

# Činnosti potápěčských skupin u Policie České republiky

Bc. Filip Krejčí

---

Diplomová práce  
2024



Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně  
Fakulta logistiky a krizového řízení

---

Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně

Fakulta logistiky a krizového řízení

Ústav ochrany obyvatelstva

Akademický rok: 2023/2024

# ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

(projektu, uměleckého díla, uměleckého výkonu)

Jméno a příjmení:	Bc. Filip Krejčí
Osobní číslo:	L22370
Studijní program:	N1032A020002 Bezpečnost společnosti
Specializace:	Ochrana obyvatelstva
Forma studia:	Kombinovaná
Téma práce:	Činnosti potápěčských skupin u Policie České republiky

## Zásady pro vypracování

- Vymezte základní pojmy a právní rámec předmětné problematiky.
- Zhodnotte současný stav technické vybavenosti potápěčských skupin u Policie České republiky.
- Analýzujte rizika spojená s technikou využívanou potápěči Policie České republiky.
- Vytvořte a vyhodnotte případovou studii zaměřenou na potápěčské nehody technického charakteru s následkem smrti.

Forma zpracování diplomové práce: **tištěná/elektronická**

Seznam doporučené literatury:

1. HÁJEK, Michal. *Hyperbarická medicína*. Praha: Mladá fronta, 2017. Aeskulap. ISBN 978-80-204-4235-2.
  2. NOAA DIVING DIVISION, MCFALL, Greg, ed. *NOAA Diving Manual*. 6th Edition. Best Publishing Company, 2017. ISBN 978-1-930536-88-3.
  3. NOVOMESKÝ, František. *Potápěčská medicína*. Martin: Osveta, 2013. ISBN 978-80-8063-397-4.
- Další odborná literatura dle doporučení vedoucího diplomové práce.

Vedoucí diplomové práce: **Ing. Pavel Tomášek, Ph.D.**  
Ústav ochrany obyvatelstva

Datum zadání diplomové práce: **1. prosince 2023**  
Termín odevzdání diplomové práce: **26. dubna 2024**

L.S.

---

**doc. Ing. Zuzana Tučková, Ph.D.**  
děkanka

---

**prof. Ing. Dušan Vičar, CSc.**  
ředitel ústavu

V Uherském Hradišti dne 4. prosince 2023

## PROHLÁŠENÍ AUTORA DIPLOMOVÉ PRÁCE

Beru na vědomí, že:

- diplomová práce bude uložena v elektronické podobě v univerzitním informačním systému a dostupná k nahlédnutí;
- na moji diplomovou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb. o právu autorském, o právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů (autorský zákon) ve znění pozdějších právních předpisů, zejm. § 35 odst. 3;
- podle § 60 odst. 1 autorského zákona má Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně právo na uzavření licenční smlouvy o užití školního díla v rozsahu § 12 odst. 4 autorského zákona;
- podle § 60 odst. 2 a 3 autorského zákona mohu užít své dílo – diplomovou práci nebo poskytnout licenci k jejímu využití jen s předchozím písemným souhlasem Univerzity Tomáše Bati ve Zlíně, která je oprávněna v takovém případě ode mne požadovat přiměřený příspěvek na úhradu nákladů, které byly Univerzitou Tomáše Bati ve Zlíně na vytvoření díla vynaloženy (až do jejich skutečné výše);
- pokud bylo k vypracování diplomové práce využito softwaru poskytnutého Univerzitou Tomáše Bati ve Zlíně nebo jinými subjekty pouze ke studijním a výzkumným účelům (tj. k nekomerčnímu využití), nelze výsledky diplomové práce využít ke komerčním účelům;
- pokud je výstupem diplomové práce jakýkoliv softwarový produkt, považují se za součást práce rovněž i zdrojové kódy, popř. soubory, ze kterých se projekt skládá. Neodevzdání této součásti může být důvodem k neobhájení práce.

### Prohlašuji,

- že jsem diplomové práci pracoval samostatně a použitou literaturu jsem citoval. V případě publikace výsledků budu uveden jako spoluautor.
- že odevzdaná verze diplomové práce a verze elektronická nahraná do IS/STAG jsou obsahově totožné.

V Uherském Hradišti, dne: 22. 04. 2024

Jméno a příjmení studenta: Bc. Filip Krejčí

.....  
podpis studenta

## **ABSTRAKT**

Tato diplomová práce podává informace týkající se problematiky činností potápěčských skupin Policie České republiky a problémů souvisejících s technickým vybavením potřebným k této činnosti. V práci je obecně vymezen právní rámec potápění Policie České republiky a dále charakterizováno vybavení potřebné k potápěčské činnosti. Dále jsou zde identifikována rizika vyplývající z povahy technického vybavení potápěčů Policie České republiky. Některá z těchto identifikovaných rizik jsou potvrzena v kazuistice z oblasti rekreačního potápění. Na základě zjištěných rizik je navrženo jejich ošetření a případné předcházení jejich vzniku k čemuž je použita metoda PNH. Zpracované informace a poznatky budou využívány jako doplněk výcvikových materiálů potápěčů Policie České republiky.

Klíčová slova:., checklist, otevřený okruh, Policie České republiky, PNH analýza, potápěčská výstroj, potápění, uzavřený okruh.

## **ABSTRACT**

This diploma thesis provides information about the activities of diving groups of the Police of the Czech Republic and the issues related to the technical equipment necessary for these activities. The thesis generally outlines the legal framework for diving in the Police of the Czech Republic and further characterizes the equipment required for diving activities. Additionally, risks arising from the nature of the technical equipment of the divers of the Police of the Czech Republic are identified. Some of these identified risks are confirmed in a case study from the recreational diving area. Based on the identified risks, their treatment and possible prevention of their occurrence are proposed, using the PNH method. The findings and the information processed in this theses will be further utilized within the training materials of the divers of the Police of the Czech Republic.

Keywords: PNH analysis, closed circuit, diving equipment, checklist, diving, open circuit, Police of the Czech Republic.

Touto cestou bych chtěl poděkovat Ing. Pavlu Tomáškoví, Ph.D., za odborné vedení a připomínky při zpracování diplomové práce.

Motto:

„Mortui vivos docent - mrtví učí živé.“

Stará latinská moudrost

Prohlašuji, že odevzdaná verze bakalářské/diplomové práce a verze elektronická nahraná do IS/STAG jsou totožné.

## OBSAH

<b>ÚVOD.....</b>	<b>9</b>
<b>CÍL PRÁCE A METODOLOGIE .....</b>	<b>10</b>
<b>I TEORETICKÁ ČÁST .....</b>	<b>11</b>
<b>1 VYMEZENÍ PROBLEMATIKY POTÁPĚNÍ POLICIE ČESKÉ REPUBLIKY .....</b>	<b>12</b>
1.1 HISTORIE POTÁPĚNÍ POLICIE ČESKÉ REPUBLIKY .....	12
1.2 PRÁVNÍ RÁMEC POTÁPĚNÍ POLICIE ČESKÉ REPUBLIKY .....	13
1.3 POTÁPĚČSKÉ ÚTVARY POLICE ČESKÉ REPUBLIKY .....	13
1.4 INTEGROVANÝ ZÁCHRANNÝ SYSTÉM A POTÁPĚNÍ POLICIE ČESKÉ REPUBLIKY .....	15
<b>2 VYMEZENÍ ZÁKLADNÍCH FYZIKÁLNÍCH VZTAHŮ.....</b>	<b>17</b>
<b>3 TECHNICKÉ ASPEKTY POTÁPĚNÍ POLICIE ČESKÉ REPUBLIKY .....</b>	<b>19</b>
3.1 OTEVŘENÝ OKRUH .....	19
3.1.1 Tlakové láhve .....	19
3.1.2 Plicní automatika.....	21
3.2 UZAVŘENÝ OKRUH.....	23
3.3 DÝCHACÍ SMĚSI.....	28
3.4 OBLEK.....	34
3.5 KOMPENZÁTOR VZTLAKU.....	36
3.6 MASKA, CELOOBLIČEJOVÁ MASKA, PŘILBA.....	37
3.7 PLOUTVE, SKÚTR.....	38
3.8 POČÍTAČ .....	39
<b>4 OBECNÁ POVAHA RIZIK POTÁPĚNÍ POLICIE ČESKÉ REPUBLIKY .....</b>	<b>41</b>
<b>5 DÍLČÍ ZÁVĚR TEORETICKÉ ČÁSTI .....</b>	<b>43</b>
<b>II PRAKTICKÁ ČÁST .....</b>	<b>44</b>
<b>6 KOMPARACE VYBAVENOSTI JEDNOTLIVCE .....</b>	<b>45</b>
<b>7 RIZIKA POTÁPĚNÍ POLICIE ČESKÉ REPUBLIKY .....</b>	<b>50</b>
7.1 OTEVŘENÝ OKRUH .....	50
7.2 UZAVŘENÝ OKRUH.....	53
7.3 DÝCHACÍ SMĚSI.....	54
7.4 OBLEK.....	57
7.5 KOMPENZÁTOR VZTLAKU.....	58
7.6 MASKA, CELOOBLIČEJOVÁ MASKA, PŘILBA.....	58
7.7 PLOUTVE, SKÚTR.....	59
7.8 DEKOMPRESNÍ POČÍTAČ .....	59

<b>8</b>	<b>PŘÍPADOVÉ STUDIE POTÁPĚČSKÝCH NEHOD .....</b>	<b>61</b>
8.1	NEHODA Č.1 .....	61
8.2	NEHODA Č.2 .....	62
8.3	NEHODA Č.3 .....	62
8.4	NEHODA Č.4 .....	63
8.5	NEHODA Č.5 .....	64
8.6	NEHODA Č.6 .....	65
8.7	NEHODA Č.7 .....	66
8.8	DÍLČÍ ZÁVĚR PŘÍPADOVÉ STUDIE .....	67
<b>9</b>	<b>ANALÝZA RIZIK .....</b>	<b>68</b>
<b>10</b>	<b>OŠETŘENÍ RIZIK POTÁPĚNÍ POLICIE ČESKÉ REPUBLIKY.....</b>	<b>73</b>
10.1	OTEVŘENÝ OKRUH .....	73
10.2	UZAVŘENÝ OKRUH.....	74
10.3	DÝCHACÍ SMĚSI.....	76
10.4	OBLEK.....	77
10.5	KOMPENZÁTOR VZTLAKU.....	78
10.6	MASKA.....	78
10.7	PLOUTVE, SKÚTR.....	79
10.8	DEKOMPRESNÍ POČÍTAČ .....	79
10.9	OSTATNÍ.....	79
10.10	CHECKLIST, PLÁN PONORU .....	81
	<b>ZÁVĚR .....</b>	<b>90</b>
	<b>SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY.....</b>	<b>92</b>
	<b>SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK.....</b>	<b>96</b>
	<b>SEZNAM OBRÁZKŮ .....</b>	<b>97</b>
	<b>SEZNAM TABULEK.....</b>	<b>98</b>
	<b>SEZNAM GRAFŮ .....</b>	<b>99</b>
	<b>SEZNAM PŘÍLOH.....</b>	<b>100</b>



## ÚVOD

Voda, kombinace vodíku a kyslíku, hraje klíčovou roli pro existenci života na Zemi, včetně lidského. Je nezbytná pro přežití, hydrataci, umožňuje myriádu chemických procesů bez přerušování probíhajících v lidském organismu a stává se tak základním pilířem pro život. Avšak její nekontrolovaný stav nebo velké množství může představovat nebezpečí, činíce prostředí neobyvatelným z fyziologických důvodů. Možná bipolarita života a smrti je hlavní důvod a inspirací pro lidstvo k neustálému průzkumu a ovládnutí tohoto živlu. Její mystérium je nejspíš ten správný akcelerátor, proč lidské pokolení tisíce let hledá efektivnější cesty jak proniknout pod vodní hladinu a podmanit si jí.

Dnes je známo, že s vhodným vybavením a dodržováním specifických postupů může určitá skupina lidí, známá jako potápěči, prozkoumávat vodní svět, pracovat pod hladinou a dokonce v něm i na delší dobu žít. Možná si to mnoho lidí neuvědomuje, ale každý z nás má za sebou zkušenost s potápěním již od prenatálního období v děloze matky. V tomto čase jsme byli zcela ponořeni a vyživováni amniotickou vodou, připojeni k zásobám kyslíku a nutričních látek. Právě tyto první měsíce našeho života jsme strávili v úplném spojení s vodou, která byla naším prvním životním prostředím. Navzdory této rané nebo jiné zkušenosti s „potápěním“ může pro některé jedince potápěčská aktivita představovat něco neuchopitelného a riskantního. Naopak pro ostatní může být potápění zdrojem radosti, relaxace, vášně a pro někoho dokonce i způsobem obživy. V současnosti je možné potápění s přístrojem kategorizovat do dvou hlavních skupin: pracovní a rekreační potápění. Klíčový rozdíl mezi těmito dvěma oblastmi spočívá v tom, že pracovní potápění je spojeno s profesní činností, zatímco rekreační potápění slouží především pro osobní potěšení a zážitky. Mezi pracovní potápěče patří i členové potápěčských týmů u Policie České republiky, pro které je potápění nejen povoláním, ale často i zálibou.

Práce policejního potápěče je značně unikátní, specifická, náročná a do určité míry sebou nese jistá rizika. Na tuto profesi je právě zaměřena diplomová práce na téma Činnosti potápěčských skupin u Policie České republiky.

Práce předpokládá znalost anatomie, potápěčské fyziologie a potápěčské fyziky.

## CÍL PRÁCE A METODOLOGIE

Cílem diplomové práce je popsat, analyzovat a vyhodnotit bezpečnostní rizika technického vybavení užívaného při výkonu práce policejních potápěčů.

V rámci práce byly stanoveny níže uvedené dílčí cíle:

- Vymežit základní pojmy a právní rámec potápění Policie České republiky.
- Zhodnotit současný stav technické vybavenosti potápěčských skupin Policie České republiky.
- Identifikovat rizika spojená s technikou využívanou potápěči Policie České republiky a navrhnout ošetření rizik.
- Vytipovat kritická místa vybavení a pomocí analytických metod provést jejich hodnocení. Navrhnout doporučení pro minimalizaci nepřijatelných rizik.
- Vytvoření případové studie zaměřené na potápěčské nehody technického charakteru s následkem smrti a vyhodnocení zjištěných skutečností.

