaradi tega se dušik hitreje izloča iz telesa. Če je pri potapljanju z zrakom treba na neki globini počakati npr. 6 minut, da se dušik v zadostni meri izloči iz telesa, se pri nitroxu to zgodi že prej. Med dihanjem nitroxa se po šestih minutah izloči več dušika in dekompresijski postanek je zaradi tega bolj učinkovit. Poenostavljeno si zadeve lahko razlagamo tudi tako: z nitroskom vdihavamo manj dušika zato je njegovo izločanje iz telesa hitrejše in dekompresijski postanek bolj zaleže.

3.2.5 Zmanjša se delež dušika, ki po potopu ostane v telesu

Med potopom z nitroxom se v telesu raztopi manj dušika kot bi se ga med enakovrednim potopom z zrakom. Zaradi tega je tudi po potopu z nitroxom v telesu veliko manj dušika, kot po enakem potopu z zrakom, ker zelo zmanjša neposredno možnost nastanka dekompresijske bolezni.

3.2.6 Skrajšajo se časi površinskih intervalov med potopi

Zaradi manjšega deleža dušika, ki po potopu z nitroxom ostane v telesu, lahko ponovljeni potop opravimo prej, kot bi ga sicer. V kolikor upoštevamo površinske intervale, kot so predpisani za potapljanje z zrakom, pa smo s tem povečali faktor varnosti in dodatno zmanjšali možnost za nastanek dekompresijske bolezni po ponovljenem potopu.

3.2.7 Zmanjšajo se popotopne težave

Zaradi manjšega deleža dušika, ki se po potopu nahaja v telesu se zmanjšajo tki. popotopne težave in manjša je verjetnost nastanka dekompresijske bolezni zaradi popotopnih prekrškov, kot so npr. večja fizična aktivnost, tuširanje z vročo vodo in predvsem letenje z letali po potopu. Ob tem se zmanjša tudi verjetnost za prekomerno utrujenost po potopu.

3.3 Slabe strani potapljanja z nitroxom

Vse zgoraj naštetih prednosti nedvomno kažejo na velik prispevek k varnosti pri potapljanju z nitroxom. Žal pa kot vsaka druga stvar, ima potapljanje z nitroxom ob dobrih tudi določene slabe strani. Nekaj jih je povezanih z zahtevnejšo tehnično izvedbo potopov, še bolj obremenjujoči pa so negativni vplivi na človeško telo.

3.3.1 Tehnična zahtevnost

Pri potapljanju z nitroxom 40 ali manj razen jeklenk ne rabimo posebne potapljaške opreme. S tehnične plati je zahtevnejše edino polnjenje jeklenk. Za razliko od potapljanja z zrakom, jeklenk po potopu ne moremo sami napolniti, ampak smo vezani na potapljaške centre in še to le na tiste, ki imajo ustrezno opremo za polnjenje nitroxa. To vsekakor predstavlja določeno omejitev in zmanjšanje avtonomije.



3.3.2 Cena

Jeklenke, ki jih uporabljamo pri potapljanju z zrakom sicer lahko uporabimo tudi za nitrox, vendar jih je treba predhodno ustrezno očistiti in zamenjati ventile. V kolikor jeklenke le enkrat napolnimo z navadnim zrakom, niso več primerno očiščene in kot take neprimerne za polnjenje z nitroxom. Zaradi tega moramo jeklenke namenjene nitroxu kupiti ali si jih za vsak potop izposoditi v potapljaškem centru. Prav tako je tudi polnjenje jeklenk z nitroxom dražje kot z zrakom. Na srečo pa je trenutna strategija potapljaških centrov, ki pri nas nudijo nitrox, usmerjena v popularizacijo in vzpodbujanje potapljanja z nitroxom, kar udeležujejo tudi preko dostopnih cen najema in polnjenja jeklenk.

3.3.3 Nevarnost zastrupitve s kisikom

Največja in najnevarnejša slaba lastnost potapljanja z nitroxom je zelo povečana izpostavljenost telesa za zastrupitev s kisikom. Kisik je pri delnih tlakih večjih od 1,6 bara za ljudi skrajno nevaren, saj povzroča zastrupitev, ki je v kombinaciji s posledično utopitvijo ali barotravmo (pri dvigu zastrupljenega, ki je v fazi krča vseh mišic – tonični fazi) lahko usodna. Zaradi tega se zmanjša največja globina, do katere se smemo potapljati z nitroxom. V primeru npr. nitroxa 40 delni tlak kisika kritično mejo 1,6 bara doseže že na globini 30 m ($4 \text{ bare} \cdot 0,4 = 1,6 \text{ bara}$). Omejitev globine zaradi zastrupitve s kisikom je veliko bolj stroga, kot omejitev zaradi dušikove omame, saj omama nastopa postopoma, zastrupitev s kisikom pa veliko bolj hipoma in nenapovedano.

Potapljanje z nitroxom potapljačem zagotavlja manjšo izpostavljenost večini potapljaških težav in bolezni, ki so povezane z dušikom, predvsem dušikove omame in dekompresijske bolezni, po drugi strani pa poveča izpostavljenost zastrupitvi s kisikom, kar posledično omejuje globino potopov. Prav zaradi slednjega bo v nadaljevanju fiziološkim vplivom kisika na telo namenjeno največ pozornosti.

