



SLOVENSKA POTAPLJAŠKA ZVEZA  
*za varno potapljanje*

# POTAPLJANJE Z NITROXOM

**dr. Mitja SLAVINEC**

# VSEBINA

<b>1</b>	<b>POGOJI IN NAMEN TEČAJA .....</b>	<b>3</b>
<b>2</b>	<b>UVOD .....</b>	<b>4</b>
<b>3</b>	<b>NITROX .....</b>	<b>5</b>
3.1	Oznake nitrox mešanic .....	5
3.2	Prednosti potapljanja z nitroxom .....	6
3.3	Nevarnosti potapljanja z nitroxom .....	8
<b>4</b>	<b>FIZIOLOŠKI VPLIV KISIKA .....</b>	<b>9</b>
4.1	Vloga kisika v človeškem telesu .....	9
4.2	Zastrupitev s kisikom .....	10
<b>5</b>	<b>PLANIRANJE POTOPA Z NITROXOM .....</b>	<b>15</b>
5.1	Kisikov izračun .....	15
5.2	Ponovljeni potopi .....	18
5.3	Dekompresija .....	19
5.4	Avtonomija jeklenke .....	23
<b>6</b>	<b>ANALIZA NITROX MEŠANICE .....</b>	<b>24</b>
<b>7</b>	<b>VIŠINSKI POTOPI Z NITROXOM .....</b>	<b>25</b>
7.1	Prednost nitroxa pri višinskih potopih .....	25
7.2	Izračun ekvivalentne globine .....	26
<b>8</b>	<b>POLNENJE MEŠANIC NITROX .....</b>	<b>27</b>
8.1	Polnjenje jeklenk za zrak z nitroxom .....	27
8.2	Polnjenje delno polnih jeklenk .....	29
8.3	Polnjenje nitrox jeklenk .....	30
<b>9</b>	<b>ZAKLJUČEK .....</b>	<b>31</b>



---

## PREDGOVOR

Nitrox potapljač je spremenjena in razširjena verzija knjige Nitrox v vmesnem času so se standardi nekoliko spremenili, največji dovoljen delni tlak kisika za rekreativno potapljanje se je zmanjšal na **1,4 bar**, kar je tečaj dokaj poenostavilo, saj so se prej pravila ločevala glede na okoliščine potopa. Prav tako je bil narejen zelo velik napredek na področju opreme, predvsem zaradi novega načina polnjenja jeklenk ni več praktično nobenih tehničnih ovir in se z nitroxom lahko s svojo klasično opremo za zrak potaplja vsak, ki je za to usposobljen.

Knjiga je sestavljena iz dveh smiselnih sklopov. V prvih šestih poglavjih bralec dobi potrebna znanja za varno potapjanje z nitroxom, kot je predvideno za osnovno nitrox potapljaško kategorijo (Nitrox 1). Zadnja tri poglavja pa postrežejo z dodatnimi in nekoliko bolj poglobljenimi vsebinami, namenjenimi za napredno nitrox kategorijo (nitrox 2).

Potapljanje z nitroxom je marsikje v svetu že standard. Številne potapljaške baze ga usposobljenim potapljačem v jeklenke polnijo po enaki ceni kot zrak. Statistika je namreč pokazala, da nekoliko večji strošek zaradi kisika več kot odtehta koristi in manj nezgod ali zapletov med ali po potopih.

Zaradi tega priporočamo, da se nitrox tečaj uveljavi kot sestavni del naprednih potapljaških tečajev, saj se kar nekaj vsebin prekriva in je nitrox le majhna nadgradnja klasičnega tečaja.

dr. Mitja Slavinec



# 1 POGOJI IN NAMEN TEČAJA

Potapljanje z nitroxom je zmeraj bolj razširjena in dostopna nadgradnja rekreativnega potapljanja. Gre za potapljaško specialnost, ki po mnogih kriterijih, še posebej po teoretični plati, spada med zahtevnejše. Zaradi tega se priporoča le potapljačem z dovolj potapljaških izkušenj in zadovoljivo stopnjo osebne odgovornosti.

Pogoj za udeležbo na osnovnem potapljaškem tečaju **NITROX POTAPLJAČ 1** (osnovni nitrox potapljač) je izkušen potapljač ali kandidat za nadaljevalne kategorije (CMAS P2, PADI AOWD ali ekvivalentno). Kot za vse druge potapljaške tečaje Slovenska potapljaška zveza priporoča zdravniški pregled, obvezna pa je izjava o zdravstvenem stanju potapljača.

Veljavnost 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 zraka, obogatene s kisikom,
- se nauči planirati potop z različnimi mešanicami nitroxa,
- se seznanj 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.

Tečajniki se naučijo, kakšne so prednosti in omejitve potapljanja z nitroxom, njegov vpliv na psihološke in fiziološke reakcije telesa, pravilno uporabljati potapljaško opremo in svoje znanje praktično uporabiti med potopom z nitroxom, vključno s korektno izvedenim planom potopa.



## 2 UVOD

Potapljanje z različnimi plinskimi mešanici je med potapljači iz leta v leto bolj razširjeno in popularno. Običajno se uporabljajo 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, trimix 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 **ustrezno usposobljeni potapljači**. Tečaji potekajo na dveh ravneh, osnovni tečaj za kategorijo NITROX POTAPLJAČ 1 in tečaj za napredno kategorijo NITROX POTAPLJAČ 2. 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.

V sklopu osnovnega tečaja potapljači dobijo teoretična znanja in praktične izkušnje za varno potapljanje z nitroxom, pri katerem **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, ki jo običajno uporabljamo pri potapljanju z zrakom. Vabimo vas, da se po nekaj potopih z nitroxom udeležite nadaljevalnega tečaja. Nova znanja in izkušnje vam bodo koristili in dodatno pripomogla tudi k vaši varnosti med potapljanjem z zrakom.



## 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 rekreativnimi potapljači pa je postal razširjen po letu 1970. Z uporabo plinske mešanice nitrox **zmanjšamo količino dušika**, ki se zaradi povečanega tlaka med potopom dodatno raztopi v telesu. Na ta način zmanjšamo negativni vplivu dušika na telo, predvsem dušikovo omamo in nastanek dekompresijske bolezni. Hkrati pa smo zaradi nitroxa bistveno bolj izpostavljeni **zastrupitvi s kisikom**.

### 3.1 Oznake nitrox mešanic

Nitrox označujemo glede na delež kisika, ki ga vsebuje. Uveljavilo se je 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 % 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, 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 nitroxi 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 in 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 dušika manj 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 nitroxu 40 je na globini 40 m torej le  $5 \text{ barov} \cdot 0,6 = 3 \text{ bare}$ , kar je veliko manj kot 4 bare 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. Med potopom z nitroxom se telo veliko manj nasiti z dušikom, kot bi se pri enakem potopu z zrakom in zaradi tega je tudi manj izpostavljeno dekompresijski bolezni. Uporaba nitroxa nam **ekvivalentno zmanjšuje globino potopa**.