V práci bude využito několik vědeckých metod:

- Empirická metoda pozorování využita autorem vzhledem k 18leté praxi v potápění, z čehož 11 let tuto činnost vykonává u Policie České republiky, kdy po celou dobu sledoval případy rizik a potápěčských nehod, ať už z pohledu rekreačního potápěče tak i z pohledu orgánu činného v trestním řízení.
- Případová studie zahrnující anonymizované potápěčské nehody, jež slouží jako podklad pro ošetření rizik.
- Polokvantitativní metoda analýzy PNH stanovující míru rizika vybraných potápěčských rizik.
- Metoda komparace pro zjištění rozdílů vybavenosti jednotlivce v souvislosti s organizační strukturou potápěčů Policie České republiky.

K identifikaci rizik bude provedena analýza ve spojitosti se syntézou, pro názornost bude vytvořen plán ponoru v kontinuitě s metodou PNH a checklistem.

## **I. TEORETICKÁ ČÁST**

# 1 VYMEZENÍ PROBLEMATIKY POTÁPĚNÍ POLICIE ČESKÉ REPUBLIKY

Profese nebo spíše specializace „potápěče“ je integrální součástí pracovních povinností členů Policie České republiky, což naznačuje, že každý policejní potápěč je v první řadě policista, který plní úkoly spojené s jeho pozicí v organizační hierarchii, ale ne každý policista je potápěč. Potápěčské úkony prováděné členy Policie České republiky jsou zaměřeny na pátrání po utonulých nebo pohřešovaných osobách, předmětů souvisejících s trestnou činností nebo použitých při spáchání trestného činu. Dále se také podílejí na bezpečnostních opatřeních a akcích, provádí záchranu tonoucích osob, spolupracují se správními úřady, právníckými a fyzickými osobami a školí policisty pro tuto činnost. Nakonec se podílejí na opatřeních a aktivitách během přírodních katastrof a katastrof, které ohrožují životy nebo majetek občanů ČR a EU (OSPČV PČR, 2024).

## 1.1 Historie potápění Policie České republiky

Počátky potápění ve službách bezpečnostních sborů ať už Policie České republiky nebo v dřívějších dobách Sboru národní bezpečnosti se nacházejí v šedesátých letech dvacátého století prvním kurzem potápěčů Sboru národní bezpečnosti, který byl zorganizován v roce 1966. Na území Jihomoravského kraje byli v roce 1968 tři potápěči. Tito příslušníci se dělili o vybavení ve složení: jedna potápěčská výstroj, jeden motocykl a jeden třístopý motocykl (rikša) pro přepravu jedné osoby a nákladu. Jejich základní výstroj tvořila vojenská souprava PL 40. Technické vybavení a zázemí nebylo v tomto čase na vysoké úrovni. V roce 1969 byly do výstroje přidány soupravy Sportklimex SP – 20D a SP-40. S rostoucím významem práce policejních potápěčů se zvyšovala potřeba jejich odborného vzdělání. Spolupracovali s organizacemi jako Hlavní báňskou záchranou stanicí (HBZS), Československá lidová armáda (ČSLA) a Svaz pro spolupráci s armádou (Svazarm), které se zabývaly potápěním, protože policie sama neměla dostatek informací a praktických zkušeností. Za pomoci instruktorů Svazarmu byla úroveň policejních potápěčů zvyšována v oblasti metodiky i praxe. V roce 1989 převzali vedení kurzů od Svazarmu instruktoři potápění Policie České republiky. Od dob Veřejné bezpečnosti a prvního potápěčského kurzu bylo vynaloženo mnoho úsilí na technické zabezpečení, metodické vedení výcviku, základní a zdokonalovací kurzy a zpracování celkové koncepce potápěčské činnosti Policie. Devadesátá léta ovlivnila i policejní potápěče což vedlo k výrazným změnám v organizační struktuře, technickém vybavení a metodice výcviku. V období Československa, těsně před zánikem v roce 1993,

čítal policejní sbor čtyřicet potápěčů. Po rozdělení Československa na dvě samostatné republiky se počet policejních potápěčů v České republice postupně zvyšoval, až se zastavil přibližně na 90, což je i současný stav. V roce 1995 proběhl pokus v rámci organizační struktury Police České republiky Správy Jihomoravského kraje skloubit potápěče s Pyrotechnickou službou. Efektivnějším řešením pro chod útvarů se jevil samostatný specializovaný útvar, který vznikl v roce 1997 jako první v České republice v Jihomoravském kraji. Následně v roce 1999 bylo založeno Výcvikové středisko potápěčů a vůdců malých plavidel, jehož zahájení činnosti bylo vrcholem snahy mnoha nadšených policistů, kteří mnoho let usilovali o vznik a existenci tohoto organizačního celku. V roce 2001 došlo k dalšímu vývoji Výcvikového střediska potápěčů a vůdců malých plavidel, kdy bylo zařazeno do nejvyššího článku struktury Policejního prezidia České republiky a změněn název útvaru na Oddělení speciálních potápěčských činností a výcviku. V roce 2008 byl název oddělení změněn na Odbor speciálních potápěčských činností a výcviku (OSPČV). (KOTLAN, 2024)

## 1.2 Právní rámec potápění Policie České republiky

Útvary Policie České republiky se řídí zákonem o Policii České republiky č. 273/2008 Sb. a zákonem o služebním poměru příslušníků bezpečnostních sborů č. 361/2003 Sb., upravující jejich základní činnost a to včetně útvarů zabývajících se potápěčskou činností. Problematiku potápění u Police České republiky upravuje pokyn ředitele ředitelství služby pořádkové policie Policejního prezidia České republiky č. 5 ze dne 11. března 2013.

Zásadní právní úpravu také přináší zákon č. 141/1961 Sb. o trestním řízení soudním (trestní řád) který uvádí: „*K objasnění a prověření skutečností důvodně nasvědčujících tomu, že byl spáchán trestný čin, opatřuje policejní orgán potřebné podklady a nezbytná vysvětlení a zajišťuje stopy trestného činu*“ (ČESKO, Zákon č. 141/1961 Sb., § 158 odst. 3).

V rámci toho je oprávněn dle § 158 odst. 3 písm. d) zákona č. 141/1961 Sb. trestního řádu provádět ohledání věci a místa činu. (ČESKO, Zákon č. 141/1961 Sb., § 158 odst. 3)

## 1.3 Potápěčské útvary Police České republiky

Útvary, jejichž náplní práce je mimo jiné také potápěčská činnost, lze rozdělit do čtyř kategorií (OSPČV PČR, 2024):

- Odbor speciálních potápěčských činností a výcviku (OSPČV),

- Útvar rychlého nasazení (ÚRN),
- Poříční oddělení (PO),
- Zásahová jednotka (ZJ).

Odbor speciálních potápěčských činností a výcviku – útvar zařazený pod Ředitelství služby pořádkové policie Policejního prezidia České republiky s hlavním sídlem v Brně a detašovaným pracovištěm ve Frýdku – Místku. Jedná se o metodický a vzdělávací útvar, zároveň ale i o výkonný útvar, který na základě činnosti a prostředků, jimiž disponuje, vykonává činnost na celém území České republiky. OSPČV vykonává potápěčskou činnost v plném rozsahu na území kraje Jihomoravského, Olomouckého, Zlínského, Moravskoslezského a kraje Vysočina. Pokud je třeba nasazení sil a prostředků OSPČV, lze tak učinit i na zbylém území České republiky.

Rozdíl mezi OSPČV a ostatními útvary krajských ředitelství spočívá v náplni práce. Pro potřebu potápěčských skupin PO a ZJ poskytuje speciální techniku s obsluhou, provádí zajištění potápěčských akcí dekompresní komorou s obsluhou, provádí a organizuje vstupní, kvalifikační a prolongační potápěčské kurzy pro potřebu Policie České republiky. Dále zajišťuje přípravu a výcvik vůdců malých plavidel a prací ve výškách nad volnou hloubkou. V těchto případech vede evidenci držitelů oprávnění.

Útvar rychlého nasazení – útvar s celorepublikovou působností, jehož činnost v souladu s vymezenou působností je zaměřena na zákroky proti teroristům, únosům osob a pachatele zvláště závažných úmyslných trestných činů. Týmy ÚRN jsou také nasazovány v zahraničí na ochranu zastupitelských úřadů České republiky. Pro výkon potápěčské činnosti ÚRN využívá bojové plavce potápěče. Nasazení těchto potápěčů vyplývá z pracovní náplně útvaru a plní tak odlišné úkoly od OSPČV, ZJ a PO.

Zásahová jednotka – ačkoliv v téměř každém kraji je organizační strukturou zřízena ZJ, potápěčskou činnost vykonávají jen některé a to (OSPČV PČR, 2024):

- zásahová jednotka Středočeského kraje (ZJ KRPS),
- zásahová jednotka Jihočeského kraje (ZJ KRPC),
- zásahová jednotka Plzeňského kraje (ZJ KRPP),
- zásahová jednotka Ústeckého kraje (ZJ KRPU),
- zásahová jednotka Královehradeckého kraje (ZJ KRPH).

Působnost těchto jednotek vychází z působnosti správ krajů a ZJ tak může být využita v případech ochrany a obnovy vnitřního pořádku, zajištění bezpečnosti na veřejných místech, bezpečnosti při přepravě chráněných osob, přepravy nebezpečných látek nebo doprovodu štěpných materiálů pro jadernou bezpečnost. K nasazení ZJ také dochází při potlačování organizované kriminality nebo ve spojitosti s IZS při živelních pohromách, při práci ve výškách s využitím vrtulníku.

Poříční oddělení – primární činnost těchto útvarů spočívá v dohledu nad plavebním pořádkem, účasti při šetření plavebních nehod všech plavidel, včetně účasti při odstraňování následků plavebních havárií plavidel. Dále se podílí na úkolech zaměřených na pátrací činnost, záchranné akce včetně potápěčských činností jako je pátrání po utonulých a pohřešovaných osobách.

PO s potápěčskou činností v náplni práce (OSPČV PČR, 2024):

- poříční oddělení Slapy,
- poříční oddělení Nymburk,
- poříční oddělení Praha.

V organizační struktuře Policie České republiky lze nalézt ještě PO Ústí nad Labem. Na tomto území vykonává potápěčskou činnost ZJ. V těchto 10 útvarech v současnosti vykonává funkci policejního potápěče 86 příslušníků.

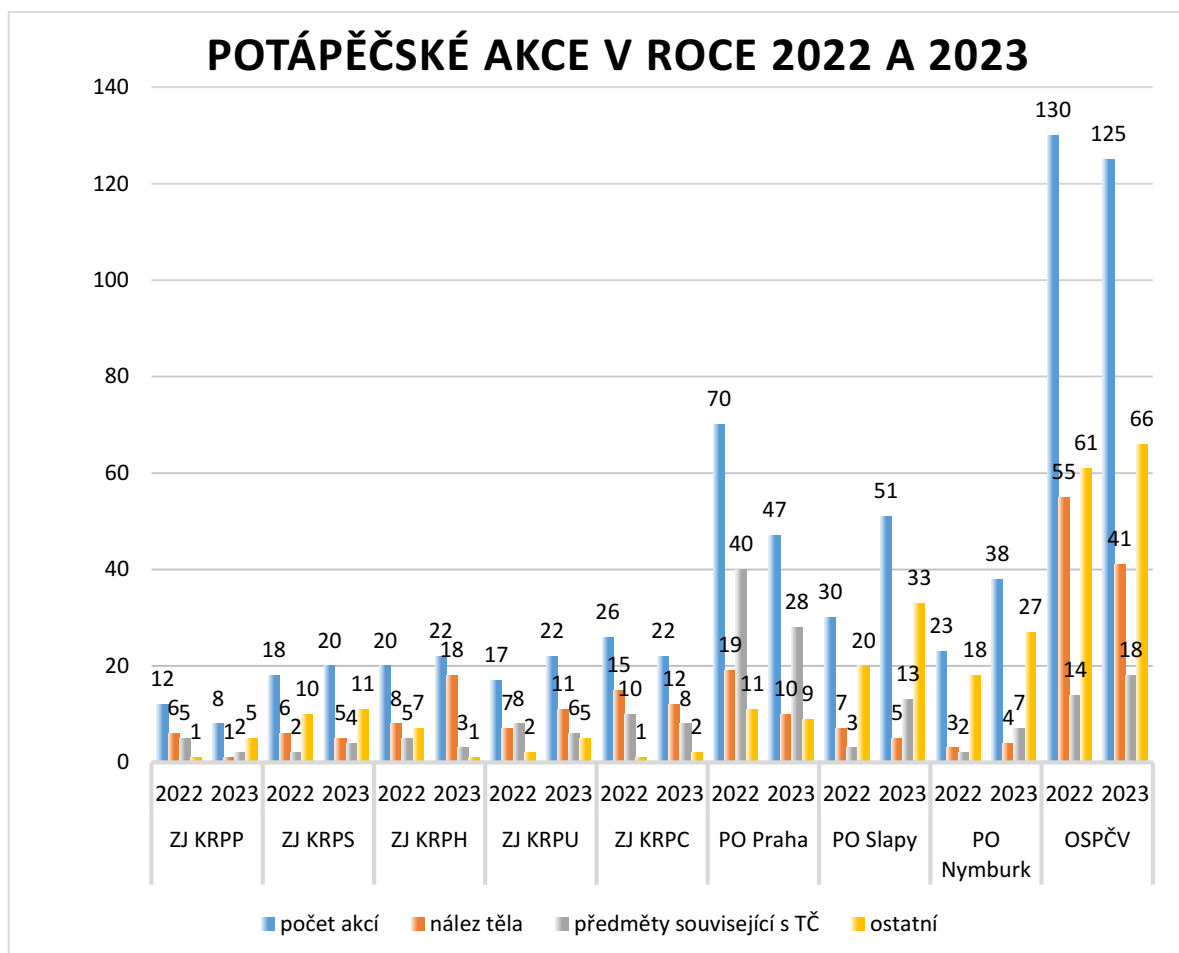
#### **1.4 Integrovaný záchranný systém a potápění Policie České republiky**

Integrovaný záchranný systém (dále jen IZS) je efektivní systém vazeb, pravidel spolupráce a koordinace záchranných a bezpečnostních složek, orgánů státní správy a samosprávy, fyzických a právnických osob při společném provádění záchranných a likvidačních prací a přípravě na mimořádné události (HZS ČR, 2009). Činnost IZS vychází mimo jiné z typových plánů činností, kterých je aktuálně devatenáct. Potápěči Policie České republiky jsou uvedeni v katalogu typových plánů činností s označením STČ – 07/IZS Záchrana pohřešovaných osob – pátrací akce v terénu (HZS ČR, 2001). Přítomnost potápěčů Policie České republiky je na místě vyžadována za těchto okolností (MV-GŘ HZS ČR, 2007):

- hledání osob v lavínách, pod troskami objektů,

- pátrání v nepřístupném terénu ztěžující nebo vylučující vytváření pátracích rojnic za účasti příslušníků OSPČV vyškolených pro práci ve výškách a nad otevřenou hloubkou včetně zásahu z vrtulníku,
- pátrání v terénu, ve kterém je potřeba vyloučit nebo potvrdit utopení osoby ve vodním toku nebo vodní ploše za účasti potápěčské skupiny místně příslušné zásahové jednotky pořádkové policie nebo pořádkového oddělení policie nebo potápěčů z OSPČV,
- pátrání v důlních dílech, podzemních prostorách včetně krasových.