Komentar [T1]: Da n
čudno gledali oz. brali,
imaš pa šele čez nekaj



4 FIZIOLOŠKI VPLIV KISIKA

4.1 Vloga kisika v človeškem telesu

Kisik je za ljudi najpomembnejši plin, saj brez njega življenje ni možno. To je že davnega leta 1773 ugotovil francoski znanstvenik Antonie Lavoisier. Kisik je nujno potreben za življenje, vendar ga pri določenih pogojih lahko tudi ogroža in je smrtno nevaren. Kot za vse pline, ki sodelujejo pri fizioloških procesih je tudi pri kisiku najpomembnejši njegov **delni tlak**. Na tem mestu velja še posebej poudariti, da ni odločilen odstotek nekega plina v celotni plinski mešanici, temveč njegov delni tlak.

Človeško telo se je med svojim razvojem privadilo na razmere, ki vladajo v okolju. V tem okolju dihamo zrak pri tlaku približno **1 bar** v katerem je približno **ena petina kisika O₂** (natančneje 21%) in približno **štiri petine dušika N₂** (natančneje malo manj kot 79%). Zrak v praktično zanemarljivih količinah sestavljajo še nekateri drugi plini izmed katerih je omembe vreden le **ogljikov dioksid CO₂**. V zraku, ki ga dihamo delni tlak kisika znaša približno eno petino normalnega zračnega tlaka. Človeško telo normalno funkcionira, v kolikor **delni tlak kisika**, ki ga dihamo ne odstopa bistveno od te vrednosti. Potapljačem je dobro znana spodnja meja delnega tlaka kisika v pljučih (hipoksija). Nekoliko manj znana pa je zgornja meja delnega tlaka kisika, ki še zagotavlja dolgotrajno normalno funkcioniranje telesa in znaša **0,5 bara**.

V spodnji tabeli so navedeni mejni delni tlaki kisika za določena stanja ali aktivnosti:

delni tlak kisika [bar]	stanje ali aktivnost
manj kot 0,10	grozi koma ali smrt
0,10	grozi nezavest
0,12	resni znaki hipoksije
0,16	začetni znaki hipoksije
0,21	normalni pogoji
0,50	največji saturacijski tlak
1,40	priporočljivi tlak za rekreativno potapljanje
1,50	najvišji dovoljen tlak za podvodna dela
1,60	najvišji dovoljen tlak za rekreativno potapljanje

Tabela 2: Mejni delni tlaki kisika za določena stanja ali podvodne aktivnosti.

Podatke v tabeli 2 moramo smatrati kot vrednosti, ki z dovolj veliko verjetnostjo veljajo za večino ljudi. Od posameznika do posameznika, kakor tudi od dneva do dneva, pa se gornje vrednosti lahko tudi spreminjajo.



Kot primer ocenimo na kateri globini v zraku delni tlak kisika doseže delni tlak kisika 0,5 bara. To je delni tlak kisika, ki človeškemu telesu ni nevaren, četudi mu je izpostavljeno zelo dolgo časa.

Zelo koristno se je navaditi hitro na pamet oceniti čim več količin in vrednosti. V ta namen bomo povsod pri računanju privzeli, da je v zraku kisika ena petina, čeprav ga je dejansko 21 %. Napaka, ki jo naredimo zaradi tega enega odstotka je veliko manj pomembna in usodna, kot je koristno hitro in poenostavljeno računanje, ki ga bomo z malo vaje lahko izvedli tudi brez kalkulatorja, zgolj na pamet.

Ponovno si oglejmo prejšnji primer. V zraku je pri tlaku 1 bar delni tlak kisika 0,2 bara. Če bi dihali zrak pri tlaku 2,5 bara pa bi bil delni tlak kisika $2,5 \text{ bara} \cdot 0,2 = 0,5 \text{ bara}$. Ker v vodi tlak z globino narašča vsakih 10 m za 1 bar, je iskana globina torej 15 m (1 bar normalni zračni tlak + 1,5 bara hidrostatski tlak na globini 15 m = 2,5 bara).

Do rezultata lahko pridemo tudi po formalni poti. Predpisani delni tlak kisika (0,5 bara) delimo z deležem kisika v zraku (0,2) in dobimo iskani tlak: $0,5 \text{ bara} / 0,2 = 2,5 \text{ bara}$.

Za vajo na podoben način izračunajte še na kateri globini delni tlak kisika v zraku doseže 1,6 bara kar je največji dovoljeni delni tlak kisika pri rekreativnem potapljanju? (Odg.: 70 m, natančneje 66 m.)

4.2 Zastrupitev s kisikom

Kisik je za človeško telo primeren le pri delnih tlakih, ki se nahajajo med neko spodnjo in zgornjo mejo. Pri delnih tlakih kisika večjih od varne zgornje meje, postane kisik za telo strupen (toksičen). Zaradi tega je kisik pri povečanem tlaku za telo veliko bolj nevaren kot dušik, ki z naraščajočim delnim tlakom postaja narkotičen.

Pri zastrupitvi s kisikom ločimo dve pojavni obliki:

- a) **zastrupitev pljučnega tipa ali Lorrain-Smithov efekt,**
- b) **zastrupitev centralnega živčnega sistema (Central Nervous System) ali Paul-Bert-ov efekt.**

Pljučna oblika zastrupitve s kisikom nastopi predvsem pri dolgotrajnem dihanju kisika pri relativno nizkih delnih tlakih (večjih od dovoljene vrednosti 0,5 bara). Živčna oblika zastrupitve s kisikom pa nastopi že po krajšem dihanju kisika pri velikih delnih tlakih (večjih od dovoljene največje vrednosti 1,6 bara).