### 3.2.3 Podaljša se čas potopov brez dekompresijskih postankov

Manjši delež dušika med potapljanjem z nitroxom podaljša čas potopov znotraj varnostne krivulje (brezdekompresijskih potopov). Izračunamo za koliko se zaradi nitroxa podaljšajo časi nedekompresijskih potopov? Pri potopu npr. z nitroxom 40 na globini 25 m je delni tlak dušika  $pN_2$  sorazmeren celotnemu tlaku  $p$ , ki vlada na določeni globini in deležu dušika  $rN_2$  v plinski mešanici (v primeru nitroxa 40 je dušika 60%  $\rightarrow rN_2=0,6$ ) :

$$pN_2 = p \cdot rN_2 = 3,5 \text{ bar} \cdot 0,6 = 2,1 \text{ bar.} \quad (1)$$



Med potapljanjem z zrakom imamo enak delni tlak na globini približno 16 m. Iz tega izhaja, da je čas brez-dekompresijskega potopa z nitroxom 40 na globini 25 m enak kot je čas brez-dekompresijskega potopa z zrakom na globini le 16 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 efektivno je prehajanje dušika skozi stene pljučnih mešičkov in s tem iz telesa, je odvisno od razlike delnih tlakov dušika v krvi in v pljučih. Če dihamo nitrox, je koncentracija dušika v pljučih manjša kot pri zraku in zaradi tega se dušik tudi **bolj učinkovito izloča iz telesa**. Če je pri potapljanju z zrakom predviden dekompresijski postanek na neki globini npr. 6 minut, pri nitroxu enako količina dušika izdihamo v krajšem času in **dekompresijski postanek** je zaradi tega **bolj učinkovit**. Poenostavljeno si zadeve lahko razlagamo tudi tako: z nitroxom **vdihavamo manj dušika**, zato je njegovo **izločanje iz telesa bolj učinkovito** 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, kar bistveno zmanjša možnost nastanka dekompresijske bolezni in drugih popotopnih zapletov.

### 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. Če upoštevamo površinske intervale, kot so predpisani za potapljanje z zrakom, pa smo s tem povečali varnost in dodatno zmanjšali možnost za nastanek dekompresijske bolezni po ponovljenem potopu.

### 3.2.7 Zmanjšajo se popotopne težave

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





### 3.3 Nevarnosti potapljanja z nitroxom

Vse zgoraj naštetе prednosti nedvomno kažejo na večjo varnost pri potapljanju z nitroxom. Kot je v naravi običajno, ima potapljanje z nitroxom ob dobrih tudi nekatere slabe strani in nevarnosti. Nekaj jih je povezanih z zahtevnejšo tehnično izvedbo potopov, bolj nevarni pa so **negativni vplivi na človeško telo**, predvsem zaradi **nevarnosti zastrupitve s kisikom**.

#### 3.3.1 Tehnična zahtevnost

Pri potapljanju z nitroxom 40 ali manj ne potrebujemo posebne potapljaške opreme. Na začetku uporabe nitroxa je bilo treba uporabljati posej pripravljene jeklenke. Že nekaj časa pa zaradi posodobljenega načina polnjenja lahko za nitrox 40 ali manj uporabljamo enake jeklenke in vso drugo potapljaško opremo kot za potapljanje z zrakom.

#### 3.3.2 Cena

Polnjenje jeklenk z nitroxom je nekoliko dražje kot z zrakom, saj mu je treba dodajati čisti kisik. Na srečo pa cena le-tega na trgu ni pretirana, pa tudi strategija potapljaških centrov, ki nudijo nitrox, je usmerjena v popularizacijo in vzpodbujanje potapljanja z nitroxom, kar udejanjajo tudi preko dostopnih cen nitroxa. V nekaterih primerih potapljačem, ki so ustrezno usposobljeni, nitrox nudijo po enaki ceni kot zrak. Potapljanje z nitroxom je veliko varnejše zato imajo centri manj potapljaških incidentov, kar več kot odtehta dodaten strošek za kisik.

#### 3.3.3 Nevarnost zastrupitve s kisikom

Največja in najnevarnejša slaba lastnost potapljanja z nitroxom je povečana izpostavljenost telesa **zastrupitvi s kisikom**. Kisik je pri delnih tlakih, večjih od 1,6 bar, za ljudi skrajno nevaren, saj povzroča zastrupitev, ki lahko vodi do utopitve ali barotravmo pri dvigu zastrupljenega, ki je v fazi krča vseh mišic.

Za rekreativno potapljanje je **največji dovoljen delni tlak kisika 1,4 bar**. Zaradi tega se **zmanjša največja globina**, do katere se smemo potapljati z nitroxom. V primeru npr. nitroxa 40 delni tlak kisika kritično mejo 1,4 bar doseže že na globini 25 m (tlak na 25 m globine je 3,5 bar, tj.  $3,5 \text{ bar} \cdot 0,4 = 1,4 \text{ bar}$ ). Omejitev globine zaradi zastrupitve s kisikom je veliko bolj stroga kot omejitev zaradi dušikove omame, saj omama nastopi postopoma, **zastrupitev s kisikom pa hipoma** in nenapovedano.



## 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. Vpliv kisika na človeško telo ni odvisen od deleža kisika v neki plinski mešanici, temveč je vpliv odvisen od njegovega **delnega tlaka**.

Človeško telo se je med svojim razvojem prilagodilo razmeram v okolju. V tem okolju dihamo zrak pri tlaku približno **1 bar**, v katerem je približno **ena petina kisika O<sub>2</sub>** (natančneje 21 %) in približno **štiri petine dušika N<sub>2</sub>** (natančneje malo več kot 78 %). V zraku je delni tlak kisika torej ena petino normalnega zračnega tlaka (bolj natančno 0,21 bar). 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 bar**.

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	največji dovoljen tlak za rekreativno potapljanje
1,60	največji dovoljeni tlak za vojaške potapljače

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

V gornji tabeli so navedeni mejni delni tlaki kisika za določena stanja ali aktivnosti. Razumeti jih moramo 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 bi med potapljanjem z zrakom delni tlak kisika dosegel 0,5 bar. To je delni tlak kisika, ki človeku ni nevaren, četudi mu je izpostavljen zelo dolgo časa.



Za varno potapljanje je praktično znati čim več količin in vrednosti **oceniti na pamet**. V ta namen bomo povsod pri računanju privzeli, da je v zraku kisika **ena petina** (20 %), čeprav ga je dejansko 21 %. Napaka, ki jo naredimo zaradi te poenostavitve, je veliko manj pomembna in usodna, kot je koristno hitro in poenostavljeno računanje, ki ga bomo z malo vaje lahko izvedli zgolj na pamet.

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

Do rezultata lahko pridemo tudi po formalni poti. Predpisani delni tlak kisika (0,5 bar) delimo z deležem kisika v zraku ( $r_{O_2}=0,2$ ) in dobimo iskani tlak:  $0,5 \text{ bar} / 0,2 = 2,5 \text{ bar}$ .

Za vajo na podoben način izračunajte na kateri globini delni tlak kisika v zraku doseže 1,4 bar, kar je največji dovoljeni delni tlak kisika pri rekreativnem potapljanju. (Odg.: 60 m.)

## 4.2 Zastrupitev s kisikom

Kisik je za človeško telo varen le pri delnih tlakih med spodnjo mejo, pod katero nastopi hipoksija in zgornjo mejo, ko postane strupen (toksičen). Zaradi tega je **kisik** pri povečanem tlaku za telo **veliko bolj nevaren kot dušik**, ki z naraščajočim delnim tlakom ne postane toksičen (strupen), ampak narkotičen (omotičen).

Pri zastrupitvi s kisikom ločimo dve pojavnosti:

- 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 (le nekoliko večjih od dovoljene vrednosti 0,5 bar). Živčna oblika zastrupitve s kisikom pa nastopi že po krajšem dihanju kisika pri delnih tlakih večjih od največje dovoljene vrednosti 1,4 bar.

### 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 se v pljučih nabere toliko tekočine,



da ne morejo več opravljati svoje funkcije. Nastopi bolezensko stanje, ki je zelo podobno pljučnici. Če 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 dolgotrajnim zdravljenjem ko pacient diha čisti kisik. **Zaradi tega pri rekreativnem potapljanju do pljučne oblike zastrupitve s kisikom praviloma sploh ne more priti.**

### 4.2.2 Zastrupitev centralnega živčnega sistema (CNS)

Za razliko od pljučne zastrupitve 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.

### 4.2.3 Vzroki

Zastrupitev centralnega živčnega sistema nastopi pri dihanju kisika pri delnem tlaku več kot **1,4 bar**. Ta meja velja le v idealnih primerih. Med potapljanjem, npr. v hladni vodi, ko je potapljač izpostavljen večjemu fizičnemu naporu ali so pogoji za potapljanje kakorkoli drugače oteženi, pa se največji dovoljeni mejni delni tlak kisika zmanjša na **1,2 bar**.