Na závěr kapitoly je zde uvedena četnost nasazení policejních potápěčů v roce 2022 a 2023.



Graf 1: Potápěčská akce v roce 2022 a 2023 (zpracování vlastní dle OSPČV PČR, 2024)

Data v grafu 1 vyobrazují samotné útvary a jejich činnost v jednotlivých oblastech. Z grafu lze zjistit počet akcí celkově, v kolika případech se jednalo o vyzdvižení těla nebo v kolika případech bylo pátráno po předmětech v přímé spojitosti s trestnou činností.



## 2 VYMEZENÍ ZÁKLADNÍCH FYZIKÁLNÍCH VZTAHŮ

Pro potřebu této práce je třeba vymezit několik základních pojmů, které budou nápomocny k pochopení principu fungování některých částí vybavení potápěče. Je nutné upozornit na omezení práce a záměrná zjednodušení v této problematice. Jelikož zaměření této práce nespočívá v rozboru problematiky potápěčské fyziky, jsou zde použity zjednodušené výpočty a jednotky (např. bar) užívané a vyučované pro potřebu praktického a rychlého aplikování v potápěčské praxi.

Na začátku je důležité si uvědomit, že při potápění se člověk pohybuje v prostředí, kde je pro přežití vyžadována technika a soubor vědomostí a dovedností.

Tlak – problematika tlaku v souvislosti s potápěním je poměrně obsáhlá. Zde postačí základní rozdělení a principy.

Jednotky užívané v potápěčské praxi (Mikulčák et al., 2023):

$$p_{a0} = 0,1 \text{ MPa} = 100 \text{ kPa} = 1000 \text{ hPa} = 1 \text{ bar} = 1 \text{ atm} = 1 \text{ kp/cm}^2 = 760 \text{ torr} = 14.5 \text{ psi}$$

Voda má přibližně 800krát větší hustotu oproti vzduchu při normálním tlaku. Pro jakékoliv kalkulace ve spojitosti s tlakem a jeho změn je třeba si stanovit atmosférický tlak a hydrostatický tlak. Atmosférický tlak má obvyklou hodnotu u hladiny moře 101 325 Pa (Mikulčák et al., 2023). Na hodnotu atmosférického tlaku má vliv teplota vzduchu, nadmořská výška, zeměpisná šířka a obsah vodní páry v atmosféře. V potápěčské praxi se pro potřebu výpočtů budeme držet hodnoty 100 kPa od 0 – 700 m n.m. bez zásadního vlivu na přesnost výsledku. Hydrostatický tlak je tlak vodního sloupce působící na plochu v gravitačním poli Země. Společně s hustotou vody tak způsobuje nárůst tlaku za každý 1 m hloubky o 10 kPa. Tato hodnota se s narůstající hloubkou dále lineárně zvětšuje. (Command, December 2016)

Při plánování ponoru je potřeba znát celkový tlak ( $p_h$ ), kterého docílíme součtem atmosférického tlaku a hydrostatického tlaku pro danou hloubku.

Stavové rovnice plynu – mezi stavové veličiny plynu patří tlak ( $p$ ) objem ( $V$ ) a teplota ( $T$ ), ze kterých vychází tři děje. Děj izotermický – pojednává o objemové změně plynu. Z hlediska potápění je tento děj zásadní pro výpočet objemu plynu v tlakových lahvích, řeší objemové změny v kompenzátoru vztlaku nebo tělesných dutinách. Z definice tohoto děje vyplývá, že narůstá-li tlak, ať už v tlakové láhvi nebo v kesonu, dochází k exponenciálnímu poklesu objemu plynu a naopak. Děj izobarický – souvisí se změnou objemu plynu při změně

teploty. Děj izochorický – má své využití při řešení výpočtu související se změnou tlaku v tlakových lahvích při změně teploty. (Jahns et al., 2013)

Parciální tlak – celkový tlak plynu směsi je tvořen součtem dílčích tlaků jednotlivých složek směsi, neboť spolu chemicky nereagují. Jako příklad zde uvedeme vzduch na hladině. Ten je složen z 21 % kyslíku 78 % dusíku. Parciální tlak kyslíku ( $p_{O_2}$ ) a dusíku ( $p_{N_2}$ ) tak lze získat zjednodušenou rovnicí (Jahns, 2008a):

$$p_{O_2} = p_h \times \frac{V_{O_2}}{V} = 0,1 \text{ MPa} \times 0,21 = 0,021 \text{ MPa} = 21 \text{ kPa}$$

$$p_{N_2} = p_h \times \frac{V_{N_2}}{V} = 0,1 \text{ MPa} \times 0,78 = 0,078 \text{ MPa} = 78 \text{ kPa}$$

Váha vzduchu – představuje důležitou veličinu z pohledu sestavení výstroje a jejího následného vyvažování. Vzduch vtlačený do tlakové láhve má rovněž určitou hmotnost. Zde budeme vycházet z obecně známé hustoty vzduchu  $1,2759 \text{ kg} \cdot \text{m}^{-3}$  při teplotě  $0 \text{ }^\circ\text{C}$  a tlaku  $10^5 \text{ Pa}$  (Mikulčák et al., 2023). Výpočet hmotnosti tak vychází z hodnoty 1000 l vzduchu při normálním tlaku, teplotě  $10 \text{ }^\circ\text{C}$  váží 1,25 kg.

Příklad: tlaková láhev  $2 \times 12 \text{ l}$  naplněna na 200 bar

$$m = 24 \text{ l} \times 200 \text{ bar} = 4800 \text{ l} = 4,8 \times 1,25 \text{ kg} = 6 \text{ kg}$$

Z výpočtu je tak patrné, že na začátku ponoru potápěč váží téměř o 6 kg více, než když ponor končí. Tento fakt je třeba zohlednit při vyvažování výstroje.

### 3 TECHNICKÉ ASPEKTY POTÁPĚNÍ POLICIE ČESKÉ REPUBLIKY

Technické aspekty potápění zahrnují širokou škálu vybavení, jež vyžaduje dovednosti a znalosti, které jsou nezbytné pro bezpečné a efektivní provádění ponorů. Tyto aspekty se dotýkají jak rekreačního, tak profesního potápění, včetně potápěčské činnosti prováděné u Policie České republiky.

Potápění lze rozdělit do různých skupin, které vypovídají o úrovni a možnostech potápěče, tak jako o prostředí ve kterém se svým vybavením pohybuje. Dělit lze např. na rekreační, technické, jeskynní nebo pracovní. Všechny směry potápění ale spojuje vybavení pro potápění potřebné, které je z principu fungování ve své podstatě stejné, ač na jiné technické úrovni zpracování.

Zde v této kapitole je vyjmenováno a popsáno klíčové vybavení spojené s technickými riziky a je potřebné pro výkon služby potápěče Policie České republiky.

#### 3.1 Otevřený okruh

Zařízení typu otevřený okruh je klíčové pro potápěče a jejich pobyt pod vodní hladinou. Potápěč se zbavuje oxidu uhličitého tím, že vydechne celou směs do okolí, odtud název „otevřený okruh“. Ale spolu s oxidem uhličitým se ztrácí i nevyužitý kyslík. Parciální tlaky jednotlivých složek směsi jsou určeny složením směsi a tlakem na dané hloubce. Uživatel takového zařízení nemusí řešit odstranění CO<sub>2</sub>, což je jeden z důvodů, proč jsou zařízení s otevřeným okruhem ideální pro rekreační potápění. Kromě několika starších a dnes již nepoužívaných zařízení se jedná o dýchací přístroje s plicní automatikou. Plicní automatika poskytuje potápěči dostatek dýchací směsi na základě jeho aktuální spotřeby a potřeby těla, který je signalizován podtlakem vytvořeným dýchacím ústrojím v nádechovém prostoru plicní automatiky. (Jahns, 2013b)

Modifikace otevřeného okruhu se může lišit dle potřeby jeho použití, základní princip fungování ovšem zůstává stejný.

##### 3.1.1 Tlakové láhve

Tlakové láhve jsou považovány za zásadní a nezastupitelnou část současných dýchacích zařízení, včetně těch používaných záchranáři nebo potápěči. Vzhledem k tomu, že současné technické řešení dýchacích zařízení považuje tlakové láhve za nejlepší dostupnou možnost

pro přenosné zdroje dýchacího vzduchu z technických i ekonomických důvodů, očekává se, že tlakové láhve zůstanou integrální součástí těchto systémů i v příštích letech, bez vyhlídek na radikální inovace.

Tlakové láhve pro potřebu potápění se dělí dle konstrukce láhve na tlakové láhve s rovným dnem, konvexním nebo konkávním dnem. Dělení tlakových lahví dle materiálu je na ocelové bezešvé, ocelové svařované, z hliníku a hliníkových slitin a kompozitní láhve.

Problematiku tlakových lahví upravuje řada norem a také Nařízení vlády č. 175/1997 Sb., kterým se stanoví technické požadavky na jednoduché tlakové nádoby.

Normy, které mají zásadní vztah k tlakovým lahvím (Česká agentura pro standardizaci, 2024):

- ČSN EN 15333-1 Dýchací přístroje - Potápěčské dýchací přístroje s otevřeným okruhem na tlakový plyn s přívodní hadicí - Část 1: Přístroje s plicní automatikou,
- ČSN EN 15333-2 Dýchací přístroje - Potápěčské dýchací přístroje s otevřeným okruhem na tlakový plyn s přívodní hadicí - Část 2: Přístroje s volným průtokem.

Další bezpečnostní faktor pro používání a plnění tlakových lahví je vyražené značení a barevné značení. I v tomto případě ošetřuje problematiku norma (Česká agentura pro standardizaci, 2024):

- ČSN 078304 Tlakové nádoby na plyny - Provozní pravidla,
- ČSN EN 1089-3 Lahve na přepravu plynů - Označování lahví na plyny (vyjma LPG) Část 3: Barevné značení,
- ČSN EN ISO 13769 Lahve na plyny - Značení ražením.

Spojení mezi ventilem tlakové láhve a systémem dodávky plynu je řešeno dle normy (Česká agentura pro standardizaci, 2024):

- EN ISO 12209 pro tlakové láhve určené pro tlakový vzduch,
- EN 144-3 pro tlakové láhve určené pro tlakový Nitrox a tlakový kyslík.

Tyto normy jsou pro uživatele podstatné, jelikož řeší problematiku v oblastech používání, výroby, značení, testování, přepravy. Na vrchlíku tlakové láhve se dle normy ČSN EN ISO 13769 uvádí:

- značka příslušné zkušebny, datum testu – měsíc a rok,

- periodická kontrola – 5 let úplný test, 2,5 roku vnitřní vizuální kontrola,
- nejvyšší plnicí přetlak, zkušební přetlak – stanoven na 1,5 násobek nejvyššího, plnicího přetlaku, hodnoty uváděny v barech nebo MPa,
- vodní objem láhve, prázdná hmotnost láhve,
- výrobní číslo, rok výroby.

**Uzavírací ventil** – slouží k ovládání průtoku plynu, je namontován v závitě hrdla láhve. Tak jako na láhev samotnou se na tuto součást vztahují normy, které ventily dělí podle plnicího přetlaku, druhu plynu pro který je určen nebo podle závitě.

### 3.1.2 Plicní automatika

Potápěč dýchá médium (obvykle vzduch) pod tlakem vody, který mu umožňuje zařízení známé jako plicní automatika nebo regulátor. Zařízení dodávající dýchané médium z tlakové láhve do dýchacích cest potápěče o stejném tlaku jako má okolní voda. Toto zařízení se stará o samočinnou redukci tlaku a přívod plynu do dýchacích cest ve dvou stupních.

Z tohoto je patrné že současné automatiky mají oddělený první a druhý stupeň, které se dále konstrukčně dělí na:

První stupeň

- membránový,
- pístový,
- vyvážený,
- nevyvážený.

Druhý stupeň

- s ventilem otvíraným proti proudu,
- s ventilem otvíraným po proudu,
- s vyváženým ventilem,
- se servořízením.

### První stupeň

Funkce prvního stupně dvojstupňové plicní automatiky spočívá v distribuci plynu z tlakové láhve, kde je v případě potápěčského přístroje první stupeň našroubován pomocí standardního závitu (zpravidla G5/8“, může se lišit dle normy) a redukuje tlak plynu na stálý intermediární tlak – středotlak (0,8 – 1,2 MPa), nehledě na to, jak se snižuje tlak plynu v tlakové láhvi nebo jak se mění hloubka ponoru. (Jahns et al., 2013)

První stupně umožňují několik konstrukčních řešení, které mají vliv na následný chod. Z prvního stupně je dodáván plyn středotlakou hadicí do druhého stupně plicní automatiky. Na základě toho, jakým směrem se při chodu ventilů pohybuje uzavírací kuželka, se rozlišuje (Jahns et al., 2013):

- ventily otevírané proti proudu – uzavírací kuželka je dotěšňována do sedla ventilu tlakem plynu z tlakové láhve,
- ventily otevírané po proudu – uzavírací kuželka je dotěšňována do sedla ventilu pružinou působící proti tlaku plynu z tlakové láhve.