4.2.1 Zastrupitev pljučnega tipa

Kisik pri povečanem delnem tlaku iritira pljuča, kar se najprej kaže kot suh in boleč kašelj. V pljuča se izlije večja količina pljučne tekočine, kar v nadaljevanju lahko povzroči težave pri



dihanju. V najhujših primerih, je v pljučih toliko tekočine, da več ne morejo opravljati svoje funkcije. Nastopi bolezensko stanje, ki je zelo podobno pljučnici. V kolikor se delni tlak kisika ne zmanjša in se ne prične zdraviti, lahko oboleli umre. Na srečo se to zgodi šele po večurnem dihanju kisika pri povečanem delnem tlaku in v praksi običajno nastopi le med dolgotrajnimi rekompresijskimi terapijami v dekompresijskih komorah. **Zaradi tega pri rekreativnem potapljanju do pljučne oblike zastrupitve s kisikom praviloma sploh ne more priti.**

4.3 Zastrupitev centralnega živčnega sistema (CNS)

Za razliko pljučne, pa je zastrupitev centralnega živčnega sistema (**CNS** ali **živčna oblika zastrupitve s kisikom**) za potapljače zelo nevarna in predstavlja največje dodatno tveganje, ki mu je potapljač izpostavljen zaradi potapljanja z nitroxom.

4.3.1 Vzroki

Zastrupitev centralnega živčnega sistema nastopi, če potapljač diha kisik pri visokih delnih tlakih, še posebej pri tlakih višjih od najvišje dovoljene vrednosti **1,6 bara**. Ta meja velja le v idealnih primerih. Med potapljanjem v npr. hladni vodi, ko je potapljač izpostavljen večjemu fizičnemu naporu ali so pogoji za potapljanje kakorkoli drugače oteženi, pa se največja dovoljena meja delnega tlaka kisika zmanjša na **1,5 bara** in v najtežjih pogojih celo **1,4 bara**.

Podobno kot pri dekompresijski bolezni, sta tudi pri zastrupitvi centralnega živčnega sistema merodajna delni tlak kisika in čas, kako dolgo ga je potapljač dihal. Pri višjih tlakih zastrupitev nastopi prej kot pri nižjih. Prav tako je potapljač zastrupitvi centralnega živčnega sistema dodatno izpostavljen tudi pri ponovljenih potopih.

Potapljač ima v zvezi s kisikom dve omejitvi: prva se nanaša na posamezen potop, druga pa na vse potope v enem dnevu. Potapljač ima v zvezi s tem torej dve časovni meji (kisikova bonusa); mejo za posamezni potop in skupno dnevno mejo. Obe sta kritično odvisni od delnega tlaka. Strogo je treba upoštevati obe hkrati in nikakor se ne sme nobene prekoračiti.

Koliko časa sme potapljač dihati kisik pri določenem delnem tlaku lahko razberemo iz posebnih tabel, podobnim dekompresijskim tabelam za potapljanje z zrakom. Najbolj razširjene in za rekreativno potapljanje najprimernejše so se izkazale tabele, ki jih je leta 1970 izdala Nacionalna uprava za ozračje in oceanografijo (**National Atmospheric and Oceanographic Administration**) v ZDA, tki. **NOAA tabele**. NOAA tabele navajajo največje dovoljene čase posameznega potopa in skupne dnevne čase za različne delne tlake kisika. Podrobneje jih bomo spoznali pri planiranju potopov z nitroxom.



4.3.2 Simptomi

Kisik, ki ga dihamo pri povečanem delnem tlaku začne motiti delovanje živcev. V kolikor se delni tlak kisika, ki ga potapljač vdihava ne zmanjša, se simptomi nadaljujejo do kritičnih razmer, ki vodijo do smrti.

Znaki zastrupitve s kisikom se kažejo kot motnje pri:

- P:** Pljučih (težave z dihanjem),
- U:** Ušesih (zvonjenje v ušesih),
- Ž:** Želodcu (slabost),
- O:** Omotičnost, vrtoglavica,
- M:** Mišicah (trzanje ustnic in ličnih mišic),
- O:** Očeh (zožitev vidnega polja - tunnelski vid),
- R:** Razdražljivost, preobčutljivost.

Za razliko od dušikove omame (globinske pijanosti) se na toksičnost kisika telo ne more navaditi, vsaj ne v tolikšni meri kot na dušikovo omamo. Zastrupitev centralnega živčnega sistema nastopi nenadoma in je zelo podobna epileptičnemu napadu. Kaže se v ponavljajočih se napadih, ki nastopajo v treh fazah: **tonična**, **klonična** in **relaksacijska**.

- a) **TONIČNA FAZA** je prva faza, ki traja približno **30 sekund**. V tej fazi **telo otrpne** v obliki loka. Nastopi **nezavest**, potapljač **preneha dihati** in ima **krč v grlu** (krč larinksa), ki **onemogoči izdihovanje** zraka iz pljuč. V kolikor v tej fazi potapljač ob sebi nima izkušenega in prisebnega kolega, je v zelo veliki nevarnosti. Zaradi nezavesti se v primeru negativne plovnosti začne potapljati v večje globine, kjer bo izpostavljen še večjemu delnemu tlaku kisika, kar bo v nadaljevanju vse le še poslabšalo. V primeru pozitivne plovnosti pa se bo začel dvigovati, vendar zaradi krča dihalnih mišic in grla zrak ne bo mogel izhajati iz pljuč, kar bo povzročilo barotravmo pljuč s tragičnimi posledicami.
- b) **KLONIČNA FAZA** traja približno do 1 do 3 minute. V tej fazi ponesrečenec zelo dregeta. Četudi je pri zavesti, ne more premakniti mišic in sam ne more kontrolirati svoje plovnosti, zato je nujno potrebna asistenca sopotapljača. Za razliko tonične faze pa se zaradi dregetanja zrak že lahko pretaka iz pljuč in nevarnost barotravme pljuč več ni izrazita.
- c) **RELAKSACIJSKA FAZA** sledi klonični. Krč popusti in dihanje se ponovno vzpostavi. Ker ponesrečeni praviloma zelo dolgo, tudi preko 3 minute, ni vdihnil, je v tem času delni tlak ogljikovega dioksida v pljučih zelo narasel. To povzroči hitro in globoko