Podobno kot pri dekompresijski bolezni sta tudi pri zastrupitvi centralnega živčnega sistema odločilna 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 časovni omejitvi** (kisikova bonusa): prva se nanaša **na posamezen potop**, druga pa na skupen čas **vseh potopov v enem dnevu**. Obe omejitvi sta kritično odvisni od delnega tlaka. Strogo je treba upoštevati obe omejitvi 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, t. i. **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.



### 4.2.4 Simptomi

Kisik pri povečanem delnem tlaku začne motiti delovanje živcev. Če se delni tlak kisika 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. Če v tej fazi potapljač ob sebi nima izkušenega in prisebnega kolega, je v zelo veliki nevarnosti. Nezavesten bo v primeru negativne plovnosti začel padati v večje globine, kjer se bodo zaradi še večjega delnega tlaka kisika razmere le še poslabšale. V primeru pozitivne plovnosti pa se bo začel dvigovati, vendar zaradi krča v grlu zrak ne bo mogel izhajati iz pljuč, kar bo povzročilo **barotravmo pljuč** s tragičnimi posledicami.
- b) **KLONIČNA FAZA** traja približno od 1 do 3 minute. V tej fazi ponesrečenec zelo drgeta. Četudi je pri zavesti, ne more premakniti mišic in sam ne more kontrolirati svoje plovnosti, zato je nujno potrebna asistenca sopotapljača. Za razliko od tonične faze pa je zaradi drgetanja krč v grlu že popustil. Zrak se lahko pretaka iz pljuč in nevarnost barotravme pljuč ni več izrazita.
- c) **RELAKSACIJSKA FAZA** sledi klonični. Krč popusti in dihanje se ponovno vzpostavi. Ker ponesrečeni praviloma zelo dolgo 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. V telo ponovno pride veliko kisika pri delnem tlaku, ki je višji od dovoljenega, kar povzroči ponovni napad. Relaksacijska faza je faza, ki omogoča reševanje in dvig.



#### 4.2.5 Postopki reševanja

Zastrupitev centralnega živčnega sistema s kisikom nastopi s krčem celotnega telesa in nezavestjo, ki onemogoči kakršno koli obliko samo-reševanja. Zaradi tega je zastrupitev s kisikom toliko bolj nevarna od dušikove omame, ki nastopa bolj zvezno in se telo nanjo s časom privadi oziroma okrepi svojo odpornost. Pri zastrupitvi s kisikom je **ponesrečeni povsem odvisen od partnerja**. Zavedati se je treba, da če imata potapljača podoben profil potopa in enako plinsko mešanico, je tudi partner že zelo blizu zastrupitve s kisikom. Zaradi tega je še toliko bolj pomembno, da so njegovi postopki preudarni in sledijo temu, da oba čim prej varno prideta na površino.

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

Ko ponesrečeni v relaksacijski fazi začne dihati, ga mora partner dvigniti v čim plitvejšo vodo, da se zmanjša tlak in kisik več ne povzroča ponovnih napadov. Ponesrečenca je treba dvigovati kot **asistirani dvig**. 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 in kontroliran, da ga bo reševalec lahko **takoj zaustavil**, če ponesrečenec dobi ponovni napad. Takrat mora na dani globini ponovno počakati na fazo relaksacije, ko lahko nadaljuje z asistiranim dvigom. Tega se mora reševalec ves čas zavedati.

Če 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 **strogo in dosledno**.

#### 4.2.6 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 **oddatne**.

Najpomembnejša (osnovna) preventivna postopka sta dosledno 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 1,4 bara (ne prekorači dovoljene globine),



- ne prekorači časovnih omejitev, kot jih predpisuje NOAA tabela.

Ob tem 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 telesa pred ali po potopu.

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



## 5 PLANIRANJE POTOPA Z NITROXOM

Planiranje potopa z nitroxom temelji na enakih principih in postopkih kot je planiranje potopa z zrakom, je pa kompleksnejše in zahtevnejše ker je treba dodatno preprečiti tudi možnost zastrupitve s kisikom. Plan potopa zajema:

**a) kisikov izračun:**

- izračun največje dovoljene globine potopa (**Maximum Operating Depth - MOD**);
- izračun najdaljšega dovoljenega časa potopa;

**b) test glede dekompresijske bolezni:**

- izračun ekvivalentne globine,
- določitev dekompresijskih postankov;

**c) izračun avtonomije jeklenke.**

Oglejmo si tipičen plan potopa z nitroxom.

### 5.1 Kisikov izračun

#### 5.1.1 Določitev največje dovoljene globine (MOD)

Največja dovoljena globina potopa (angl.: **Maximum Operating Depth - MOD**) je odvisna od izbrane mešanice nitroxa in profila ter okoliščin potopa. Delni tlak kisika pri rekreativnem potapljanju ne sme preseči 1,4 bar.

Kot primer izračunajmo **največjo dovoljeno globino za nitrox 32** (t. i. Nitrox I). Izračunati moramo, na kateri globini bo delni tlak kisika enak 1,4 bar. Kisika je v mešanici 32 %, tj. njegov delež znaša  $r_{O_2}=0,32$ . Največji dovoljen delni tlak kisika (1,4 bar) bomo delili z deležem kisika v mešanici  $r_{O_2}$  in dobili največji dovoljen celotni tlak. Iz največjega dovoljenega celotnega tlaka pa enostavno izračunamo pripadajočo globino. Preden se lotimo računa, se spomnimo še dveh pomembnih podatkov:

- **normalni zračni tlak ( $p_0$ ) znaša 1 bar,**
- **v vodi se hidrostatski tlak na vsakih 10 m globine poveča za 1 bar.**

Najprej izračunajmo, pri katerem tlaku  $p$  bo delni tlak kisika  $p_{O_2}$  enak 1,4 bar. Splošno pravilo je, da delni tlak nekega plina delimo z deležem tega plina ( $r_{O_2}$ ) v plinski mešanici:

$$p = p_{O_2} / r_{O_2} = 1,4 \text{ bar} / 0,32 = 4,4 \text{ bar.} \quad (2)$$





Tlak 4,4 bar je na globini **34 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 34 m.**

Za preizkus bomo račun ponovili še v obratni smeri. Izračunajmo kolikšen je na tej globini delni tlak kisika. Delni tlak nekega plina  $pO_2$  je enak produktu celotnega tlaka  $p$  in deleža tega plina  $rO_2$  v plinski mešanici:

$$pO_2 = p \cdot rO_2 = 4,4 \text{ bar} \cdot 0,32 = 1,4 \text{ bar.}$$

Izračunajmo še največjo dovoljeno globino potapljanja za t. i. Nitrox II, to je nitrox 36:

$$p = pO_2 / rO_2 = 1,4 \text{ bar} / 0,36 = 3,9 \text{ bar.}$$

Tlak 3,9 bar je na globini 29 m (1 bar normalni zračni tlak in 2,9 bar vodnega tlaka). **Največja dovoljena globina za potapljanje z Nitrox 2 je 29 metrov.**

Za test izračunajte, kolikšni sta največji dovoljeni globini potopa za nitrox 32 in nitrox 36, če za zgornjo mejo delnega tlaka kisika vzamemo 1,2 bar? (Odg.: nitrox 32 = 27 m in nitrox 36 = 23 metrov).

V kolikor pod vodo pričakujemo **težje pogoje** za potop, moramo največjo mejo delnega tlaka kisika **znižati na 1,2 bar**. Za boljši občutek in lažje planiranje potopov so v spodnji tabeli navedene največje dovoljene globine (MOD) za najpogostejše mešanice nitrox pri dveh različnih zgornjih mejah delnega tlaka kisika: 1,4 bar in 1,2 bar.