To, zda se otevírá po nebo proti proudu, má za následek snižování nebo zvyšování středotlaku při poklesu tlaku v láhvi. Důvodem je různé působení směrné síly pružiny a síly vyvolané vysokým tlakem. Sílu vyvolanou vysokým tlakem lze eliminovat zamezením jejího vzniku nebo je možné k ní přiložit sílu stejné hodnoty avšak opačného směru. Tato konstrukční řešení nesou název vyvážený, nebo nevyvážený první stupeň. Cílem je dosažení stálého středotlaku při poklesu tlaku v láhvi. (Jahns, 2013b)

Membránový první stupeň – středotlaký prostor s kuželkou je oddělen silnou gumovou membránou od prostoru s okolním tlakem a řídicí pružinou. Síla řídicí pružiny a okolního tlaku vysouvá kuželku ze sedla ventilu oproti síle vysokého tlaku. Tímto vzniká nám potřebný středotlak. (Jahns, 2013b)

Pístový první stupeň – stejnou roli, jako má membrána v tomto případě, má píst těsněný po obvodu chodící ve válci a oddělující středotlaký prostor od prostoru s okolním tlakem a řídicí pružinou. (Jahns, 2013b)

### Druhý stupeň

Funkce druhého stupně je koncová distribuce dýchaného plynu k potápěči a odvádění vydechutého plynu pryč do prostoru. Podstatou této distribuce plynu je úprava středotlaku na okolní tlak. Mechanismus funguje tak, že při nádechu vznikne mírný podtlak, způsobí

průhyb membrány a ta odtáhne kuželku ventilu díky pákovému převodu. Ze vstupu je do náustku vpuštěn plyn a usměrnění jeho proudu vyvolává ještě větší podtlak – označováno za venturiho efekt. Při výdechu síla pružiny vrací kuželku a vlivem tlaku vydechovaného plynu dojde k otevření jednosměrného výdechového ventilu, což umožní plynu volně proudit do vody. (MCFall, 2017)

### 3.2 Uzavřený okruh

Jedná se o „recyklující“ dýchací přístroje využívající dýchací vak a fakt, že lidské tělo spotřebuje jen část přijatého kyslíku. Tento proces, ve kterém se s každým dýchacím cyklem sníží parciální tlak kyslíku v plicích o přibližně 5 kPa, je konstantní ve všech hloubkách. To značí, že při dýchání v hloubce 40 metrů, kde je parciální tlak kyslíku 105 kPa, by teoreticky stačil pro 17 dalších nádechů, dokud by se tlak kyslíku nesnížil na kritických 16 kPa.

Výpočet pro počet nádechů (Jahns, 2012):  $n = \frac{(105 \text{ kPa} - 16 \text{ kPa})}{5 \text{ kPa}} = 17,8$  počtů nádechů

Princip však není tak jednoduchý, jelikož v dýchacím okruhu oxid uhličitý produkovaný v těle nahrazuje spotřebovaný kyslík. Pro regeneraci směsi je pak nutné doplnit pouze množství kyslíku spotřebované během předchozího dechového cyklu. Při mírné fyzické zátěži to představuje dodání přibližně 1,5 litru kyslíku za minutu při normálním atmosférickém tlaku, což odpovídá zhruba 2 gramům kyslíku za minutu bez ohledu na vykonávanou práci na povrchu či v hloubce 30 metrů. Tyto systémy označované jako rebreathery odstraňují pomocí pohlcovače CO<sub>2</sub> a umožňují opětovné použití dýchací směsi. Rebreather CCR si udržuje konstantní parciální tlak kyslíku (ppO<sub>2</sub>), což je klíčové pro zkrácení doby potřebné k dekompresi. Základem fungování systému je znalost aktuálního ppO<sub>2</sub>, což vyžaduje přesné měření. V CCR rebreatherech se pro měření využívají O<sub>2</sub> senzory pracující na principu galvanického článku, který mění své výstupní napětí v milivoltech v závislosti na koncentraci O<sub>2</sub>. Tyto hodnoty jsou poté převedeny na ppO<sub>2</sub>. Moderní rebreathery používají 3 až 5 senzorů současně, aby se minimalizovala chyba v měření. Doplnění kyslíku na základě těchto měření se děje dvěma způsoby, což vede k rozdělení CCR rebreatherů na manuálně a elektronicky řízené. CCR systémy standardně obsahují dvě tlakové lahve, jednu s kyslíkem a druhou s diluentem, který slouží jako ředící plyn a zároveň jako záložní plyn, přestože na něj nelze spoléhat kvůli malé kapacitě tlakové láhve používané na rebreatherech. Skutečným záložním systémem pro případ selhání rebreatheru jsou off-board lahve nesené potápěčem, pracující v režimu otevřený okruh, jejichž velikost a obsah musí být přizpůsobeny individuálním potřebám potápěče pro plánovaný ponor. Ačkoliv

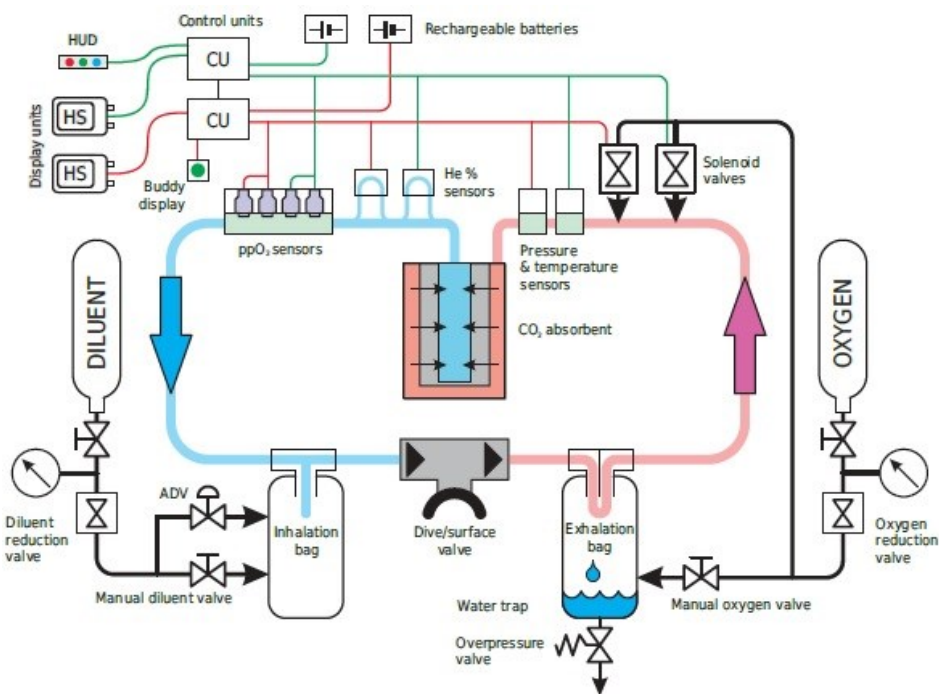
tento typ zařízení je znám již z 19. století, k rozmachu v potápěčské praxi došlo až s nástupem počítačových čipů. (MCFall, 2017)

Rozdělení rebreatherů (MCFall, 2017):

- Polouzavřený okruh: větší množství vydechovaného plynu je regenerováno, menší množství je odvedeno do okolí. Možno rozdělit na přístroj s aktivní dodávkou plynu (SCR) a pasivní dodávkou plynu (PASCOR).
- Plně uzavřený okruh: celý objem nadechnutého plynu je vydechován do dýchacího okruhu, je regenerován pro další použití. Je buď manuálně řízený (mCCR) nebo elektronicky řízený (eCCR).
- Kyslíkový uzavřený okruh: s chemickým vývinem kyslíku nebo s plyným kyslíkem.

Z hlediska fungování bude dále v této kapitole detailněji definován plně uzavřený okruh eCCR a kyslíkový uzavřený okruh s plyným kyslíkem. Tyto dva systémy jsou používány potápěčskými jednotkami Policie České republiky.

### Uzavřený okruh eCCR

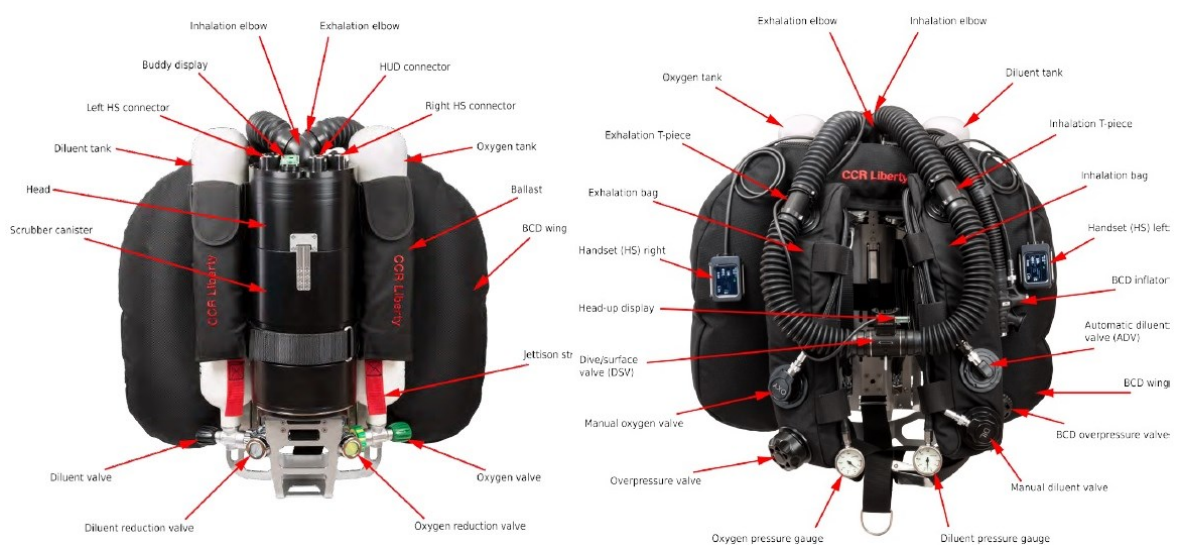


Obrázek 1: Schéma eCCR (Šimánek et al., 2020)



Aktuální generace rebreatherů eCCR představuje vrchol na žebříčku těchto systémů viz obrázek 1. U přístrojů tohoto typu je signál od kyslíkových senzorů předáván řídicímu počítači, který udržuje hodnotu set-pointu na základě předem nastavené hodnoty, doplňováním kyslíku pomocí elektromagnetického ventilu - solenoidu. Paralelně lze dávkovat kyslík, ale i diluent prostřednictvím manuálního ventilu. Větší flexibilitu poskytuje uživateli možnost upravovat hodnotu set-pointu a druh diluentu v průběhu ponoru. V případě výpadku primárního počítače přebírá kontrolu sekundární zařízení, přičemž záložní systémy a plán ponoru zůstávají jako bezpečnostní opatření pro scénáře selhání technologie. Pro zvýšení komfortu a snížení kognitivní zátěže potápěče je u rebreatherů často implementováno zobrazení HUD (Head Up Display), které poskytuje informace o parciálním tlaku kyslíku pomocí barevných diod a může být rozšířeno o vibrační alarm (DIVA). Rebreathery nabízí značné výhody v efektivitě spotřeby plynů, neboť spotřeba kyslíku zůstává konstantní bez ohledu na hloubku. Kromě toho vdechovaná směs je vlhká a teplá, což má pozitivní dopad na prevenci dehydratace a hypotermie. Díky minimálnímu odběru plynu z tlakových láhví je rovněž minimalizováno riziko zamrznutí prvního stupně plicního automatu. CCR rebreathery tak umožňují potápěčům dýchat optimální směs s nejnižším možným obsahem inertního plynu po celou dobu ponoru, což činí dekompresi mimořádně efektivní. (MCFall, 2017)

Konstrukční řešení rebreatheru viz obrázek 2 se skládá ze základních a specifických dílů, kdy základní díly jsou společné v podstatě pro všechny druhy zařízení tohoto typu. Do společných základních dílů lze zařadit např.: pohlcovač oxidu uhličitého, nádechový a výdechový vak, ústenka, vrapové hadice.



Obrázek 2: Popis CCR Liberty (Šimánek et al., 2020)

Zásadní podíl na obnově dýchané směsi má pohlcovač oxidu uhličitého a kyslíkový senzor – čidlo.

Pohlcovač oxidu uhličitého – scrubber – jak je z názvu patrné, má tato součást za úkol zbavovat vydechanou směs oxidu uhličitého a tak jí připravit pro další použití. Pohlcovače oxidu uhličitého většinou využívají hydroxid vápenatý, který reaguje s oxidem uhličitým, podobně jako při procesu tvrdnutí malty na vápenec a vodu. Pro optimální reakci se do materiálu absorbentu přidává určité množství hydroxidu sodného nebo draselného jako katalyzátoru a zároveň je třeba pro optimální reakci i vázaná voda. Směs s hydroxidem sodným se nazývá natronové vápno nebo natrokalcid. Absorbenty používané pro potápění zahrnují následující (Jahns, 2012):

Divesorb (Draeger,  $\text{Ca(OH)}_2 + \text{NaOH}$ , mesh 5 - 9),

Sofnolime (Molecular Products,  $\text{Ca(OH)}_2 + \text{NaOH}$ , mesh 4 - 8, 8 -12),

Sodasorb (W.R.Grace Co.,  $\text{Ca(OH)}_2 + \text{NaOH} + \text{KOH}$ , mesh 4 - 8, 6 -12),

Sodasorb HP (W.R.Grace Co.,  $\text{Ca(OH)}_2 + \text{NaOH} + \text{KOH}$ , mesh 4 - 8).