dihanje, včasih tudi hlastanje za zrakom. Zaradi tega v telo ponovno pride velika količina kisika pri velikem delnem tlaku kisika, kar povzroči ponovni napad. Relaksacijska faza je faza, ki omogoča reševanje in dvig.

4.3.3 Postopki reševanja

Zastrupitev centralnega živčnega sistema s kisikom nastopi s krčem celotnega telesa in nezavestjo, ki onemogoči kakršno koli obliko samoreševanja. Zaradi tega je toliko bolj nevarna od dušikove omame, ki nastopa bolj zvezno in se telo na njo s časom privadi oz. okrepi svojo odpornost. Ponesrečeni je povsem odvisen od partnerja. V kolikor sta se potapljača ves čas potapljala skupaj in z enako plinsko mešanico, je tudi partner že zelo blizu napada. Zaradi tega je še toliko bolj pomembno, da so njegovi postopki preudarni.

V času tonične in klonične faze mora partner s ponesrečencem **ostati na isti globini. Nikakor ga ne sme dvigovati**, saj mu bo povzročil **embolijo in barotravmo pljuč**.

Ko ponesrečeni v relaksacijski fazi začne dihati, ga mora partner dvigniti čim višje v plitvejšo vodo, kjer se tlak zniža in kisik več ne povzročal ponovnih napadov. Ponesrečenca je treba dvigovati v smislu **asistiranelega dviga**. Reševalec mu drži regulator v ustih in glavo zvrnjeno nazaj. Po potrebi lahko ponesrečenca tudi trdno pritiska pod rebri koš, da zagotovi izhajanje razširjajočih se plinov iz pljuč. Dvig naj bo primerno hiter, vsekakor pa mora biti kontroliran, da ga bo reševalec lahko prekinil, v kolikor ponesrečenec dobi ponovni napad. Te možnosti se mora ves čas zavedati in jo predvideti. V primeru ponovnega napada mora reševalec dvig takoj zaustaviti in na dani globini ponovno počakati na fazo relaksacije, ko lahko nadaljuje z asistiranim dvigom.

V kolikor ponesrečencu nihče ne pomaga je zastrupitev centralnega živčnega sistema s kisikom praviloma tragična. Zaradi tega je pri potapljanju z nitroxom osnovno potapljaško pravilo **NIKOLI SE NE POTAPLJAJ SAM** treba upoštevati še toliko bolj dosledno in strogo.

4.3.4 Preventivni postopki

Oglejmo si osnovne postopke, s katerimi lahko zmanjšamo tveganje za nastanek zastrupitve centralnega živčnega sistema s kisikom. Razdelimo jih lahko v dve skupini: na **osnovne** in **dodatne**.

Najpomembnejša (osnovna) preventivna postopka sta striktno upoštevanje največje dovoljene meje za **delni tlak kisika** in upoštevanje največjega dovoljenega **časa potopa**. Zaradi tega je treba potop načrtovati in izvajati tako, da potapljač med potopom nikoli:

**ne prekorači delnega tlaka kisika 1,6 bara (striktno upoštevanje omejitev globine),
ne prekorači časovnih omejitev, kot jih predpisuje NOAA tabela.**



Ob tem pa je treba upoštevati tudi dodatne dejavnike, kot so: **temperatura, količina ogljikovega dioksida v telesu, povečana telesna aktivnost, utrujenost, dehidriranost** in podobno. Vse naštetu lahko dodatno pripomore k nastanku zastrupitve s kisikom, zato se potapljačem svetuje da:

- si zagotovijo primerno telesno temperaturo (ne prehladno ne pretoplo),
- ne zadržujejo diha,
- se pod vodo izogibajo povečani fizični aktivnosti,
- se ne potapljajo če so utrujeni ali izčrpani,
- ne dehidrirajo telo pred ali po potopu.

V kolikor je potapljač izpostavljen kateremu koli izmed zgoraj naštetih dodatnih tveganj, mora obvezno **zmanjšati globino in čas potopa**.



5 PLANIRANJE POTOPA Z NITROXOM

Planiranje potopa z nitroxom je kompleksnejše in zahtevnejše kot pri potapljanju z zrakom, saj je treba dodatno preprečiti tudi možnost zastrupitve s kisikom. Plan potopa torej zajema:

a) kisikov izračun

- največja dovoljena globina potopa
- najdaljši dovoljen čas potopa

b) test glede na dekompresijsko bolezen

- izračun ekvivalentne globine
- določitev dekompresijskih postankov

c) avtonomija jeklenke

Oglejmo si tipičen plan potopa z nitroxom.

5.1 Kisikov izračun

5.1.1 Določitev največje dovoljene globine

Največja dovoljena globina potopa je odvisna od mešanice nitroxa, ki jo uporabljamo in od samih razmer potopa. Delni tlak kisika pri rekreativnem potapljanju ne sme preseči 1,6 bara, vendar to velja le za idealne razmere. Pred samim potopom pa nikoli ne moremo z gotovostjo predvideti, da bodo razmere res idealne (npr. nepredviden velik tok), zato iz varnostnih razlogov potop nikoli ne planiramo na samo mejo tj. 1,6 bara.