NITROX	največja dovoljena globina potopa (MOD)	največja dovoljena globina potopa (MOD)
	$pO_2 = 1,4 \text{ bar}$	$pO_2 = 1,2 \text{ bar}$
nitrox 40	25 m	20 m
nitrox 38	26 m	21 m
nitrox 36	28 m	23 m
nitrox 34	31 m	25 m
nitrox 32	33 m	27 m
nitrox 30	36 m	30 m
nitrox 28	40 m	33 m

Tabela 3: Največje dovoljene globine potapljanja (MOD) za različne mešanice nitroxa pri dveh različnih največjih delnih tlakih kisika.

Gornjo tabelo uporabljamo tako, da v prvi koloni izberemo nitrox, ki ga želimo uporabiti, v sosednji koloni pa razberemo največjo dovoljeno globino za delni tlak



kisika 1,4 bar. V skrajno desni koloni je največja dovoljena globina potopa za delni tlak kisika 1,2 bar v primeru težjih pogojev pod vodo. Kot primer si oglejmo npr. nitrox 38. Največja dovoljena globina potopa pri delnem tlaku kisika 1,4 bar je 26 m, pri delnem tlaku kisika 1,2 bar pa je največja globina 21 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 zagotavlja varno potapljanje do največje dovoljene globine za rekreativno potapljanje 40 m.

### 5.1.2 Določitev največjega dovoljenega časa potopa

Največji dovoljeni čas potopa je odvisen od delnega tlaka kisika, pri katerem se potapljamo. Pri tem imamo dve omejitvi: najdaljši dovoljeni čas posameznega potopa in najdaljši dovoljeni skupni čas vseh potopov v enem dnevu (dnevni limit). Oba časa odčitamo iz NOAA (National Oceanographic and Atmospheric Association) tabele.

Tabele NOAA določajo, koliko časa je lahko telo brez prevelikega tveganja 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 potapljamo pri delnem tlaku kisika 1,12 bar, v tabelah odčitamo vrednosti za prvi večji navedeni delni tlak, torej 1,2 bar.

delni tlak [bar]	posamezen potop [min]	dnevni limit [min]
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 bar, v drugi koloni je največji dovoljeni čas za posamezen potop, v tretji koloni pa skupni dovoljeni čas v enem dnevu, obakrat izražena v minutah.

Vidimo, da se oba časovna limita, tako za posamezen potop kot za celotni dan, z naraščajočim delnim tlakom kisika zelo krajšata. Pri največjem dovoljenem delnem tlaku kisika 1,4 bar sme potop trajati največ 150 minut. Temu potopu pa nikakor ne



sme slediti ponoven potop v dolžini npr. 40 minut, saj bi bil presežen skupni dnevni limit 180 minut, ki ga lahko razberemo v tretji koloni ( $150 \text{ min} + 40 \text{ min} = 190 \text{ min} > 180 \text{ min}$ ).

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

Potopa pri delnem tlaku 1,4 bar torej nikoli ne bomo planirali v dolžini 150 min, koliko sicer dovoljuje tabela NOAA, temveč le do 80 % tega časa, tj.:

$$t_{\text{potopa}} = 150 \text{ min} \cdot 0,8 = 120 \text{ min.}$$

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

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

Če smo pri prvem potopu že "porabili" 120 min, nam za drugega ostane le še 24 min ( $144 \text{ min} - 120 \text{ min} = 24 \text{ min}$ ).

Resnici na ljubo pa pri rekreativnem potapljanju običajno uporabljamo tako majhne jeklenke, da njihova avtonomnost ne omogoča, da bi te časovne omejitve presegli.

## 5.2 Ponovljeni potopi

### 5.2.1 Nasičenost s kisikom

Pri ponovljenih potopih z nitroxom veljajo enaka pravila kot pri kot ponovljenih potopih z zrakom, s tem, da tukaj ob dušiku dodatno preverimo tudi, koliko kisika je ostalo v telesu po prvem potopu.

Preostanek kisika v telesu izrazimo tako, da pogledamo **kolikšen delež** največjega dovoljenega časa potopa, **smo opravili v prvem potopu**. Nasičenost s kisikom je torej **toliko odstotkov**, koliko odstotkov največjega dovoljenega časa **za en potop** smo dihali kisik (bili pod vodo). Kot primer navedimo potop, ki je pri delnem tlaku kisika 1,4 bar trajal  $90 \text{ min}$ . Ker je največji dovoljen čas pri tem delnem tlaku kisika  $150 \text{ min}$ , enostaven račun pokaže, da je po takem potopu **nasičenost centralnega živčnega sistema (CNS)** s kisikom 60 % ( $90 \text{ min}/150 \text{ min}=0,6$ ). Vidimo, da pri rekreativnih potopih **običajno ne dosegamo velikih deležev nasičenosti CNS**, saj se redko potapljam tako dolgo in še to na skrajni meji delnega tlaka kisika. V praksi ti deleži redko presegajo 15 %, tako da je telo tudi pri ponovljenih potopih še zmeraj



veliko bolj izpostavljeno negativnemu učinku dušika kot kisika. Vseeno pa pri načrtovanju ponovljenih potopov zmeraj preverimo tudi v telesu preostali kisik.

### 5.2.2 Površinski interval

Podobno kot se po potopu iz telesa izloča dušik, se izloča tudi kisik. Pri kisiku je ta proces hitrejši, saj se kisik porablja tudi pri metabolizmu. Dušik se iz različnih tkiv izloča različno hitro (tki. saturacijski in de-saturacijski časi tkiv), kar v povprečju vrednotimo z dekompresijskimi tablicami, ali nam sproti računajo dekompresijski računalniki. Pri kisiku pa so razmere veliko bolj enostavne, saj je de-saturacijski čas za vsa tkiva enak. Velja pravilo, da je **razpolovni čas enak 1,5 ure oz. vsakih 90 minut se količina v telesu raztopljenega kisika razpolovi**. Nasičenost CNS se torej po 90 min razpolovi, po naslednjih 90 min se ponovno razpolovi in tako naprej. Kor primer si oglejmo potop, ki je pri delnem tlaku kisika 1,4 bar trajal 60 min. Po potopu je nasičenost CNS 40 %. Po eni uri in pol (90 min) se začetna nasičenost CNS razpolovi in je le še 20 %. Po nadaljnji uri in pol se ponovno razpolovi in je le še 10 %. Nasičenost CNS se je po treh urah torej iz 40 % zmanjšala na 10 %.

Po 12. urah se nasičenost CNS zmanjša za faktor 64, zato lahko računamo, da **po 12. urah nasičenost CNS popolnoma preneha**. Nasičenost CNS nam sproti izračunavajo tudi dekompresijski računalniki, ki imajo možnost nastavitve nitrox mešanic. Praksa z uporabo ustreznih dekompresijskih računalnikov tudi potrjuje, da pri rekreativnem potapljanju z nitroxom CNS res praviloma ne preseže 15 %.

## 5.3 Dekompresija

### 5.3.1 Ekvivalentna globina potopa

Planiranje potopa glede na možnost nastopa dekompresijske bolezni je enako kot pri potapljanju z zrakom. Razlikuje se le glede na globino, s katero iz dekompresijskih tabel odčitavamo dekompresijske postanke. Ne uporabljamo dejanske globine potopa, ampak **ekvivalentno globino potopa**, ki jo lahko odčitamo iz *tabele 5* ali jo izračunamo.