Relativně často užívaný Spherasorb (Intersurgical, Ltd) je vyhrazen výhradně pro lékařské účely a podle výrobce nebyl testován pro potápění. „Mesh“ udává velikost granulí absorbentu a označuje počet zrn na čtvereční palec ( $1/\text{in}^2$ ). Čím vyšší číslo, tím větší aktivní plocha, což znamená lepší absorpci  $\text{CO}_2$ . Vyšší čísla však přinášejí vyšší náklady a obtížnější průchod vzduchu, což vyžaduje více úsilí při dýchání. Pro speciální účely, například v armádě, se také občas používá vysoce účinný hydroxid lithný, který je ale silně toxický. (Jahns, 2012)

Běžně se setkáváme se dvěma hlavními typy pohlcovačů  $\text{CO}_2$  v rebreathch, které jsou konstrukčně rozděleny na axiální a radiální. Obě varianty jsou zpravidla válcovitá nádoba schopna pojmout 2 až 4 kg absorbčního materiálu. Konstrukční řešení axiálního scrubberu vede plyn od spodní části k horní v přímém směru (Axial Flow), nebo lze i dráhu a směr plynu změnit (Cross Flow). Prostup plynu scrubberem v celém profilu umožňuje plynu urazit poměrně dlouhou cestu, čímž dovoluje používat sorbenty s větší velikostí zrna (2–5 mm), které se vyznačují menší absorpční plochou  $\text{CO}_2$ . Radiální scrubber naopak řídí tok plynu z jeho středu směrem k vnějšku, nebo od vnějšku do středu. Tento proces se odehrává na větší ploše než u axiálního typu, což znamená, že cesta plynu je sice kratší, ale pokrývá větší plochu. Proto je zde preferováno použití jemnějších sorbentů (1-2,5 mm), které mají větší plochu pro absorpci  $\text{CO}_2$  a jsou schopny na této kratší dráze efektivně pohlcovat  $\text{CO}_2$ .

Přestože menší velikost zrn zvyšuje celkovou hustotu sorbentu, na krátkou vzdálenost toku plynu to nemá výrazný dopad na odpor při dýchání, tak jako v případě axiálního scrubberu. (Sellers, 2015)

Kyslíkový senzor- čidlo - samotné čidlo pro snímání parciálního tlaku kyslíku je v podstatě galvanický článek podobný těm, které se používají pro měření koncentrace kyslíku v nitroxových směsích na hladině. Jeho odezva trvá obvykle 5 až 10 sekund (ochranná PTF-membrána proti vlhkosti ji prodlužuje) a jeho přesnost se pohybuje kolem  $\pm 1\%$   $pO_2$ . Čidlo vydává výstup ve formě napětí v milivoltech, což je následně převedeno na měřícím zařízení přímo na parciální tlak kyslíku. Před ponorem je vhodné provést kalibraci čidla (nejlépe se směsí obsahující maximální podíl kyslíku). Občas je také nutné zkontrolovat lineární charakteristiku mezi výstupním napětím a  $pO_2$ , což se nejčastěji děje při normálním atmosférickém tlaku mezi dvěma dobře dostupnými hodnotami:  $pO_2 = 21$  kPa (0,21 baru, vzduch) a  $pO_2 = 100$  kPa (1,0 baru, čistý kyslík). Čidlo totiž s časem stárne a může změnit své vlastnosti. Nesprávné hodnoty by mohly být pro potápěče nebezpečné - pokud by například parciální tlak kyslíku vykazoval nižší hodnotu, než je skutečná. Životnost čidla se pohybuje mezi 6 a 24 měsíci v závislosti na četnosti používání. Čidlo je citlivé na dotek, vlhkost, teplotu a zvýšenou koncentraci  $CO_2$ .

U Policie České republiky je používán přístroj CCR Liberty – Divesoft.

### **Kyslíkový uzavřený okruh**

U přístroje tohoto typu je tlaková nádoba s kyslíkem vybavena redukčním ventilem, který je připojen k nádechovému vaku. Kyslík může být do tohoto vaku dávkován buď automaticky prostřednictvím trysky poskytující konstantní dávku, nebo ručně stiskem tlačítka, přičemž systém může kombinovat obě tyto metody. Od nádechového vaku k ústence vede hadice, kdy po vydechnutí do ústenky směřuje plyn do scrubberu, kde se čistí, a poté se vrací zpět do nádechového vaku. Pro zajištění bezpečnosti může být nádechový vak vybaven přetlakovým ventilem. V případě použití trysky pro konstantní dávku je její tok nastaven tak, aby množství dodávaného kyslíku překračovalo maximální fyziologickou potřebu, například 2 litry za minutu. Při této konfiguraci není nezbytné sledování parciálního tlaku kyslíku, pokud je vak s kyslíkem před ponorem řádně vypláchnut, což minimalizuje riziko hypoxie. Nicméně je klíčové nepřekročit maximální hloubku 6 metrů, aby se zabránilo hyperoxii, tedy akutní otravě kyslíkem, jak je popsáno v další kapitole. Tento systém je vysoce účinný a s tlakovou láhví o objemu jednoho litru s plnicím tlakem 20 MPa umožňuje strávit pod vodní hladinou až dvě hodiny. (Jahns, 2012)

### 3.3 Dýchací směsi

Pro zachování životních funkcí je dýchání jedním ze základních fyziologických procesů, který je nezbytný pro přežití člověka a správné fungování dýchacího systému je klíčové pro efektivní výměnu plynů. Při potápění je respirační systém člověka vystaven značně odlišným a náročnějším podmínkám než na pevnině, což činí dýchání pod vodou jednou z nejvíce zatěžovaných funkcí lidského těla. Narůstající hydrostatický tlak, který se zvyšuje s hloubkou, ovlivňuje jak objem plynů v těle, tak i funkci dýchacího systému. Změna hustoty vdechovaných směsí plynů a změny parciálních tlaků jednotlivých složek této směsi rovněž vyžadují adaptaci dýchacího systému, aby byla zachována efektivní výměna plynů a zajištěny metabolické procesy. Schopnost adekvátně dýchat pod vodní hladinou a správně reagovat na tyto fyzikální a fyzikálně-chemické změny je zásadní pro zajištění přežití potápěče. Nezbytné znalosti o fungování dýchacího systému v hyperbarických podmínkách a o vlivu potápění na lidské tělo jsou klíčové pro bezpečnou potápěčskou praxi, stejně tak jako znát i fakt, že stlačený plyn v tlakové láhvi má svojí hmotnost.

Při potápění je několik zásadních plynů nebo jejich směsí. (Novomeský, 2013)

#### Vzduch

Atmosférický vzduch je bezbarvý plyn bez chuti a zápachu, složen z různých převážně chemických prvků viz tabulka 1. (Liška a Novák, 1999)

Tabulka 1: Složení vzduchu (Liška a Novák, 1999)

Součást	Objemová %	Součást	Objemová %
Dusík N <sub>2</sub>	78,03	Metan CH <sub>4</sub>	0,00015
Kyslík O <sub>2</sub>	20,95	Krypton Kr	0,0001
Argon Ar	0,93	Vodík H <sub>2</sub>	0,00005
Kysličník uhličitý CO <sub>2</sub>	0,03	Ozon O <sub>3</sub>	0,00004
Neon Ne	0,0018	Kysličník dusný NO	0,00005
Helium He	0,00052	Kysličník uhelnatý CO	0,00001
		Ostatní	0,0574

Naše Země je obalená atmosférou, která je pro nás nezbytná pro život a současně představuje „nevyčerpatelný“ zdroj této suroviny s mnohostranným využitím. V pradávných dobách, kdy zemská kůra ještě nebyla utvořena, se atmosféra skládala z plynů, převážně z vodíku,

unikajícího z roztaveného jádra planety. Jak zemská kůra začala tuhnout, množství vodíku se snižovalo. Část tohoto plynu unikla do kosmu, zatímco jiná část byla pod vlivem slunečního záření rozložena na dusík a kyslík. Takto se postupně vyvinulo současné složení atmosféry, kterou dnes dýcháme. (Liška a Novák, 1999)

Vzdušný obal Země váží asi  $15,17 \cdot 10^{17}$  kg. Obsahem vzduchu jsou též vodní páry a pevné částice např. prach, saze, písek aj. Vzduch představuje mechanickou směs různých plynů, nikoli chemickou sloučeninu, což umožňuje oddělení jeho složek. Tento proces je možný např. ochlazením vzduchu na teplotu přibližně  $-194$  °C což se nazývá Kryogenická separace. (Liška a Novák, 1999)

V souvislosti s potápěním budou uváděny hodnoty složení vzduchu:

- kyslík O<sub>2</sub> : 21 %, dusík N<sub>2</sub> : 78 %, ostatní: 1 %.

### Dusík

Fyzikální vlastnosti N<sub>2</sub> (Novomeský, 2013):

- zastoupení v atmosféře: 78,03 %,
- hustota: 1,2504 g/l,
- rozpustnost v tucích: 0,067,
- bod varu:  $-194,6$  °C,
- atomová hmotnost: 14,0067,
- molekulární hmotnost: 28,0134 g.mol<sup>-1</sup>,
- narkotický potenciál: 1.

Dusík působí v atmosféře jako primární ředidlo kyslíku, tvořící zhruba 78 % jejího složení a ačkoliv podílově tvoří větší část vzduchu, není pro potápění příliš příznivý. Do tlaku okolo 30 MPa (300 barů) vykazuje vlastnosti podobné ideálnímu plynu. V procesu dýchání se dusík transportuje do lidského těla, kde nevstupuje do metabolických reakcí, ale za vyšších parciálních tlaků se může rozpustit v tělesných tkáních. Při snižování tlaku, například během výstupu na hladinu, se může uvolňovat ve formě bublin, což může vést k výskytu dekompresní nemoci. Navíc, při parciálním tlaku dusíku nad 300 kPa (3 bary) může dojít k projevům hloubkového opojení. Proto se doporučuje, aby při použití plynových směsí obsahujících dusík nebyl parciální tlak tohoto plynu zvyšován nad 400 kPa (4 bary). Dusík

je vzhledem k tomu, že se neúčastní tělesného metabolismu, považován za fyziologicky inertní látku. (Jahns, 2013a)

### **Kyslík**

Odhledně jej možno nazvat dobrým sluhou, ale špatným pánem, případně označit lze i za nezbytně potřebný jed.

Fyzikální vlastnosti O<sub>2</sub> (Novomeský, 2013):

- zastoupení v atmosféře: 20,99 %,
- hustota: 1,409 g/l,
- rozpustnost v tucích: 0,11,
- bod varu: -182,95 °C,
- atomová hmotnost: 15,9994,
- molekulární hmotnost: 31,9988 g.mol<sup>-1</sup>,
- narkotický potenciál: menší než u dusíku.

Kyslík je zásadní plyn pro život, neboť se podílí na metabolických procesech v buňkách a tím umožňuje existenci organismu. Jeho významnou vlastností je také podpora hoření, které se při zvýšených parciálních tlacích kyslíku odehrává rychleji a může vést až k explozi. Ve vzduchu se kyslík vyskytuje v koncentraci přibližně 21 % a do tlaku 30 MPa (300 barů) se při stlačování chová jako téměř ideální plyn. Je důležité, aby jeho parciální tlak ve vdechované směsi nepoklesl pod 16 kPa (0,16 bar), což zajišťuje dostatečnou koncentraci kyslíku pro buněčný metabolismus. Při potápění pod vodou jsou stanoveny bezpečnostní limity pro maximální parciální tlak kyslíku. Pro krátkodobé ponory je tento limit stanoven na 140 - 150 kPa (1,4 - 1,5 bar), zatímco při dekompresi nesmí tento tlak přesáhnout 160 kPa (1,6 bar). Pro dlouhodobé pobyty v přetlaku je limit nastaven na 50 kPa (0,5 bar). Překročení těchto hodnot může vést k riziku akutní otravy kyslíkem, projevující se symptomy podobnými epileptickému záchvatu, nebo k dlouhodobému poškození plic. Existuje i předpoklad, že vysoké koncentrace kyslíku mohou působit narkoticky, zejména ve spojení s dusíkem. Při dekompresi větší podíl kyslíku v dýchačí směsi zvětšuje gradient inertních plynů a tím usnadňuje jejich vylučování z těla. Nicméně kyslík také způsobuje vasokonstrikci, což může po určité době ztížit vylučování plynů, a je proto nutné občasné přerušování dýchání kyslíku (tzv. Air Breaks). Kromě toho může dlouhodobá expozice

zvýšeným koncentracím kyslíku vyvolat kyslíkovou krátkozrakost nebo poškodit sluch (tzv. „kyslíkové ucho“). Vzhledem k těmto rizikům je důležité, aby potápěči byli řádně vyškoleni v oblasti správného používání kyslíku a jeho parciálních tlaků při potápěčských aktivitách, a to zejména v technickém potápění, kde se používají specifické směsi plynů. (Jahns, 2013c)

### **Hyperoxická směs – NITROX**

NITROX v obecné rovině můžeme definovat jako jakoukoliv směs dusíku a kyslíku, proto lze i vzduch považovat za nitrox. Budeme-li ale definovat nitrox v kontextu s potápěním, je považován za směs, který má vždy obsah kyslíku větší než je v běžném vzduchu. Podstata není tuto směs obohatit o kyslík ale redukovat podíl dusíku. Tím se snižuje parciální tlak dusíku v dýchané směsi pro danou hloubku, což vede k menšímu množství dusíku transportovaného do tělesných tkání. To má za následek snížení všech negativních účinků spojených s přítomností dusíku. Nitrox, směs s nižším obsahem dusíku, je tedy ideální volbou pro delší ponory, kde je cílem minimalizovat množství dusíku v dýchacím plynu a tím snížit rizika spojená s dekompresí. Výhody spojené s užitím nitroxu při ponoru místo vzduchu (Jahns, 2013c):

- prodloužení nulového času – doba strávená na dně bez nutnosti dekomprese,
- v případě překročení nulového času zkracuje nutnou dobu dekomprese,
- redukce množství zbytkového dusíku v těle po ponoru,
- zkrácení nutného povrchového intervalu pro opakovaný ponor,
- výrazné snížení tělesné únavy potápěče po ponoru,
- zkrácení času pro možnost letecké přepravy,
- snížení tvorby dusíkových bublin,
- snížení náchylnosti na hloubkové opojení.

V případě použití směsi s podílem kyslíku větším než 40% je vyžadováno použití vybavení určeného pro čistý kyslík.

### **Helium**

Fyzikální vlastnosti He (Novomeský, 2013):

- zastoupení v atmosféře: 0,00052 %,
- Hustota: 0,179 g/l,

- Rozpustnost v tucích: 0,015,
- Bod varu:  $-268,93\text{ }^{\circ}\text{C}$ ,
- Atomová hmotnost: 4,0026,
- Molekulární hmotnost:  $39,99\text{ g}\cdot\text{mol}^{-1}$ ,
- Narkotický potenciál: 4,26.