Kot primer izračunajmo največjo dovoljeno globino za nitrox 32 (tki. nitrox I).

Izračunati moramo, na kateri globini bo delni tlak kisika v enak 1,6 bara. Kisika je v mešanici 32%, tj. njegov delež znaša 0,32. Največji dovoljen delni tlak kisika (1,6 bara) bomo delili z deležem kisika v mešanici in tako dobili celotni tlak iz tega pa potem enostavno izračunamo pripadajočo globino. Preden se lotimo računa se spomnimo še dveh pomembnih podatkov:

normalni zračni tlak (p_0) znaša 1 bar

vsakih 10 m globine se hidrostatski tlak poveča za 1 bar.

Izračunajmo najprej pri katerem tlaku p bo delni tlak kisika pO_2 enak 1,6 bara. Splošno pravilo je, da delni tlak nekega plina delimo z deležem tega plina fO_2 v plinski mešanici, tj.:

$$p = pO_2 / fO_2 = 1,6 \text{ bara} / 0,32 = 5 \text{ barov.} \quad (2)$$



Tak 5 barov je na globini **40 m** (1 bar normalni zračni tlak in vsakih 10 m globine dodatni 1 bar vodnega tlaka). **Največja dovoljena globina za potapljanje z nitrox 32 je 40 m.**

Za preizkus bomo račun ponovili še v obratni smeri, tako da bomo izračunali kolikšen je na tej globini delni tlak kisika? Delni tlak nekega plina pO_2 je enak produktu celotnega tlaka p in deleža tega plina fO_2 v plinski mešanici:

$$pO_2 = p \cdot fO_2 = 5 \text{ bar} \cdot 0,32 = 1,6 \text{ bara.}$$

Kot vidimo, je največja dovoljena globina pri potapljanju z nitrox 32 ravno največja dovoljena globina za rekreativno potapljanje 40 m. To je tudi razlog, zakaj je nitrox 32 ena izmed standardnih mešanic (nitrox I).

Izračunajmo še največjo dovoljeno globino potapljanja za tki. Nitrox II to je nitrox 36:

$$p = pO_2 / fO_2 = 1,6 \text{ bara} / 0,36 = 4,4 \text{ bara.}$$

Tlak 4,4 bara je na globini 34 m. **Največja dovoljena globina za potapljanje z nitrox 2 je 34 m.**

Iz prej omenjenih varnostnih razlogov pa potopov nikoli ne planiramo na največji dovoljen delni tlak kisika 1,6 bara, temveč to mejo znižamo za vsaj 0,1 bar.

IZ VARNOSTNIH RAZLOGOV POTOPE PLANIRAMO NA NAJVEČJI DELNI TLAK KISIKA 1,5 BAR
--

Za test izračunajte kolikšni sta največji dovoljeni globini potopa za nitrox 32 in nitrox 36, če za zgornjo mejo delnega tlaka kisika vzamemo 1,5 bara? (Odg.: nitrox 32 = 36 m in nitrox 36 = 31 m).

V kolikor pod vodo pričakujemo težje pogoje za potop, moramo največjo mejo delnega tlaka kisika znižati na 1,4 bara. Za boljši občutek in lažje planiranje potopov so v spodnji tabeli navedene največje dovoljene globine za najpogostejše mešanice nitroxa pri treh različnih zgornjih mejah delnega tlaka kisika: 1,4 bara, 1,5 bara in 1,6 bara.

plinska mešanica	mejni delni tlak kisika 1,4 bara	mejni delni tlak kisika 1,5 bara	mejni delni tlak kisika 1,6 bara
nitrox 40	25 m	27 m	30 m
nitrox 38	26 m	29 m	32 m
nitrox 36	28 m	31 m	34 m
nitrox 34	31 m	34 m	37 m
nitrox 32	33 m	36 m	40 m
nitrox 30	36 m	40 m	43 m
nitrox 28	40 m	43 m	47 m



Tabela 3: Največje dovoljene globine potapljanja za različne mešanice nitroxa pri treh različnih največjih delnih tlakih kisika.

Gornjo tabelo uporabljamo tako, da v prvi koloni izberemo nitrox, ki ga želimo uporabiti, v naslednjih kolonah pa razberemo največjo dovoljeno globino za različne delne tlake kisika. Kot primer si oglejmo npr. nitrox 38. Največja dovoljena globina pri delnem tlaku kisika 1,6 bara znaša 32 m (četrti stolpec). Iz varnostnih razlogov je bolje, če ne prekoračimo meje 1,5 bara, torej 29 m (tretji stolpec). V kolikor pod vodo pričakujemo težke pogoje za potop, pa potop planiramo na največji delni tlak kisika 1,4 bara. V tem primeru iz druge kolone lahko razberemo, da je največja dovoljena globina potopa le 26 m.

Kot zanimivost si oglejmo še nitrox 28. Vidimo, da je največja dovoljena globina za delni tlak kisika 1,4 bara ravno 40 m. Nitrox 28 nam torej tudi v težkih pogojih zagotavlja varno potapljanje do globine 40 m, kar je največja dovoljena globina za rekreativno potapljanje.