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 ustreznih 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 25 m, potapljač z zrakom pa le do globine 16 m. Izračunajmo, kolikšen je delni tlak dušika, ki ga na teh globinah vdihavata potapljača. Potapljač z nitroxom diha dušik pri delnem tlaku:  $p(N_2) = p \cdot r(N_2) = 3,5 \text{ bar} \cdot 0,6 = 2,1 \text{ bar}$ . Potapljač, ki se potaplja z zrakom, pa diha dušik pri delnem tlaku:  $p(N_2) = p \cdot r(N_2) = 2,6 \text{ bar} \cdot 0,8 = 2,1 \text{ bar}$ . Vidimo, da oba potapljača dihata dušik pri enakem delnem tlaku, čeprav je potapljač z nitroxom 9 m bolj globoko. S stališča dušika je potop z nitrox 40 do globine 25 m enako obremenjujoč kot potop z zrakom do globine 16 m. Na ta način določimo tudi ekvivalentno globino potopa. **Ekvivalentna globina potopa za nitrox 40 na globini 25 m je 16 m.**

**Ekvivalentna globina potopa je tista globina, na kateri bi potapljač z zrakom dušik dihal pri enakem delnem tlaku, kot ga na izbrani globini diha potapljač z nitroxom.**

Potapljač, ki je uporabljal nitrox 40 in se je potopil do globine 25 m, dekompresijskih postankov v tabelah ne bo odčitaval pri globini 25 m, temveč pri ekvivalentni globini potopa, tj. 18 m (16 m v tabelah ni, zato izberemo prvi strožji režim).

Ekvivalentno globino za potop z nitroxom določimo tako, da izračunamo pri kateri globini je **pri zraku enak delni tlak dušika** kot je **delni tlak dušika na izbrani globini potopa z nitroxom**.

Formalni postopek za izračun ekvivalentne globine potopa je:

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

**Primer:**

Kolikšna je ekvivalentna globina potopa za nitrox 34 na globini 30 m?

### 1. Izračun delnega tlaka dušika:

Tlak na globini 30 m je 4,0 bar, delež dušika  $rN_2$  v nitrox 34 pa je  $1 - 0,34 = 0,66$ .

$$p(N_2) = r(N_2) \cdot p = 0,66 \cdot 4,0 \text{ bar} = 2,6 \text{ bar}.$$

### 2. Izračun ustreznega celotnega tlaka za zrak:

V zraku je dušika približno 80 %, njegov delež je torej  $rN_2 = 0,8$ .

$$p = p(N_2) / r(N_2) = 2,6 \text{ bar} / 0,8 = 3,3 \text{ bar}.$$

### 3. Določitev globine



Tlak 3,3 bar je na globini 23 m. To pomeni, da je ekvivalentna globina potopa za nitrox 34 na globini 30 m enaka 23 m.

Prav ekvivalentna globina nam najbolj nazorno prikazuje prednost potapljanja z nitroxom. Če uporabljamo nitrox 34 na globini 30 m, smo dekompresijski boleznini izpostavljeni približno toliko, kot z zrakom na globini 23 m.

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

$$h_{\text{ekvivalentna}} [m] = ((h_{\text{potopa}} [m] / 10 + 1) \cdot r(N_2) / 0,8) - 1) \cdot 10,$$

kjer je  $h_{\text{ekvivalentna}}$  ekvivalentna globina potopa (izražena v metrih),  $h_{\text{potopa}}$  je globina potopa (izražena v metrih) in  $r(N_2)$  je delež dušika v nitroxu. Količnik 0,8 v gornji enačbi je delež dušika v zraku, 1 je normalni zračni tlak izražen v bar, na koncu pa vse pomnožimo 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 25 m), res dobimo ekvivalentno globino 16 m:

$$h_{\text{ekvivalentna}} [m] = ((25 / 10 + 1) \cdot 0,6 / 0,8) - 1) \cdot 10 = \mathbf{16 m}.$$



TABELA EKVIVALENTNIH GLOBIN

	nitrox 28	nitrox 30	nitrox 32	nitrox 34	nitrox 36	nitrox 38	nitrox 40
15 m	12.5 m	11.9 m	11.3 m	10.6 m	10.0 m	9.4 m	8.8 m
16 m	13.4 m	12.8 m	12.1 m	11.5 m	10.8 m	10.2 m	9.5 m
17 m	14.3 m	13.6 m	13.0 m	12.3 m	11.6 m	10.9 m	10.3 m
18 m	15.2 m	14.5 m	13.8 m	13.1 m	12.4 m	11.7 m	11.0 m
19 m	16.1 m	15.4 m	14.7 m	13.9 m	13.2 m	12.5 m	11.8 m
20 m	17.0 m	16.3 m	15.5 m	14.8 m	14.0 m	13.3 m	12.5 m
21 m	17.9 m	17.1 m	16.4 m	15.6 m	14.8 m	14.0 m	13.3 m
22 m	18.8 m	18.0 m	17.2 m	16.4 m	15.6 m	14.8 m	14.0 m
23 m	19.7 m	18.9 m	18.1 m	17.2 m	16.4 m	15.6 m	14.8 m
24 m	20.6 m	19.8 m	18.9 m	18.1 m	17.2 m	16,4 m	15.5 m
25 m	21.5 m	20.6 m	19.8 m	18.9 m	18.0 m	17.1 m	16.3 m
26 m	22.4 m	21.5 m	20.6 m	19.7 m	18.8 m	17.9 m	17.0 m
27 m	23.3 m	22.4 m	21.5 m	20.5 m	19.6 m	18.7 m	17.8 m
28 m	24.2 m	23.3 m	22.3 m	21.4 m	20.4 m	19.5 m	18.5 m
29 m	25.1 m	24.1 m	23.2 m	22.2 m	21.2 m	20.2 m	19.3 m
30 m	26.0 m	25.0 m	24.0 m	23.0 m	22.0 m	21.0 m	20.0 m
31 m	26.9 m	25.9 m	24.9 m	23.8 m	22.8 m	21.8 m	20.8 m
32 m	27.8 m	26.8 m	25.7 m	24.7 m	23.6 m	22.6 m	21.5 m
33 m	28.7 m	27.6 m	26.6 m	25.5 m	24.4 m	23.3 m	22.3 m
34 m	29.6 m	28.5 m	27.4 m	26.3 m	25.2 m	24.1 m	23.0 m
35 m	30.5 m	29.4 m	28.3 m	27.1 m	26.0 m	24.9 m	23.8 m
36 m	31.4 m	30.3 m	29.1 m	28.0 m	26.8 m	25.7 m	24.5 m
37 m	32.3 m	31.1 m	30.0 m	28.8 m	27.6 m	26.4 m	25.3 m
38 m	33.2 m	32.0 m	30.8 m	29.6 m	28.4 m	27.2 m	26.0 m
39 m	34.1 m	32.9 m	31.7 m	30.4 m	29.2 m	28.0 m	26.8 m
40 m	35.0 m	33.8 m	32.5 m	31.3 m	30.0 m	28.8 m	27.5 m

Tabela 5: Ekvivalentne 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 ekvivalentna globina. S sivim poljem je označeno polje potopov, ki niso dovoljeni zaradi omejitve delnega tlaka kisika na 1,4 bar.



### 5.3.2 Določitev dekompresijskih postankov

Dekompresijske postanke določimo iz klasičnih dekompresijskih tabel za potapljanje z zrakom, pri čemer **uporabimo ekvivalentno globino potopa**. Kot primer izračunajmo dekompresijske postanke za potop z nitrox 40 do globine 25 m v trajanju 30 minut in ga primerjajmo z dekompresijskimi postanki za enak potop, opravljen z zrakom:

#### Ekvivalentna globina potopa:

$$p(\text{N}_2) = 3,5 \text{ bar} \cdot 0,6 = 2,1 \text{ bar},$$

$$2,1 \text{ bar} / 0,8 = 2,6 \text{ bar} \rightarrow \text{ekvivalentna globina je 16 m.}$$

Iz SPZ dekompresijskih tabel razberemo, da za potop v dolžini 30 minut na globini 18 m (16 m v tabelah ni, zato gledamo prvi strožji režim, to je 18 m) dekompresijski postanki niso predvideni (tabela 3 kaže, da so na globini 18 m potopi do 44 minut brez dekompresije, znotraj varnostne krivulje).