Hélium je chemicky inertní plyn, který se v potápění využívá jako ředidlo kyslíku. Pomáhá udržet optimální parciální tlaky kyslíku a dusíku pro danou hloubku. Vhodně připravenou směs je možno dýchat v hloubkách daleko přesahujících 100 metrů, neboť helium disponuje nízkou narkotickou potencií, díky čemuž nedochází k významnějšímu narušení fyzické či mentální kapacity potápěče. Díky své nízké hustotě je dýchání s héliem ve velkých hloubkách snazší. Má snazší průtok tryskami plicních automatik a šíření zvuku v něm probíhá přibližně třikrát rychleji oproti vzduchu. V případě použití komunikace v celoobličejové masce nastává změna hlasu, což může činit problém při komunikaci mezi operátorem a potápěčem. Hélium je méně stlačitelné než vzduch, o cca 10 % při 20 MPa (200 barů) a o cca 15 % při 30 MPa (300 barů), což je třeba vzít v úvahu při přípravě dýchacích směsí. Jeho rozpustnost v tělesných tkáních je nižší než rozpustnost dusíku, ale rozpouští se přibližně 2,6krát rychleji, což vyžaduje důkladnou dekompresi, zejména u tkání nasycených rychle (Jahns, 2013a).

### **Směsy helia**

Pro potápěčskou činnost v hloubkách je nezbytné rozšířit běžnou směs kyslíku a dusíku o třetí plyn, který by byl podobně jako dusík při nízkých tlacích fyziologicky inertní a nevyvolával hloubkové opojení. Možnosti zahrnují lehké, chemicky inertní plyny jako hélium a neon, ale i vodík, který ač je velmi reaktivní, neúčastní se fyziologických procesů. Směs kyslíku a vodíku (hydrox) je kvůli riziku výbuchu omezena na maximálně 5 % kyslíku, a proto je tato směs (často s přidávkem hélia, hydreliox) určena pro velké hloubky, kde její nízká hustota usnadňuje dýchání při vysokých tlacích. (Jahns, 2008b)

V současné době se v potápěčské praxi využívají směsi (Bove a Davis, 2004):

- Heliox – hypoxická směs helia a kyslíku, kdy podíl kyslíku ve směsi je menší než 21 %.



- Heliair – obvykle hypoxická směs vzduchu a helia, podíl kyslíku ve směsi je menší než 21 %.
- Trimix – směs helia, kyslíku a dusíku a to v různém poměru, normoxický trimix – směs s podílem kyslíku 21 %, hypoxický trimix – směs s podílem kyslíku menším než 21 %.
- Triox – hyperoxická směs helia, kyslíku a dusíku s podílem kyslíku větším než 21 %.

### **Vodík - Hydrox Hydreliox**

Fyzikální vlastnosti H<sub>2</sub> (Novomeský, 2013):

- zastoupení v atmosféře: 0,00005 %,
- hustota: 0,090 g/l,
- rozpustnost v tucích: 0,036,
- bod varu: -252,87 °C,
- atomová hmotnost: 1,0079,
- molekulární hmotnost: 2,02 g.mol<sup>-1</sup>,
- narkotický potenciál: 1,83.

Vzhledem ke svým specifickým vlastnostem by mohl být vodík předurčený k používání coby diluentu kyslíku. Jeho narkotický efekt se zvyšujícím se tlakem zůstává relativně nízký, umísťující se hned za neónem. Jeho nízká hustota, nejnižší ze všech známých látek, přináší lepší průtok plynu tryskami a i dýchacími cestami potápěče pod vodou. Saturace tkáně dosahuje vysokého stupně ve velmi krátké době a i stejně rychle dochází k opuštění tkáně. Je cenově dostupnější než hélium.

Na základě výzkumu společností COMEX při ponorech do hloubky 500 metrů byla získána data, která podporovala hypotézu o vhodnosti a užitečnosti vodíku pro potřeby potápění. (Abraini et al., 1994) Po dalších pokusech, kde bylo dosaženo i hloubky 701 metrů při simulovaném ponoru ve vodní nádrži hyperbarického komplexu společnosti COMEX, došlo k přerušení dalších experimentů. Ukázalo se, že u exponovaných potápěčů dlouhodobě přetrvávají psychické poruchy po ponorech, kde bylo užito k dýchání v extrémních hloubkách plynové směsi obsahující vodík. (Novomeský, 2013)

## Argon

Fyzikální vlastnosti Ar (Novomeský, 2013):

- zastoupení v atmosféře: 0,933 %,
- hustota: 1,759 g/l,
- rozpustnost v tucích: 0,014,
- bod varu:  $-185,85\text{ }^{\circ}\text{C}$ ,
- atomová hmotnost: 40,00,
- molekulární hmotnost:  $39,94\text{ g}\cdot\text{mol}^{-1}$ ,
- narkotický potenciál: 1,83.

Argon vzhledem ke svým vlastnostem nemá širší využití jako plyn vhodný k dýchání při potápění. Důvodem je dvojnásobný narkotický efekt oproti dusíku. V případě nahrazení dusíku argonem by došlo k argonové narkóze již v 6 metrech. Využití v potápěčské praxi argon našel díky své nižší tepelné vodivosti. Ve srovnání se vzduchem má o 32 % nižší tepelnou vodivost, což je důvod jeho využívání k doplňování objemu vodotěsných potápěčských obleků. (Bennett a Elliott, 2003)

Na základě experimentů však bylo zjištěno, že po vyplnění vnitřního prostoru obleku argonem lze dosáhnout snížení tepelných ztrát maximálně o 7-10% v porovnání se vzduchem. (Vrijdag et al., 2013) Z důvodu nízké efektivity se argon pro většinu ponorů jako kompenzační plyn do suchého obleku nevyužívá a je nahrazen vzduchem.

### **3.4 Oblek**

Primární funkce potápěčského obleku je minimalizace tepelných ztrát a poskytování ochrany před různými aspekty vodního prostředí. Vzhledem k tomu, že voda díky své tepelné vodivosti odvádí tělesné teplo přibližně 24krát rychleji než vzduch, může dokonce i relativně teplá voda rychle odčerpávat teplo z těla potápěče. I voda tropického moře má nižší teplotu než je teplota lidského těla. Existuje široká škála potápěčských obleků, jež se liší v závislosti na určeném použití, materiálu a zpracování. Potápěčské obleky lze kategorizovat do několika hlavních typů, každý s unikátními vlastnostmi a určením pro specifické potápěčské podmínky:

**Tropický izolační oblek** – obleky s velmi omezenou tepelně izolační schopností. Hlavním účelem těchto obleků není udržení tělesného tepla, ale poskytnutí ochrany proti fyzickým poškozením a kontaktu s potenciálně nebezpečnými mořskými organismy, jako jsou ostré skalní útvary nebo žahaví živočichové. Tyto obleky se vyrábějí z tenkých, ale velmi elastických syntetických materiálů, včetně lehkých variant neoprenu, s tloušťkou maximálně 3 mm. (Jahns et al., 2013) Využití pro tento typ obleku nacházejí potápěči Policie České republiky při základním výcviku v chráněném vodním prostoru – bazénu.

**Mokrý izolační oblek** – oblek vyrobený z pěněného neoprenu se obvykle vyrábí v tloušťkách mezi 5 a 7 mm. Jeho schopnost tepelné izolace spočívá v drobných plynových bublinkách, které jsou začleněny do pružného materiálu. Neopren je pokrytý z obou stran syntetickou tkaninou, což zvyšuje jeho odolnost a komfort při nošení. Po ponoření do vody se mezi tělem potápěče a oblekem vytvoří tenká vrstva vody, která se díky tělesnému teplu ohřeje. Teplá voda pak slouží jako izolační vrstva, která teplo odvádí pouze směrem k vnitřní straně obleku, čímž pomáhá udržet tělu tepelný komfort. Aby bylo zajištěno, že voda uvnitř obleku neproudí a nevznikají tak tepelné ztráty, je klíčové vybrat oblek odpovídající velikosti. Oblek by měl na těle potápěče těsně sedět, aby minimalizoval oběh vody, ale zároveň nesmí být tak těsný, aby omezoval krevní oběh. (Špalek, 2018)

**Polosuchý izolační oblek** – rozdíl mezi mokrým a polosuchým oblekem je v tom, že polosuché varianty jsou vybaveny manžetami z hladkého neoprenu na zápěstích, kotnících a v oblasti obličeje. Tyto manžety minimalizují průnik vody do obleku a zároveň zvyšují jeho schopnost tepelně izolovat. (Jahns et al., 2013)

V případě potápěčů Policie České republiky jsou mokré a polosuché obleky využívány při základním výcviku.

**Suchý izolační oblek** – Suchý oblek účinně brání pronikání vody k tělu potápěče, přičemž hlavní izolační roli zde hraje vzduch uvnitř obleku a kombinéza – podoblek. Těsnící manžety umístěné na zápěstích, kolem krku a také vodotěsný zip zamezují proniknutí vody na tělo potápěče. Tento plynotěsný zip je obvykle umístěn diagonálně přes trup od ramene k pasu nebo horizontálně přes záda v oblasti ramen. Těsnící manžety jsou vyrobeny z latexu, silikonu nebo hladkého neoprenu. Suchý oblek je také vybaven ventilem pro napouštění, umístěn na hrudi, který umožňuje regulaci množství vzduchu v obleku středotlakým vzduchem, a přetlakovým vypouštěcím ventilem, umístěn zpravidla na levé paži, pro uvolnění vzduchu podle potřeby. Existují dva základní typy suchých obleků podle použitého materiálu: membránové suché obleky a neoprenové suché obleky. (MCFall, 2017)

Membránový suchý oblek - vyráběn z materiálu (MCFall, 2017):

- Bilaminát – je nepružný, časem praská, neudrží se v něm organismy.
- Trilaminát – svrchní vrstva trilaminátu (např. cordura) disponuje velkou mechanickou odolností a snižuje riziko poškození. Udrží organismy.
- Guma – jedná se o těžké obleky, jenž jsou efektivní pro potápění v kontaminovaných vodách a poskytují významnou ochranu před mikrobiologickými riziky a většinou chemikálií během delší expozice.

Izolační vlastnosti zde v plném rozsahu zajišťuje vzduch v obleku a podoblek.

Neoprenový suchý oblek – vyráběný ze stejného materiálu jako obleky polosuché. Tento typ obleku poskytuje výhodu ve využití izolačních vlastností pěněného neoprenu společně se vzduchem v obleku a podobleku. (MCFall, 2017)

### 3.5 Kompenzátor vztlaku

Kompenzátor vztlaku (BCD, z anglického Buoyancy Control Device) je klíčovým prvkem potápěčské výbavy umožňující potápěčům udržet kontrolu nad svým vztlakem pod vodou. Tím, že mohou upravovat objem vzduchu v kompenzátoru vztlaku, mohou potápěči snadno stoupat, klesat, nebo se pohybovat ve vodním sloupci. Kompenzátor vztlaku je obvykle připevněný přímo k tlakové láhvi. Pro napouštění a vypouštění vzduchového vaku, který je součástí všech kompenzátorů vztlaku, slouží inflátor, taktéž součástí každého kompenzátoru vztlaku, vybavený napouštěcím a vypouštěcím ventilem. Z hlediska konstrukce je možné kompenzátory vztlaku rozdělit na dva základní typy: žaket a křídlo. (MCFall, 2017)

Žaket primárně najdeme ve výbavě u sportovních/rekreačních potápěčů. Za určitých podmínek ho ale lze použít i pro potřebu potápěčů Police České republiky. Konstrukčně je žaket řešen tak, aby vzduchový vak obepínal trup potápěče. Tlaková láhev, v tomto případě monoláhev, je uchycena na zádové desce jedním nebo dvěma popruhy. Pro usnadnění nastrojení a odložení je žaket vybaven popruhy s rychloposunovací sponou v oblasti ramen a v oblasti trupu. Součástí je rychlovypustný přetlakový ventil, který v případě potřeby umožňuje rychlou redukci objemu vaku - vztlaku. Mezi další běžnou součástí výstroje patří kapsy pro vkládání menšího vybavení a různý počet kovových nebo plastových D-kroužku pro odložení výstroje. (Jahns et al., 2013)

Křídlo je převážně součástí výstroje technických a pracovních potápěčů. Nejčastější tvar vzduchového vaku je podkova nebo ovál. Křídlo je stejně jako žaket osazeno přetlakovým pojistným ventilem a inflátorem pro napouštění a vypouštění plynu z vaku. Střední zploštělá část je opatřena vyztuženými otvory pro připevnění k zádové desce a dále k tlakovým láhvím.

### 3.6 Maska, celoobličejová maska, přilba

Vodní prostředí není prostřední pro lidský zrakový smysl ideální. Lidské oko je konstruováno tak, aby bylo schopné vidět na vzduchu. Světlo z objektu, který pozorujeme, se po dopadu na oko lomí ke kolmici a poté je čočkou oka usměrněno tak, aby na sítnici vytvořilo ostrý obraz. Ve vodě, jejíž lomový index je téměř stejný jako lomový index rohovky na povrchu oka, není paprsek dostatečně ovlivněn. Ostrý obraz objektu by se ve vodě vytvořil až za sítnicí, což způsobuje, že pod vodou vidíme neostře. Tento problém lze vyřešit tím, že zajistíme, aby světlo před vstupem do oka prošlo vrstvou vzduchu. K tomu slouží potápěčská maska. (Vrbovský et al., 1998)

**Potápěčská maska** – díky zmiňované vrstvě vzduchu mezi zorníkem a okem umožňuje pod vodní hladinou ostré vidění. Tento fakt ovšem způsobuje, že světelný paprsek procházející více prostředími různé hustoty se láme. K tomuto dochází na základě zákona refrakce:  $n_1 \cdot \sin \alpha = n_2 \cdot \sin \beta$ , výsledkem je zkreslení pozorovaného předmětu změnou vnímání velikosti a vzdálenosti. Předmět činí o 1/3 větší a o 1/4 blíže oproti skutečnosti. (Novomeský, 2013) Potápěčská maska se skládá ze tří částí: zorník, lícnice, pásek.