5.1.2 Določitev največjega dovoljenega časa potopa

Največji dovoljen čas potopa je odvisen od delnega tlaka kisika pri katerem se potapljam. Pri tem imamo dve omejitvi: najdaljši dovoljen čas izbranega potopa in najdaljši dovoljen skupni čas vseh potopov v enem dnevu (dnevni limit). Oba časa odčitamo iz NOAA tabele.

delni tlak [bar]	posamezen potop [min]	dnevni limit [min]
1,6	45	150
1,5	120	180
1,4	150	180
1,3	180	210
1,2	210	240
1,1	240	270
1,0	300	300
0,9	360	360
0,8	450	450
0,7	570	570
0,6	720	720

Tabela 4: NOAA tabela s časovnimi limiti pri različnih tlakih. V prvi koloni so delni tlaki kisika izraženi v barih, v drugi koloni je največji dovoljen čas za posamezen potop, v tretji koloni pa skupni dovoljen čas v enem dnevu, obakrat izražena v minutah.

NOAA tabele določajo kako je telo brez prevelikega tveganja lahko izpostavljeno določenemu delnemu tlaku kisika. Postopek odčitavanja je enak kot pri klasičnih dekompresijskih tabelah za zrak. Zmeraj zaokrožujemo tako, da **upoštevamo strožji režim**. V primeru, da se



potapljamu pri delnem tlaku kisika 1,12 bara, v tabelah odčitamo vrednosti za prvi večji naveden delni tlak torej 1,2 bara.

Vidimo, da se oba časovna limita, tako za posamezen potop kot za celotni dan, z naraščajočim delnim tlakom kisika hitro krajšata. Pri največjem dovoljenem delnem tlaku kisika 1,5 bara sme potop trajati največ 120 minut. Temu potopu pa nikakor ne sme slediti ponoven potop v dolžini npr. 70 minut, saj bi bil presežen skupni dnevni limit 180 minut, ki ga lahko razberemo v tretji koloni ($120 \text{ min} + 70 \text{ min} = 190 \text{ min} > 180 \text{ min}$).

IZ VARNOSTNIH RAZLOGOV POTOPOV NIKOLI NE PLANIRAMO DO SKRAJNIH ČASOVNIH MEJ, TEMVEČ LE DO 80% NAJVEČJEGA DOVOLJENEGA ČASA.

Potop pri delnem tlaku 1,5 bara torej nikoli ne bomo planirali v dolžini 120 minut, koliko sicer dovoljuje NOAA tabela, temveč le do 80% tega časa, tj.:

$$t_{\text{potopa}} = 120 \text{ minut} \cdot 0,8 = 96 \text{ minut.}$$

Enako postopamo tudi pri skupnem dnevnem limitu. Največji dovoljen čas 180 minut zmanjšamo za 20 %:

$$t_{\text{dnevni}} = 180 \text{ minut} \cdot 0,8 = 144 \text{ minute.}$$

Če smo pri prvem potopu že "porabili" 96 minut, nam za drugega ostane le še 48 minut.

Resnici na ljubo pa lahko priznamo, da pri avtonomnosti jeklenk, ki jih običajno uporabljamo pri športnem potapljanju, časovnih omejitev običajno ne moremo preseči, razen morda v primeru potapljanja pri največjih dovoljenih delnih tlakih kisika (med 1,5 bara in 1,6 bara), ko lahko posamezen potop traja le 45 minut ali ob upoštevanju 20% varnostnega faktorja 36 minut.

5.2 Dekompresija

5.2.1 Ekvivalentna globina potopa

Planiranje potopa glede na možnost nastopa dekompresijske bolezni je enako kot pri potapljanju z zrakom. Preden iz dekompresijskih tabel odčitamo globine in čase dekompresijskih postankov, pa moramo določiti **ekvivalentno globino potopa**. Ker med potapljanjem z nitroxom vdihavamo manj dušika kot pri zraku, so razmere glede saturacije z dušikom za potapljača ugodnejše. Delež dušika in s tem ustrezni delni tlaki so v nitroxu manjši kot v zraku, kar se na telo manifestira, kot da bi potop potekal na manjši globini.

Kot primer vzemimo dva potapljača, prvi diha nitrox 40. drugi pa zrak. Potapljač z nitroxom naj se potopi do globine 30 m, potapljač z zrakom pa le do globine 20 m. Izračunajmo kolikšen je delni tlak dušika, ki ga na teh globinah vdihavata potapljača?



Potapljač z nitroxom diha dušik pri delnem tlaku: $p(N_2) = p \cdot r(N_2) = 4 \text{ bare} \cdot 0.6 = 2,4 \text{ bara}$. Potapljač, ki se potaplja z zrakom, pa diha dušik pri delnem tlaku: $p(N_2) = p \cdot r(N_2) = 3 \text{ bare} \cdot 0.8 = 2,4 \text{ bara}$. Vidimo, da oba potapljača dihata dušik pri enakem delnem tlaku, čeprav je potapljač z nitroxom 10 m bolj globoko. S stališča dušika je potop z nitrox 40 do globine 30 m enako neugoden kot potop z zrakom do globine 20 m. Na ta način določimo tudi efektivno globino potopa. **Efektivna globina potopa za nitrox 40 na globini 30 m je 20 m.**

Efektivna globina potopa je tista globina, na kateri bi pri potapljanju z zrakom potapljač dihal enak delni tlak dušika, kot ga diha potapljač z nitroxom.

Potapljač, ki je uporabljal nitrox 40 in se je potopil do globine 30 m dekompresijskih postankov v tabelah ne bo odčitaval pri globini 30 m, temveč pri efektivni globini potopa, tj. 21 m (20 m v tabelah ni, zato izberemo prvi strožji režim).