Za enak potop z zrakom (30 minut na globini 25 m) lahko iz tabel razberemo, da je predviden postanek 5 minut na globini 3 m. Z uporabo nitroxa je srednje zahteven dekompresijski potop, ki predvideva 5 minut dekompresijskega postanka postal potop znotraj varnostne krivulje (nedekompresijski potop).

## 5.4 Avtonomija jeklenke

Avtonomijo jeklenke izračunamo enako 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 ANALIZA NITROX MEŠANICE

Za polnjenje jeklenk z nitroxom 40 ali manj lahko uporabimo navaden kompresor za medicinski zrak, kateremu v sesalno cev s posebnim mešalnim ventilom dovajamo ustrezno količino kisika. V tem primeru ne rabimo posebnih jeklenk, prav tako je lahko tudi vsa druga potapljaška oprema standardna, kot jo uporabljamo za zrak. Zelo pomembno pa je, da vsak potapljač pred potopom **sam analizira nitrox mešanico** in določi največjo dovoljeno globino potopa (MOD) saj je delež kisika v plinski mešanici ključnega pomena za zagotavljanje varnosti med potopom.

Analiza se izvede po natančno določeni proceduri:

### Umerjanje analizatorja

Analizator umerimo tako, da z njim izmerimo odstotek kisika v zraku. Ker vemo, da je v zraku kisika 21 %, mora pravilno umerjen analizator pokazati to vrednost. Če 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 ali s posebnim priključkom na cev, s katero polnimo kompenzator plovnosti, jeklenko odpremo in počakamo, da se števec ustali. Šele takrat odčitamo vrednost in **na jeklenki označimo izmerjeno vrednost**. Po opravljeni meritvi analizator očistimo.

Življenjska doba pravilno vzdrževanega in hranjenega senzorja za kisik je približno dve leti.

**POTAPLJAČ MORA NITROX ANALIZIRATI TIK PRED UPORABO.**



## 7 VIŠINSKI POTOPI Z NITROXOM

### 7.1 Prednost nitroxa pri višinskih potopih

Višinski potopi so za telo bolj obremenjujoči od potopov na morski gladini, še posebej kar se tiče dekompresijske bolezni. Ker potapljanje z nitroxom zmanjšuje tveganje za nastanek dekompresijske bolezni, je nitrox pri višinskih potopih toliko bolj dobrodošel. Pri višinskih potopih uporabljamo dekompresijske tabele tako, da izračunamo ekvivalentno globino potopa, ki je zmeraj večja od dejanske globine potopa in jo odčitavamo v dekompresijskih tablicah. Izračun ekvivalentne globine temelji na nekoliko drugačnem mehanizmu in fizikalnem ozadju, kot je to pri potapljanju z nitroxom. Pri višinskih potopih primerjamo razmerje, **koliko krat** je bil celotni tlak med potopom večji od tlaka na površini.

Kot primer si oglejmo potop v višinskem jezeru na nadmorski višini npr. 2000 m, kjer na površini tlak ni 1 bar, ampak le približno 0,8 bar (dobro velja približek, da se vsakih 1000 m nadmorske višine tlak zmanjša za 0,1 bar). Če se v jezeru potopimo do globine 16 m, se pri tem tlak glede na površinskega poveča **trikrat** (0,8 bar zračnega tlaka plus 1,6 bar hidrostatskega tlaka na 16 m globine je 2,4 bar kar je tri krat 0,8 bar).

V morju bi bil temu višinskemu potopu enakovreden potop, kjer bi se prav tako med potopom tlak povečal **trikrat**. Kratek račun pokaže, da je to potop do globine 20 m (1 bar zračnega tlaka plus 2 bar hidrostatskega tlaka na 20 m globine je 3 bar, kar je trikrat 1 bar). Vidimo, da je ekvivalentna globina šestnajstim metrov v višinskem jezeru, kar 20 m v morju. Razmere postanejo še bolj izrazite, če je jezero na še višji nadmorski višini; ali gre za bolj globoke potope, kjer se kar hitro znajdemo izven varnostne krivulje ne-dekompresijskih potopov, dekompresijski postanki pa se skokovito povečujejo.

Na tem mestu se še spomnimo enačbe za računanje ekvivalentne globine na višinskih potopih. Ekvivalentno globino izračunamo tako, da dejansko globino pomnožimo s količnikom med zračnim tlakom na površini morja (1 bar) in zračnim tlakom na višinskem jezeru (0,8 bar na 2000 m), kar je v našem primeru  $1 \text{ bar} / 0,8 \text{ bar} = 1,25$ , tj.  $16 \text{ m} * 1,25 = 20 \text{ m}$ .

Odgovor na to je prav nitrox, kjer je telo zaradi manjšega deleža dušika v dihalni mešanici manj obremenjeno glede nastanka dekompresijske bolezni tj. ekvivalentna globina se zmanjša. Nitrox nam **kompenzira povečanje ekvivalentne globine višinskih potopov**.



## 7.2 Izračun ekvivalentne globine

Ker gre pri potapljanju z nitroxom in višinskih potopih za dva različna vzroka, je treba tudi ekvivalentno globino računati postopoma v dveh korakih. Kot primer si oglejmo ekvivalentno globino za potop z nitrox 36 na globino 25 m v jezeru, ki je na nadmorski višini 2000 m.

Zaradi 0,2 bar nižjega zračnega tlaka na tej višini je največja dovoljena globina (MOD) večja za 2 m, kot izhaja iz kratkega računa:  $1,4 \text{ bar} / 0,36 = 3,9 \text{ bar}$  od česar odštejemo zračni tlak 0,8 bar (ne 1 bar kot na morski gladini) in dobimo hidrostatski tlak 3,1 bar kar ustreza globini **31 m**. Kot vidimo je ta korekcija relativno majhna in je taka, da MOD poveča, kar pomeni, da smo na varni strani, četudi je ne upoštevamo. V našem primeru pa je potop le do 25 m, tako da največja dovoljena globina v nobenem primeru ni presežena.

### 7.2.1 Ekvivalentna globina zaradi nitrox mešanice

Ekvivalentno globino zaradi potapljanja z nitrox 36 izračunamo po znanem postopku. Dušika je v taki mešanici 64 %. Na globini 25 m je delni tlak dušika ( $2,5 \text{ bar} + 0,8 \text{ bar}$ ) \* 0,64 = 2,1 bar. Z zrakom bi to bilo na globini **18 m**. S tem računom smo se tudi prepričali, da je **rezultat enak kot na morju**, kar lahko odčitamo iz tabele 5. Na ekvivalentno globino zaradi nitrox mešanice ne vpliva zračni tlak na površini, ampak delež kisika v nitroxu.

### 7.2.2 Ekvivalentna globina zaradi nadmorske višine

Ekvivalentno višino zaradi nadmorske višine izračunamo iz znane enačbe za višinske korekcije. V našem primeru pomnožimo ekvivalentno globino zaradi nitrox 36 s količnikom 1,25 in dobimo  $18 \text{ m} * 1,25 = \mathbf{23 \text{ m}}$ .

Vidimo, da je vpliv mešanice nitrox pri višinskih potopih zelo dobrodošel. Ekvivalentna globina za zrak bi bila  $25 \text{ m} * 1,25 = \mathbf{31 \text{ m}}$ , zaradi nitroxa pa smo približno na enakem, kot če bi bili v morju. Iz tabele 5 lahko tudi razberemo, da vrstni red ni pomemben, saj če pogledamo ekvivalentno globino za nitrox 36 na globini 31 m spet dobimo **23 m**. Pri tem naj nas ne zmede, da je za nitrox 36 globina 31 m že v prepovedanem območju. Teh 31 m ni dejanska globina, ampak le ekvivalentna globina zaradi višinskega potopa, dejansko pa delni tlak kisika seveda ne preseže 1,4 bar.