Pro práci v kontaminované vodě je nezbytné dodržovat specifická bezpečnostní opatření k čemuž je určena celoobličejová maska a přilba.

**Celoobličejová maska** – Maska poskytující ochranu proti chladu a nečistotám ve vodě, čehož je docíleno zakrytím celého obličeje. Je vybavena dýchacím regulátorem a akustickým komunikátorem, který umožňuje komunikaci s členy týmu. Tato forma masky se používá v situacích, kdy by kontakt s kontaminovanou vodou mohl potápěče vystavit vážnému riziku onemocnění. Avšak pokud je vystavení části obličeje kontaminované vodě tak závažné, že může způsobit smrt, je nezbytné vybavit potápěče celoobličejovou potápěčskou helmou pro práci v extrémních podmínkách. (Command, December 2016)

**Přilba** – izoluje potápěčovu hlavu od vody, umožňuje dobrý výhled pod hladinou, zabezpečuje dodávku vzduchu, chrání před nebezpečím a umožňuje komunikaci s týmem.

Jednou z hlavních výhod je možnost dýchat i v případě, že potápeč ztratí vědomí, což není případ u běžného potápěčského vybavení, kde hrozí utonutí. Starší modely dodávaly vzduch neustále, což vytvářelo logistické a finanční problémy kvůli velké spotřebě dýchaného média. Moderní přilby s pokročilou plicní automatikou dodávají potřebné množství vzduchu. V případě stálé dodávky vzduchu jsou ale v pracovním potápění situace, kdy je tento typ vyžadován. (MCFall, 2017)

### 3.7 Ploutve, skútr

**Ploutve** představují klíčový nástroj pro pohyb ve vodním prostředí, ať už na hladině nebo pod ní. Většinu všech základních typů tvoří list obsahující vyztužená žebra po stranách, která mají vliv na tuhost a usnadňují jeho ovládání při kopu. Celkový design listu, včetně podélného rýhování, hydrodynamických kanálů nebo otvorů a dalších úprav, je zaměřen na optimální hydrodynamické vlastnosti. Tuhost listu se u různých modelů liší, přičemž měkčí varianty jsou šetrnější k nohám, ale méně účinné v případě potřeby výkonnostního plavání. Naopak, tužší ploutve nabízí lepší zrychlení a jsou vhodnější pro plavání v náročnějších podmínkách, avšak vyžadují lepší fyzickou připravenost.

Dobře navržené ploutve obvykle nabízí dva hlavní efekty během plavání: pružinový efekt, kdy se list ploutve po dosažení dolní úvratí kopu narovná a uvolní tak akumulovanou energii. Lžicový efekt, který snižuje odpor při pohybu ploutve nahoru, podobně jako pohyb lžice v opačném směru v kapalině. Ploutve se převážně vyrábějí z moderních plastů, přičemž existují i modely z pryže nebo neoprenu, ale ty jsou méně běžné. Výrobci často experimentují s kombinacemi materiálů pro dosažení optimálních vlastností. Dle metody uchycení rozlišujeme mezi ploutvemi s botami a s nastavitelnými pásky, přičemž pro přístrojové potápění jsou preferovány ploutve s pásky a rychloupínacími mechanismy pro snadnou manipulaci i v rukavicích. Někteří techničtí potápěči preferují nahrazení pásek kovovými pružinami. V oblasti rekreačního potápění mají své místo i nekonvenční typy ploutví, které jsou navrženy pro energeticky efektivní kopání s menším rozsahem pohybu. Model s podélně rozděleným listem a model s listem ve tvaru rybího ocasu, vyrobený z jednoho kusu pružného polyuretanu bez bočních výztuh, jsou příkladem těchto inovací. Tyto designy snižují turbulence a optimalizují průtok vody, což vede k výraznému zlepšení efektivity plavání díky výraznému pružinovému a lžicovému efektu. (MCFall, 2017)

**Diver propulsion vehicle (DPV) – podvodní skútr** – je zařízení, jehož hlavním účelem pro potápeče není dosahovat maximální rychlosti pod vodou, ale spíše ušetřit energii a tím

i spotřebu dýchacího plynu. Z hlediska použití můžeme tyto zařízení členit jako: rekreační, technické/jeskynní, vojenské. Rekreační skútry jsou navrženy pro rekreační potápěče, kteří chtějí prozkoumat větší oblasti pod vodou nebo snížit fyzickou námahu při potápění. Jsou relativně lehké, snadno ovladatelné a obvykle mají omezenou dobu provozu a dosah, což je činí vhodnými pro méně náročné ponory. Technické/jeskynní se vyznačují větším výkonem a jsou určeny pro technické potápěče, kteří se vydávají na delší a hlubší ponory. Tyto skútry mají obvykle delší dobu provozu, větší hloubkový dosah a jsou schopny nést těžší vybavení. Umožňují potápěčům prozkoumat vraky, jeskyně a jiné obtížně dostupné lokality. Vojenské skútry jsou navrženy pro specifické potřeby vojenských a záchranářských operací pod vodou. Jsou extrémně robustní, mohou být vybaveny pokročilou navigací a komunikačními systémy a jsou navrženy tak, aby byly co nejméně viditelné a slyšitelné pod vodou. (Špalek, 2018)

Potápěči Policie České republiky disponují skútry z kategorie technické. Ovládání těchto zařízení spočívá v upevnění skútru za pomoci šňůry a karabiny na D-kroužek mezinozního popruhu zádové desky. Řídí se pravou rukou.

V posledních deseti letech toto zařízení bylo terčem poměrně citelného technologického pokroku. Vývoj přinesl velký posun jak v konstrukci a materiálech, které umožňují DPV použít ve větších hloubkách, tak i baterie přinášející větší výkon a tím umožňující zdolávat větší vzdálenosti. Zároveň ale i za cenu nižší hmotnosti. Zajímavé, stále se vyvíjející příslušenství pro obsluhu, je navigace, která umožní dorazit na místo určení i za snížené viditelnosti nebo ve vodním sloupci bez referenčního bodu. (Ardiansyah et al., 2019)

### 3.8 Počítač

Ačkoliv potápěčské počítače jsou v současnosti prakticky standardem v potápěčské komunitě, nejsou vždy nezbytné. Pro plánování ponoru je možné se spolehnout na tabulky nebo využít plánovací software na běžném počítači nebo mobilním telefonu a s použitím vodotěsných hodinek coby měřiče času pod vodní hladinou lze vykonat řadu ponorů.

V případě obtížnějších ponorů, zahrnující i více směsí plynů je potápěčský počítač spíše nutností. Dnešní řady těchto počítačů umožňují sledovat nepřeborné množství údajů jako je čas, hloubka, použitá směs, teplota okolního prostředí, vypočítává dekompresní zastávky a další. Jeden z hlavních údajů na počítači je dekompresní čas, který vychází z použitého algoritmu. Dekompresních algoritmů použitých v potápěčských počítačích je celá řada (Sládek, 1999):

- Bühlmannův model ZH-L16,
- Workmannův model M-values,
- Varying Permeability Model (VPM),
- Reduced Gradient Bubble Model (RGBM).

Tradiční modely berou v potaz jen plyn, který je rozpuštěný v tkáních. Dekompresní proces je stanoven na základě nejmenší hloubky, do které může potápeč ještě vynořit, a tato nejmenší hloubka je závislá pouze na stupni nasycení tkání.

Na základě těchto algoritmů a dalších vstupních informací tvoří počítač profil ponoru. Ze strany uživatele je profil ponoru nejvíce ovlivněn nastavením konzervativnosti algoritmu. V počítačích se tato možnost nazývá „Konzervatismus“ nebo „Gradient faktor“ (Sládek, 1999). Nastavením těchto hodnot je subjektivní a uživatel může zohlednit svůj zdravotní stav nebo fyzickou kondici a tím upravit dekompresní čas.



## 4 OBECNÁ POVAHA RIZIK POTÁPĚNÍ POLICIE ČESKÉ REPUBLIKY

Vzhledem k tomu, že při potápění se člověk pohybuje v pro něj nehostinném prostředí, vždy sebou nese určitou míru rizika. Podle dnešních výkladů se rizikem obecně rozumí nebezpečí vzniku škody, poškození, ztráty či zničení, případně nezdaru při podnikání. (Smejkal, Rais, 2013) Potápění pro potřeby Policie České republiky ovšem sebou přináší několik dalších rizik vyplývajících z pátrání po utonulých osobách, záchrany tonoucích osob, pátrání po věcech pocházejících z trestné činnosti, bezpečnostních opatření a akcí. Prioritou potápěčů Policie České republiky je minimalizovat tato rizika spojená s výkonem služby, zejména pokud jde o možnost zranění nebo ohrožení zdraví potápěčů.

Rizika dle primárního faktoru lze v obecné rovině rozdělit na (OSPČV PČR, 2024):

- Rizika obecné povahy – jedná se o rizika vznikající pobytem ve vodním prostředí, nebo v důsledku vlivu tlaku na lidský organizmus.
- Rizika technické povahy – rizika v této skupině mají přímou souvislost s technikou využívanou při potápění a pramení z jejího nesprávného použití, zacházení nebo selhání.
- Rizika osobní povahy – vyplývají z osobnosti potápěče a jeho vycvičenosti, nezkušenosti, psychické odolnosti, případné lehkomyšlnosti nebo nedostatečné fyzické zdatnosti.

Vyčerpání, infekce různého druhu, křeče, mechanické poranění, nevolnost, stres, panika, přehřátí, podchlazení je výčet rizik obecné povahy. Potápěčům Policie České republiky některá z uvedených rizik určitě nehrozí stejně tak jako rizika osobní povahy, která by měla být v rámci profesionality zcela eliminována. Oproti tomu jsou některá rizika obecné povahy typická pro jejich profesi jako např. mechanické poranění. Velmi důležité je také dokonalé zvládnání stresu a paniky, který by ve spojitosti s tímto druhem práce mohl vyvolat stavy jako F 43 - reakce na závažný stres a poruchy přizpůsobení, které zahrnují akutní reakci na stres (F 43.0) a posttraumatickou stresovou poruchu (F 43.1). (OSPČV PČR, 2024)

Rizika v této kapitole je možné dále v obecné rovině rozčlenit na (OSPČV PČR, 2024):

- život neohrožující rizika,
- život ohrožující rizika,

- fatální rizika.

Život neohrožující nehody a rizika mají většinou povahu krizové situace bez dopadu na potápěčovo zdraví nebo jeho život. Život ohrožující rizika jsou v přímé souvislosti se závažným ohrožením zdraví a možným vyústěním život ohrožující stav. V těchto případech je možné předpokládat i trvalé následky. Pokud tyto rizika přerostou ve fatální, nastává smrtelná potápěčská nehoda. Zde dochází k vyšetřování okolností vzniku a následky jsou procesně projednány před soudem za předpokladu, že není vyšetřování zastaveno.

## 5 DÍLČÍ ZÁVĚR TEORETICKÉ ČÁSTI

V teoretické části je uveden stručný náhled do historie potápění Policie České republiky dále je zde uveden právní rámec, který vymezuje legislativní opěrný bod potápění u Policie České republiky a stanoví, proč je tato činnost potřeba včetně začlenění v rámci integrovaného záchranného systému.

Na tyto fakta navazují technické aspekty vyplývající z využívané techniky potápění Policie České republiky. Problematika se věnuje jak dýchacímu přístroji, kde je popsán otevřený okruh a jeho principy, zároveň tak i uzavřený okruh. V rámci vymezování technické problematiky potápění je zde dále základní výstroj potápěče a potápěčský suchý oblek včetně výstroje pro kontaminované prostředí.

Jelikož umožnit potápěči pod vodní hladinou dýchat je poměrně technicky obsáhlé, je zde nastíněna problematika plynů a směsí potřebných pro potápění. V závěru teoretické části jsou obecně popsána rizika v potápěčské praxi.

Na fakta uvedena v teoretické části navazuje praktická část, kde jsou definovány rizika ve spojitosti s potápěčskou výstrojí. Vyčleněním jednotlivých rizik za pomoci odborných publikací a zkušeností vznikl podklad pro jejich analýzu a ošetření. Zároveň je zde uvedena kazuistika, která podtrhuje smysluplnost navržených ošetření rizik.

## **II. PRAKTICKÁ ČÁST**

## 6 KOMPARACE VYBAVENOSTI JEDNOTLIVCE

Jak bylo uvedeno v kapitole 1.3, u Policie České republiky se věnuje potápěčské činnosti několik útvarů:

- Odbor speciálních potápěčských činností a výcviku,
- Poříční oddělení,
- Zásahové jednotky,
- Útvar rychlého nasazení.

Ačkoliv všechny tyto útvary tvoří součást Policie České republiky, v rámci organizační struktury jsou začleněny každý na jiné úrovni, z čehož vyplývá i náplň práce, která je odlišná, stejně tak jako je odlišné i vybavení. Z používaného výstroje je tak patrné, jakému druhu rizika mohou být příslušníci jednotlivých útvarů vystaveni a na co je třeba potápěče připravit a vzdělávat.