Po enakem postopku izračunamo efektivno globino tudi za kakršen koli drugi potop z nitroxom. Poiskati, moramo globino na kateri je pri zraku enak delni tlak dušika.

Formalni postopek za izračun efektivne globine potopa je:

- a) izračunamo delni tlak dušika v nitrox mešanici na izbrani globini
- b) izračunamo pri katerem tlaku je enak delni tlak dušika v zraku
- c) določimo na kateri globini vlada tlak izračunan v točki b.

Primer:

Kolikšna je efektivna globina potopa za nitrox 34 na globini 32 m?

1. Izračun delnega tlaka dušika:

Tlak na globini 32 m je 4,2 bara, delež dušika v nitrox 34 pa je $1 - 0,34 = 0,66$.

$$p(N_2) = r(N_2) \cdot p = 0,66 \cdot 4,2 \text{ bara} = 2,8 \text{ bara}$$

2. Izračun ustreznega celotnega tlaka za zrak:

V zraku je dušika približno 80% tj. njegov delež je 0.8.

$$p = p(N_2) / r(N_2) = 2,8 \text{ bara} / 0,8 = 3,5 \text{ bara.}$$

3. Določitev globine

Tlak 3,5 bara vlada na globini 25 m. To pomeni da je efektivna globina potopa za nitrox 34 na globini 32 m enaka 25 m.



Prav efektivna globina nam najbolj nazorno prikazuje prednost potapljanja z nitroxom. Če uporabljamo nitrox 34 na globini 32 m smo dekompresijski boleznini izpostavljeni približno toliko, kot z zrakom na globini 25 m.

Zapišimo še enačbo, s katero lahko izračunamo efektivno globino potopa:

$$h_{\text{efektivna}} [\text{m}] = ((h_{\text{potopa}} [\text{m}] / 10 + 1) \cdot r(\text{N}_2) / 0,8) - 1 \text{ bar} \cdot 10,$$

kjer je $h_{\text{efektivna}}$ efektivna globina potopa (izražena v metrih), h_{potopa} je globina potopa (izražena v metrih) in $r(\text{N}_2)$ je delež dušika v nitroxu. Količnik 0,8 v gornji enačbi je delež dušika v zraku, 1 bar, ki smoga odšteli je normalni zračni tlak, na koncu pa vse še delimo z 10, ker se za vsakih 10 m globine tlak poveča za 1 bar.

Če za test gornjo enačbo uporabimo na prejšnjem primeru (nitrox 40 na 30 m) res dobimo efektivno globino 20 m:

$$h_{\text{efektivna}} = ((30 / 10 + 1) \cdot 0,6 / 0,8) - 1 \text{ bar} \cdot 10 = 20 \text{ m}.$$

	nitrox 28	nitrox 30	nitrox 32	nitrox 34	nitrox 36	nitrox 38	nitrox 40
15 m	12.5	11.9	11.3	10.6	10.0	9.4	8.8
16 m	13.4	12.8	12.1	11.5	10.8	10.2	9.5
17 m	14.3	13.6	13.0	12.3	11.6	10.9	10.3
18 m	15.2	14.5	13.8	13.1	12.4	11.7	11.0
19 m	16.1	15.4	14.7	13.9	13.2	12.5	11.8
20 m	17.0	16.3	15.5	14.8	14.0	13.3	12.5
21 m	17.9	17.1	16.4	15.6	14.8	14.0	13.3
22 m	18.8	18.0	17.2	16.4	15.6	14.8	14.0
23 m	19.7	18.9	18.1	17.2	16.4	15.6	14.8
24 m	20.6	19.8	18.9	18.1	17.2	16.4	15.5
25 m	21.5	20.6	19.8	18.9	18.0	17.1	16.3
26 m	22.4	21.5	20.6	19.7	18.8	17.9	17.0
27 m	23.3	22.4	21.5	20.5	19.6	18.7	17.8
28 m	24.2	23.3	22.3	21.4	20.4	19.5	18.5
29 m	25.1	24.1	23.2	22.2	21.2	20.2	19.3
30 m	26.0	25.0	24.0	23.0	22.0	21.0	20.0
31 m	26.9	25.9	24.9	23.8	22.8	21.8	20.8
32 m	27.8	26.8	25.7	24.7	23.6	22.6	21.5
33 m	28.7	27.6	26.6	25.5	24.4	23.3	22.3



34 m	29.6	28.5	27.4	26.3	25.2	24.1	23.0
35 m	30.5	29.4	28.3	27.1	26.0	24.9	23.8
36 m	31.4	30.3	29.1	28.0	26.8	25.7	24.5
37 m	32.3	31.1	30.0	28.8	27.6	26.4	25.3
38 m	33.2	32.0	30.8	29.6	28.4	27.2	26.0
39 m	34.1	32.9	31.7	30.4	29.2	28.0	26.8
40 m	35.0	33.8	32.5	31.3	30.0	28.8	27.5

Tabela 5: Efektivne globine za različne nitrox mešanice. Izberite stolpec v katerem je navedena nitrox mešanica, ki jo uporabljate in se v tem stolpcu premaknite navzdol do ustrezne globine. Številka v kvadratu je pripadajoča efektivna globina.