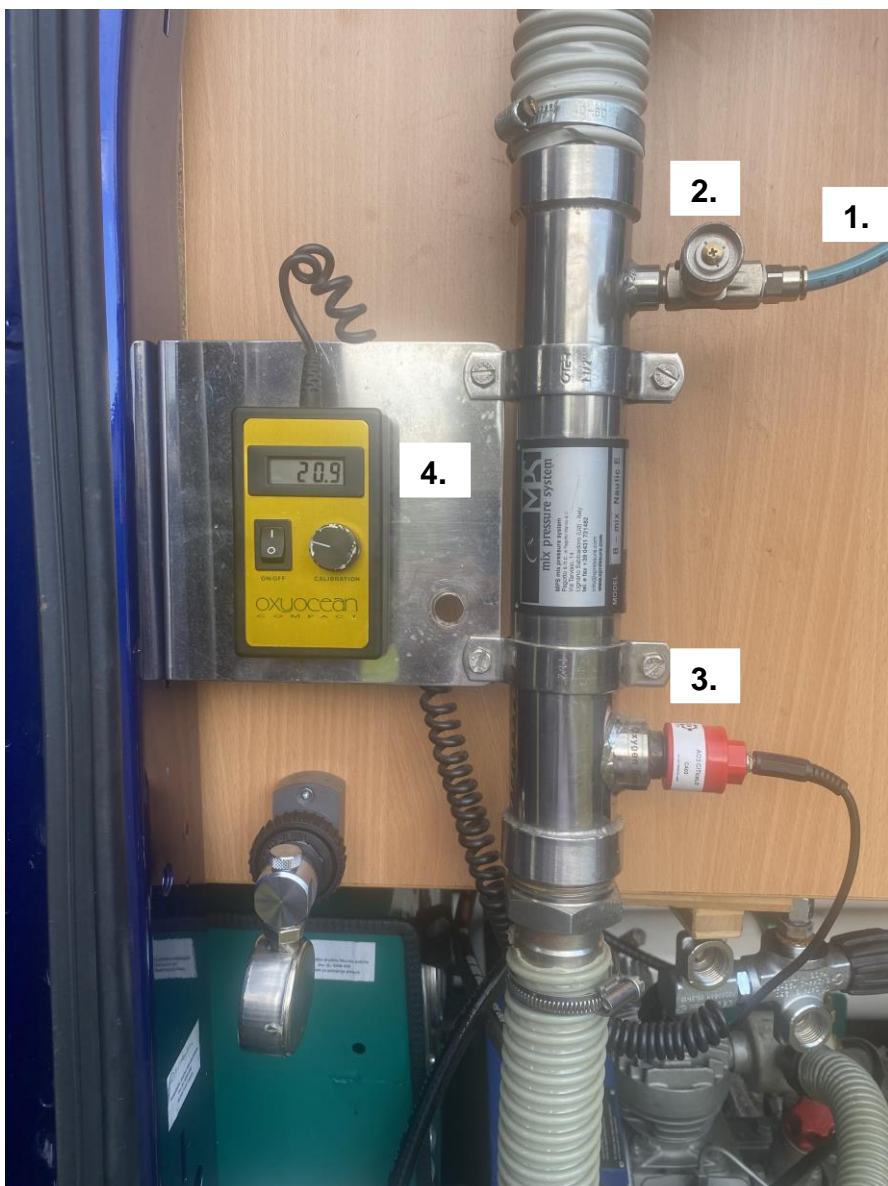
## 8 POLNJENJE MEŠANIC NITROX

### 8.1 Polnjenje jeklenk za zrak z nitroxom

Nitrox lahko polnimo v jeklenke za zrak, če delež kisika v mešanici ne presega 40 %. V tem primeru **ni potreben kisikov servis**, to pomeni da sta jeklenka in ventil očiščena na kisik (razmaščena) in ventil združljiv s kisikom (tesnila, ki so odporna proti čistemu kisiku). To v praksi izvedemo preko posebnega mešalnega ventila, ki ga montiramo na sesalno cev kompresorja. Mešalni ventil zraku, ki ga kompresor tlačí v jeklenko iz kisikovih jeklenk, dodaja ustrezno količino kisika, tako da v jeklenko polnimo željen nitrox. Količino dodanega kisika uravnavamo s posebnim ventilom na mešalnem ventilu, odstotek kisika v mešanici, ki jo polnimo skozi kompresor, pa ves čas kontroliramo s kisikovim senzorjem in jo odčitavamo na prikazalniku.

Med polnjenjem moramo paziti, da s količino dodanega kisika ne presežemo zgornje meje 40 % kisika. Opisan sistem je primeren za klubsko uporabo in je tudi cenovno dostopen. Za profesionalne polnilnice večjih sistemov in večjih kapacitet pa obstajajo avtomatski ventili, pri katerem nastavimo željen odstotek kisika in elektronika potem preko povratne zanke avtomatsko uravnava dodajanje kisika.

Kot primer si oglejmo, koliko kisika moramo dodati, da bomo v jeklenki s prostornino 15 l imeli nitrox 30? V petnajst litrski jeklenki napolnjeni do tlaka 200 bar je 3000 l zraka pri normalnem zračnem tlaku (kot je že navada pri računanju bomo vse pretvorili na normalni zračni tlak 1 bar). Med polnjenjem z zrakom bi na koncu v jeklenki bila ena petina kisika tj. 600 litrov. V jeklenki napolnjeni z nitroxom 30, pa je v jeklenki 30 % kisika tj.  $3000 \text{ l} * 0,3 = 900 \text{ l}$ . Med polnjenjem moramo torej dodati 300 litrov kisika (600 l kisika v jeklenko pride z zrakom). Kisik običajno dodajamo iz jeklenk s prostornino 10 l do 50 l. Kot primer vzemimo srednje veliko jeklenko s prostornino 30 l. Kisikove jeklenke so praviloma napolnjene do tlaka 150 bar. V eni jeklenki je 4500 l kisika. Prej smo izračunali, da za polnjenje 15-litrške potapljaške jeklenke z nitrox 30 potrebujemo 300 l dodatnega kisika, iz česar izhaja, da z eno 30-litrško kisikovo jeklenko lahko napolnimo približno 15 jeklenk. Če se odločimo za bogatejši nitrox, je poraba kisika seveda večja in posledično lahko napolnimo manj jeklenk. Ugodno pri tem pa je, da za razliko pretakanja kisika iz jeklenk v jeklenko s tem načinom polnjenja lahko porabimo ves kisik, tako da jeklenko popolnoma izpraznimo, saj kompresor zajema kisik skozi sesalno cev pri normalnem zračnem tlaku.



Slika 1: Polnilna naprava za Nitrox. Na njej so označeni naslednji deli: 1. dovod kisika, 2. ventil za uravnavanje količine dodanega kisika, 3. senzor za kisik, 4. prikazalnik deleža kisika v mešanici.



## 8.2 Polnjenje delno polnih jeklenk

V jeklenkah je pred polnjenjem praviloma tlak vsaj 50 bar, kot je predvidena rezerva, s katero zaključimo potop. Včasih je zaradi okoliščin prejšnjega potopoma tlak tudi manjši, v vsakem primeru pa ni jeklenka popolnoma prazna. Zastavi se vprašanje, kako je treba polniti jeklenko, v kateri je še nekaj plinske mešanice, da bo na koncu v njej željen nitrox, tj. željen odstotek kisika v mešanici? Če je v jeklenki enaka mešanica, kot jo želim pri naslednjem potopu ni težav. V tem primeru enostavno dopolnimo z željeno mešanico. Težava pa nastopi, če je v jeklenki drugačna mešanica, kot jo želimo za naslednji potop. Recimo, da je v jeklenki ostalo še 50 bar nitroxa 40, naslednji dan pa načrtujemo potop na potopljeno ladjo, ki je globlje od dovoljene globine za nitrox 40 in smemo uporabiti le nitrox 32. Ena možnost bi bila, da jeklenko izpraznimo in jo potem napolnimo z nitrox 32. To je seveda zelo potratno tako časa, kisika in nenazadnje tudi energije. Kompresor bi obratoval tretjino dlje časa, saj bi namesto 150 bar moral napolniti 200 bar.

V izogib temu si oglejmo, kako izračunamo s kakšnim nitroxom moramo polniti delno napolnjeno jeklenko, da bo polna imela nitrox, kot ga želimo. Izračun je podoben, kot smo ga pokazali v prejšnjem primeru, le da tokrat moramo upoštevati, koliko kisika je že v jeklenki in koliko je treba še dopolniti.

Oglejmo si naveden primer. Na koncu želimo polno jeklenko (200 bar) z nitrox 32. V tej jeklenki bo **960 l kisika** ( $3000 \text{ l} * 0,32 = 960$ ). V njej pred polnjenjem že imamo 750 l nitroxa 40 ( $15 \text{ l} * 50 = 750 \text{ l}$ ). V teh 750 litrih je **300 l kisika** ( $750 \text{ l} * 0,4 = 300 \text{ l}$ ). Dopolniti moramo še 2250 l plinske mešanice (polna jeklenka je 3000 l v njej pa že je 750 l tj. manjka še 2250 l), od česar mora biti **660 l kisika** (960 l kisika mora biti v polni, trenutno pa je v njej 300 l, manjka torej  $960 \text{ l} - 300 \text{ l} = 660 \text{ l}$ ).

Enostaven račun, v katerem delimo, koliko kisika moramo dodati z vsem dodanim plinom pokaže, da moramo jeklenko polniti z **nitrox 29** ( $660 \text{ l kisika} / 2250 \text{ l vsega plina} = 0,29$ ).

Rezultat je tudi na prvi pogled smiselni. V jeklenki imamo nitrox 40, ki ga želimo znižati na nitrox 32, zato je pričakovano, da polnimo z manjšim nitroxom, kot ga na koncu želimo v jeklenki.

Pri računu nismo upoštevali morebitnih sprememb temperature med polnjenjem, kar pa ne vpliva bistveno na sam rezultat. V vsakem primeru pa moramo na koncu polnjenja in pred potopom **izmeriti dejanski delež kisika v nitroxu**.



Sedaj ko razumemo, kakšen je mehanizem polnjenja si izračun lahko skrajšamo v kompaktno formulo. S kakšnim nitroxom moramo polniti je odvisno od tega, koliko in kakšen nitrox je že v jeklenki ter kakšen nitrox želimo v polni jeklenki.

Začeten nitrox označimo z  $N_0$  in začetni tlak s  $p_0$ . Kolikšen nitrox želimo na koncu označimo z  $N_k$ , končni tlak pa označimo s  $p_k$  v našem primeru je to bilo 200 bar, lahko pa je seveda tudi poljubno manj ali več, če imamo visokotlačne jeklenke. Nitrox, s katerim moramo polniti jeklenko, smo označili z  $N_x$  in ga izračunamo iz naslednje enačbe:

$$N_x = \frac{p_k \cdot N_k - p_0 \cdot N_0}{p_k - p_z}$$

Če v enačbo vstavimo podatke iz našega primera res dobimo nitrox 29:

$$N_x = \frac{200 \text{ bar} \cdot 0,32 - 50 \text{ bar} \cdot 0,40}{200 \text{ bar} - 50 \text{ bar}} = 0,29.$$

### 8.3 Polnjenje nitrox jeklenk

Na kratko opišimo še, kako se polnijo jeklenke za nitrox, tj. jeklenke, ki so **očiščene in združljive s kisikom**. V praksi se pri rekreativnem potapljanju več ne uporabljajo, so pa v uporabi za tehnično potapljanje, kot na primer t. i. »potovalna mešanica« za nitrox s preko 40 % kisika.

Jeklenko do določenega tlaka napolnijo s kisikom in jo potem dopolnijo z zrakom, da dobijo željeno mešanico npr. nitrox 50. Zrak polnijo s kompresorji, na katere so montirani dodatni filtri, da jeklenke ostanejo čiste za kisik.

Gornjo enačbo bi za te potrebe morali nekoliko preurediti in dopolniti še s podatkom, koliko in kakšen nitrox je ostal od prejšnjega potopa. V vsakem primeru pa z opisanim postopkom preko izračuna potrebne količine kisika v polni jeklenki na koncu z lahkoto izračunamo, koliko kisika je treba dodati v jeklenko, da bo na koncu v njej željen nitrox. Razlika je v bistvu le ta, da pri polnjenju z mešalnim ventilom kisik dodajamo sproti, v tem primeru pa ga dodamo kot čistega. Izračun je še posebej enostaven, če je željena končna mešanica nitrox 50, v kateri je polovica kisika in polovica dušika.



## 9 ZAKLJUČEK

Potapljanje z mešanici nitrox ima **le eno omejitev in nevarnost**, to je **največji dovoljen delni tlak kisika**. Vse ostale okoliščine in vplivi pa so taki, da naše telo ščitijo in varujejo pred posledicami delovanja dušika pri povečanem delnem tlaku. V praksi nas najbolj varuje pred dekompresijsko boleznijo, bolj redko pa pred globinsko pijanostjo. Zaradi omejitve glede kisika, so namreč dovoljene globine tako majhne, da globinska pijanost ne more nastopiti. Kot zanimivost navedimo, da potop z nitrox 26 glede kisika dovoljuje globine do 44 m, na tisti globini pa je delni tlak dušika ravno na dovoljeni meji 4 bar. Vendar to navajamo zgolj kot zanimivost, nitrox **ni namenjen za globinske potope**, ampak za bolj **varne potope na rekreativnih globinah**.

Zastrupitev s kisikom v praksi zelo redko nastopi, so pa posledice lahko zelo hude, zato je treba omejitve glede kisika **striktno upoštevati**. V izogib naključni, nenamerni prekoračitvi dovoljene globine, katere se potapljač ne bi niti zavedal, so iz varnostnih razlogov največji dovoljen delni tlak kisika pri rekreativnem potapljanju zmanjšali na 1,4 bar, prejšnja meja 1,6 bar pa je ostala v domeni vojske.

V primeru, če do zastrupitve s kisikom vseeno pride, pa mora potapljač ki ponesrečenca rešuje imeti veliko izkušenj, predvsem glede uravnavanja plovnosti. V fazi, ko je ponesrečeni v krču in ne diha, ga mora ohranjati na isti globini. V fazi, ko pa diha, pa ga mora čim prej dvigniti v plitvejšo vodo, da se delni tlak kisika zmanjša, sicer je v nevarnosti, da se napad ponovi. Dvigovanje, čeprav čim bolj hitro, pa mora biti kontrolirano, da ga lahko v primeru ponovitve krča hitro zaustavi na tisti globini, sicer je ponesrečenec izpostavljen barotravmi pljuč.

Vse to je razlog, da se za potapljanje z nitroxom od potapljača pričakujejo določene izkušnje in rutiniranost pod vodo in zato za popolne začetnike ni priporočljivo. Je pa zelo priporočljivo za dovolj izkušene in ustrezno usposobljene potapljače.





## POTAPLJANJE Z NITROXOM

Avtor: prof. dr. Mitja SLAVINEC

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

Lektorica: prof. dr. Branka VIČAR in Sara MIČEV

Urednik: prof. dr. Mitja SLAVINEC

Izdajatelj: Slovenska potapljaška zveza

Tisk: AIP Praprotnik

Naklada: 250 izvodov

Ljubljana, 2023

CIP - Kataložni zapis o publikaciji  
Univerzitetna knjižnica Maribor

797.215(035)

SLAVINEC, Mitja

Nitrox potapljač 1 / Mitja Slavinec. - 3. izd.

- Ljubljana : Slovenska potapljaška zveza, 2008. -  
(Za varno potapljanje)

COBISS.SI-ID 61803265