5.2.2 Določitev dekompresijskih postankov

Dekompresijske postanke določimo iz klasičnih dekompresijskih tabel, pri čemer uporabimo efektivno globino potopa. Kot primer izračunajmo dekompresijske postanke za potop z nitrox 40 do globine 29 m v trajanju 30 minut in ga primerjajmo z dekompresijskimi postanki za enak potop opravljen z zrakom:

Efektivna globina potopa:

$$p(N_2) = 3,9 \text{ bara} \cdot 0,6 = 2,34 \text{ bara.}$$

$$2,34 \text{ bara} / 0,8 = 2,93 \text{ bara}$$

globina je 20 m (19,3 m zaokrožimo navzgor na 23 m)

Iz SPZ dekompresijskih tabel razberemo, da za potop v dolžini 30 minut na globini 21 m (20 m v tabelah ni za to gledamo prvi strožji režim to je 21 m) dekompresijski postanki niso predvideni.

Za enak potop z zrakom lahko iz tabel razberemo (30 minut na globini 30 m) da sta predvidena postanka 2 minuti na globini 6 m in 7 minut na globini 3 m.

5.3 Avtonomija jeklenke

Avtonomija jeklenke se določa na enak način kot pri potapljanju z zrakom. Poudarimo le, da je pri računanju porabe zraka med potopom treba upoštevati **dejansko globino potopa** in ne ekvivalentno globino.



6 OPREMA ZA POTAPLJANJE Z NITROXOM

Kisik postaja pri visokih delnih tlakih agresiven in v stiku z maščobami ali olji eksploziven. Zaradi tega je treba pri potapljanju z nitroxom uporabljati opremo, ki je **očiščena za kisik in združljiva s kisikom**.

6.1 Čistost in združljivost na kisik

Oprema je očiščena za kisik, če je razmaščena in drugače očiščena primesi, ki v stiku s kisikom pri povečanih tlakih lahko povzročijo vnetje ali eksplozijo.

Zaradi agresivnosti kisika pri visokih tlakih, je treba določene sestavne dele potapljaške opreme nadomestiti s takimi, ki so odporni na kisik. Na ta način zagotovimo združljivost opreme s kisikom.

Ob združljivosti pa oprema mora biti tudi čista za kisik. Obvezno moramo zagotoviti oba kriterija: čistost in združljivost. Če npr. opremo sicer združljivo s kisikom uporabimo pri potapljanju z navadnim zrakom, smo jo s tem umazali glede kisika in je več ne smemo uporabiti pri potapljanju s kisikom. Tako opremo moramo pred uporabo s kisikom ponovno razmastitvi, tj. očistiti za uporabo s kisikom.

Pri potapljanju z Nitrox mešanici do 40 % kisika lahko **razen jeklenke** uporabimo navadno potapljaško opremo, kot jo uporabljamo pri potapljanju z zrakom. Pri nitrox mešanici z deležem kisika, ki je večji od 40% pa moramo uporabiti opremo, ki je namenjena za potapljanje s čistim kisikom.

Jeklenka mora v obeh primerih biti očiščena in združljiva s kisikom. Ponovno poudarimo, da če tako jeklenko napolnimo z navadnim zrakom, več ni primerna za nitrox dokler je ponovno ne očistimo. Običajni kompresorji imajo namreč nižje standarde glede maščob v zraku, kot kompresorji za potrebe nitroxa, zato navaden zrak jeklenke umaže.

Ob čistosti se jeklenke za nitrox od običajnih razlikujejo še pri ventilu (specialna tesnila in ležišča iz odpornejših materialov). Jeklenke za nitrox so rumene barve ali imajo vsaj dva rumena trakova, na sredini med njima pa je 10 cm širok zelen trak. Jeklenke se običajno najprej napolnijo s kisikom do določenega tlaka, potem pa se doda ustrezna količina zraka, da se doseže zelen odstotek kisika v mešanici. Polnjenje jeklenk mora potekati počasi, da se prekomerno ne grejejo, preprečiti je treba kontaminacijo z vlago in ogljikom, preden se dodaja zrak jih je treba ohladiti in preveriti tlak.

Pri potapljanju z nitroxom je zelo pomemben delež kisika v mešanici, saj je od tega ključno odvisna največja dovoljena globina potopa in posledično varnost potapljača. Zaradi tega je treba delež kisika v nitroxu natančno izmeriti, tako po končanem polnjenju, kakor tudi pred



samim potopom. Merilnik (poseben analizator kisika) je treba pred vsakim merjenjem umeriti na zraku (21% kisika) in po polnjenju izpolniti dnevnik polnjenja. Oseba, ki je jeklenko polnila mora na njo napisati datum polnjenja, delež kisika v mešanici in se podpisati. Pred prevzemom jeklenke ali pred potopom je treba nitrox še enkrat analizirati.

6.2 Analiza nitrox mešanice

Postopek analize nitrox mešanice je zelo pomemben za zagotavljanje varnosti med potopom, zato je treba analizo izvesti po natančno določeni proceduri:

Umerjanje analizatorja

Analizator se umeri tako, da z njim izmerimo odstotek kisika v zraku. Ker vemo, da je v zraku kisika 21 %, mora pravilno umerjen analizator pokazati to vrednost. V kolikor meritev zraka ne da te vrednosti, analizator s posebnim nastavitvenim gumbom umerimo.

Meritev

Preden analizator priključimo na jeklenko, je treba ventil očisti morebitnih nečistoč (ventil na kratko odpremo da izpihamo morebitne nečistoče). Nato analizator pritrdimo na ventil jeklenke, ga delno odpremo in počakamo, da se števec umiri. Šele takrat odčitamo vrednost in na jeklenki označimo izmerjeno vrednost. Po opravljeni meritvi analizator očistimo.

Evidentiranje

Vsako polnjenje je treba evidentirati, izpolniti dnevnik polnjenj in podpisati ustrezen obrazec.

POTAPLJAČ MORA NITROX ANALIZIRATI TIK PRED UPORABO.