Tabulka 2: Vybavení OSPČV (zpracování vlastní)

<b>Odbor speciálních potápěčských činností a výcviku</b>	
Potápěčské kvalifikace a omezení: Hloubkový limit pro potápěče OSPČV není stanoven, specializační kurz Nitrox, specializační kurz Trimix, potápění pod ledem, potápění v uzavřených prostorách – jeskyně, potápění v kontaminovaném prostředí, potápění s CCR.	
Tlakové láhve	1 × 15 l 200 bar, 2 × 12 l 200 bar, 2 × 15 l 300 bar, S80 a S40
Kompenzátor vztlaku	Žaket, křídlo, donut, pro uzavřené prostory sidemount
Plicní automatika	Poseidon Xstream, Tecline
Celobličejová maska	Interspiro Divator, Dräger Panorama
Přilba	Kirby Morgan 97
Komunikační zařízení	OTS drátová, bezdrátová
Oblek	Suchý oblek Ursuit, Bare, kontaminované prostředí Viking, Haztech
Dekompresní počítač	Divesoft Freedom, Suunto Vyttec, Vyper
Uzavřený okruh	eCCR Liberty
Ostatní	Sonar Konsberg MS 1000, ROV Saab Seaeye Falcon, DPV Suex,

Tabulka 3: Vybavení ZJ (zpracování vlastní)

<b>Zásahová jednotka</b>		
Potápěčské kvalifikace a omezení: Hloubkový limit stanovený pro potápěče ZJ je 40 m, specializační kurz Nitrox, potápění pod ledem.		
Typ výstroje	<b>ZJ KRPH</b>	<b>ZJ KRPP</b>
Tlakové láhve	2 × 12 l 200 bar, S80 a S40	1 × 15 l 200 bar, 2 × 12 l 200 bar, S80
Kompensátor vztlaku	Křídlo DTD	Křídlo DTD
Plicní automatika	Tecline TEC V2	Tecline TEC R2,
Celoobličejová maska	Interspiro Divator	Interspiro Divator
Komunikační zařízení	Buddy phone	Buddy phone, Aqua-Com STX 101, Aqua-Com SSB 2010
Oblek	Suchý oblek Santi Elite	Suchý oblek Agama Extra+, Ursuit
Dekompresní počítač	Divesoft Freedom	Shearwater Peregrine
Ostatní	-	-
Typ výstroje	<b>ZJ KRPS</b>	<b>ZJ KRPU</b>
Tlakové láhve	2 × 8 l 300 bar, 2 × 12 l 200 bar, 1 × 15 l 200 bar, 1 × 18 l 200 bar, S80 200 bar	1 × 15 l 200 bar, 2 × 10 l 200 bar, 2 × 12 l 200 bar, S80 200 bar
Kompensátor vztlaku	Křídlo Finnsuub Fly 21 Twin	BCD Technisub, křídlo DTD
Plicní automatika	Atomic M1, Sunnto Teno	Poseidon Extream, Apeks
Celoobličejová maska	Interspiro Divator	Dräger Panorama
Komunikační zařízení	nedisponují	OTS bezdrátová
Oblek	Suchý oblek Ursuit kevlar, Ursuit pursuit X3	Polosuchý Agama, suchý oblek Ursuit Haevylight
Dekompresní počítač	Divesoft Freedom, Sunnto Vyper	Divesoft Freedom, Uwatec
Ostatní	-	-
Typ výstroje	<b>ZJ KRPC</b>	
Tlakové láhve	1 × 18 l 200 bar, 2 × 12 l 200 bar,	
Kompensátor vztlaku	Křídlo DTD, Tecline	
Plicní automatika	Apeks TEC3, Apeks ATX	
Celoobličejová maska	Ocean Reef	
Komunikační zařízení	nedisponují	
Oblek	Suchý oblek Kallweit, kontaminované prostředí Ursuit	
Dekompresní počítač	Divesoft Freedom, Suunto EON steel	
Ostatní	-	

Tabulka 4: Vybavení PO (zpracování vlastní)

<b>Poříční oddělení</b>		
Potápěčské kvalifikace a omezení: Hloubkový limit stanovený pro potápěče PO je 40 m, specializační kurz Nitrox, potápění pod ledem.		
Typ výstroje	<b>PO Slapy</b>	<b>PO Praha</b>
Tlakové láhve	2 × 12 l 200 bar, 1 × 18 l 200 bar, 1 × 10 l 200 bar	1 × 10 l 200 bar, 1 × 15 l 200 bar, 1 × 18 l 200 bar, S80 200 bar
Kompensátor vztlaku	Křídlo Technisub Hexagon, Finnsb Fly 21 twin	Křídlo Tecline, Lola
Plicní automatika	Atomic M1, Sunnto Teno	Atomic Aquatics T3, Tecline R2, Hollis 150lx
Celoobličejová maska	Interspiro Divator, Drager Panorama	Interspiro Divator
Komunikační zařízení	OTS drátová	Buddy phone,
Oblek	Suchý oblek Ursuit Cordura, Ursuit Pursuit X3	Suchý oblek Ursuit RedQ, Haevy light
Dekompresní počítač	Divesoft Freedom, Sunnto Vyper	Suunto EON steel
Ostatní	Sonar Lowrance, ROV Chasing M2	Sonar Lowrance, ROV Chasing M2
Typ výstroje	<b>PO Nymburk</b>	
Tlakové láhve	2 × 12 l 200 bar, 1 × 15 l 200 bar, 1 × 10 l 200 bar, S80 200 bar	
Kompensátor vztlaku	Křídlo Finnsb Fly 21 twin	
Plicní automatika	Atomic M1, Poseidon Xstream, Sunnto Teno	
Celoobličejová maska	Interspiro Divator	
Komunikační zařízení	OTS bezdrátová	
Oblek	Suchý oblek Ursuit kevlar, Ursuit Pursuit X3 Ursuit	
Dekompresní počítač	Divesoft Freedom	
Ostatní	Sonar Lowrance, ROV Chasing HDS	

Tabulka 5: Vybavení ÚRN (zpracování vlastní)

<b>Útvar rychlého nasazení</b>	
Potápěčské kvalifikace a omezení: Hlubkový limit stanovený pro potápěče ÚRN je 40m,	
Tlakové láhve	1 × 15 l 200 bar, 2 × 12 l 200 bar, S 80
Kompenzátor vztlaku	Žaket, křídlo,
Plicní automatika	Poseidon xstream, Tecline
Komunikační zařízení	OTS bezdrátová
Oblek	Suchý oblek Ursuit, Bare, Agama
Dekompresní počítač	Divesoft Freedom,
Uzavřený okruh	Aqualung C.O.D.E.
Ostatní	DPV Suex,

Z uvedených údajů v tabulkách č. 2 – č. 5 je zřejmá rozdílnost vybavenosti, která je podmíněna náplní práce jednotlivých útvarů. Další faktor je finanční nákladnost vybavení a výcviku spojená s potápěním pod 40 m. Hlavním důvodem rozdílnosti ve výstroji je nejednotnost pořízování. Policie České republiky je rozdělena do několika samostatných účetních celků a v rámci toho jsou tak rozděleny i jednotlivé útvary. Na základě uvedeného členění vyplývá, že útvary řeší pořízování výstroje prostřednictvím krajských ředitelství samostatně. Nejednotnost tohoto systému i přes doporučení k pořízení daného typu výstroje vede k rozdílnosti. Ačkoliv je tak při výcviku a akcích možné narazit na rozdílné značky a typy vybavení, je důležitá odpovídající konfigurace pro daný typ ponoru.

Druhá stránka věci je, že co vyhovuje z uživatelského pohledu jednomu, nemusí vyhovovat druhému. Z pohledu uniformity a výcviku, servisu a pořízování je určitě výhodnější jednotná výstroj. Uživatelský pohled na danou problematiku ale nejspíš této variantě příliš nakloněn nebude. Z uvedené výstroje využívané potápěči Policie České republiky lze usoudit, že vybavenost je na poměrně slušné úrovni. Ovšem k výše uvedenému problematickému pořízování nové výstroje se najdou místa ke zlepšení. Vzhledem k vývoji a opotřebování jednotlivých součástí je ale důležité neustále obnovovat výstroj, kde je třeba sledovat novinky a držet tak krok s dobou.

Pro efektivnější srovnání by zde bylo na místě provést komparaci výstroje se zahraničními policejními sbory. Pro nedostatek poskytnutých informací zde lze uvést jen zajímavost z Finska. V této zemi policie potápěči nedisponuje, činnost v této oblasti zabezpečuje Finská pobřežní stráž, od které se bohužel bližší informace zjistit nepodařilo. Vyjádření k dané



problematicke od dalších složek v rámci Evropy i přes dřívější spolupráci a urgenci se nepovedlo získat.

Jedinými, kdo adekvátně reagoval a poskytl informace, jsou příslušníci Policie Slovenské republiky.

### **Slovenská republika**

Výkon potápěčské činnosti vykonávají tyto útvary:

- Poriečne oddelenie Prezídia PZ odboru poriadkovej polície,
- Útvar osobitného určenia Prezídia PZ,
- Policajný pohotovostný útvar Krajského riaditeľstva Žilina,
- Policajný pohotovostný útvar Krajského riaditeľstva Košice.

Vzdělávání potápěčů probíhá ve spolupráci s civilními instruktory PADI na základě výběrového řízení.

Vybavení (OSPČV PČR, 2024):

- 1 × 15 l 200 bar – double valve, 2 regulators, kompenzátor vztlaku BCD ZEAGLE Ranger,
- 2 × 12 l 200 bar – double valve, 2 regulators,
- 2 × 12 l (hliník) 200 bar – sidemount FINNSUB – double valve, 2 regulators,
- 2 × 12 l (hliník) 200 bar - stage– double valve, 2 regulators,
- 2 × 8 l 300 bar – double valve, 2 regulators,
- plicní automatiky: Apeks, Poseidon,
- celobličejové masky: OTS s komunikačním zařízením OTS Buddy phone 25 W,
- suché obleky: Viking, BARE,
- dekompresní počítač: Sunnto EON,
- ostatní zařízení: sonar UWIS, DPV Suex, AQUALUNG Rapid Diver PRO.

Ačkoliv nás pojí stejná minulost, již přes 30 let se policejní sbory vyvíjí odlišně. Proto je zde uvedena technická vybavenost potápěčů Policie Slovenské republiky spíše jen pro zajímavost než jako součást komparace.

## 7 RIZIKA POTÁPĚNÍ POLICIE ČESKÉ REPUBLIKY

Všechny uvedené rizika vyplývající z užívání technického vybavení nemusí nutně vést k potápěčské nehodě, ale mohou být iniciací pro krizovou situaci. Tato krizová situace může následně vygradovat a stát se potápěčskou nehodou.

### 7.1 Otevřený okruh

Problematika otevřeného okruhu přináší rizika v oblastech konstrukce ale i užívání.

#### Tlakové láhve

Problémy a rizika spojená s tlakovou lahví vyplývají převážně z její konstrukce.

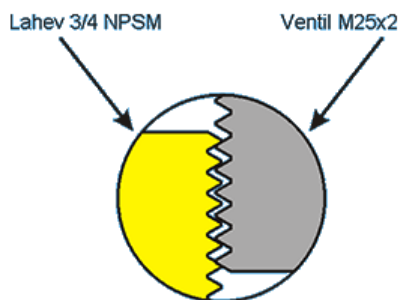
Závit – v případě hrdla láhve se používají různé závity k našroubování ventilu. Jedná se většinou o evropský standard M 25 × 2 nebo v Severní Americe používaný G 3/4 NPSM. Na starších výrobcích lze narazit na dnes již nepoužívaný, ale stále existující závit 3/4 BSP. Kombinace těchto závitů jsou nepřijatelné a život ohrožující. (Procháska, 2009)

V případě kombinaci závitů M 25 × 2 a 3/4 NPSM (viz obrázek 3) je odlišnost ve stoupání závitu, které se liší o necelé dvě desetiny milimetru a také v průměru, kdy M 25 × 2 je o víc než jeden milimetr menší než 3/4 NPSM. (Leinveber, Vávra, 2021)

Rozměr závitů (Leinveber, Vávra, 2021):

M 25 × 2  $d = 25,000$  mm,

G 3/4  $d = 26,441$  mm.



Obrázek 3: Závit 3/4 NPSM vs. M 25 × 2 (Procháska, 2009)

V případě kombinace závitu 3/4 BSP a 3/4 NPSM je odlišnost ve středním průměru, který se liší o půl milimetru a také v různých vrcholových úhlech závitu. Totožné je stoupání 14 závitů na palec. Výrobní tolerance a rozdílné profily závitů umožňují za určitých okolností tyto dvě varianty spojit dohromady. (Procháska, 2009)

Vnitřní koroze láhve může mít za následek zamezení průchodnosti ventilu a tím přerušit dodávku plynu potápěči. Pokud by vnitřní koroze byla ignorována, mohlo by z dlouhodobého hlediska dojít k tak zásadnímu úbytku materiálu, že by mohlo při plnění dojít k porušení celistvosti pláště.

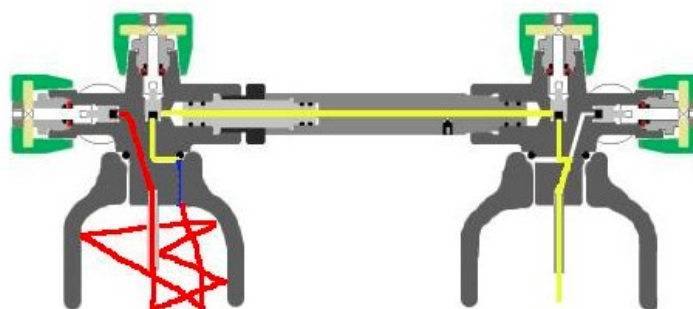
Voda – v případě vniknutí vody do tlakové láhve vzniká riziko vnitřní koroze a při náklonu tlakové láhve ventilem pod úroveň dna je možné zaplavení ventilu a tím jeho ucpání a přerušování dodávky plynu potápěči.

Plnicí tlak – při překročení plnicího přetlaku vzniká nadměrné namáhání, obzvláště jedná-li se o tlakové láhve hliníkové. Překročení plnicího tlaku může vést ke konci životnosti tlakové láhve, ale také k porušení celistvosti pláště.

Ventil láhve – jedná se o součást složenou z několika dílů, kterým je potřeba věnovat pozornost. Jak bylo popsáno u závitů tlakové láhve, v případě ignorování normy hrozí při plnění tlakové láhve k explozi ventilu z láhve.

Otočný mechanismus sloužící k otevření a uzavření je osazen ovladačem – točátkem, u kterého může dojít k destrukci vlivem neustálého namáhání a vystavování povětrnostním vlivům. U tohoto mechanismu také hrozí riziko povolání šroubu upevňující ovladač k ventilu. Ztráta tohoto ovladače může vést ke krizové situaci v případě, kdy je potřeba uzavřít přívod plynu do plicní automatiky.

U ventilů zn. LOLA s propojením viz obrázek 4, které jsou u potápěčů Policie České republiky také používány, může z konstrukčního hlediska a chybě ve výrobě dojít k rizikové situaci při míchání směsí plynů.



Obrázek 4: Defekt při plnění (Kasiński, 2007)

Po otevření ventilu, viz obrázek č. 4, prochází plyn do láhve (značeno červeně) odkud již neprochází ideálně do druhé láhve přes propojku. Důvodem jsou špatně průchozí kanály určené k vedení plynu. Závada tohoto typu má za následek, že po vyrovnání tlaků v obou

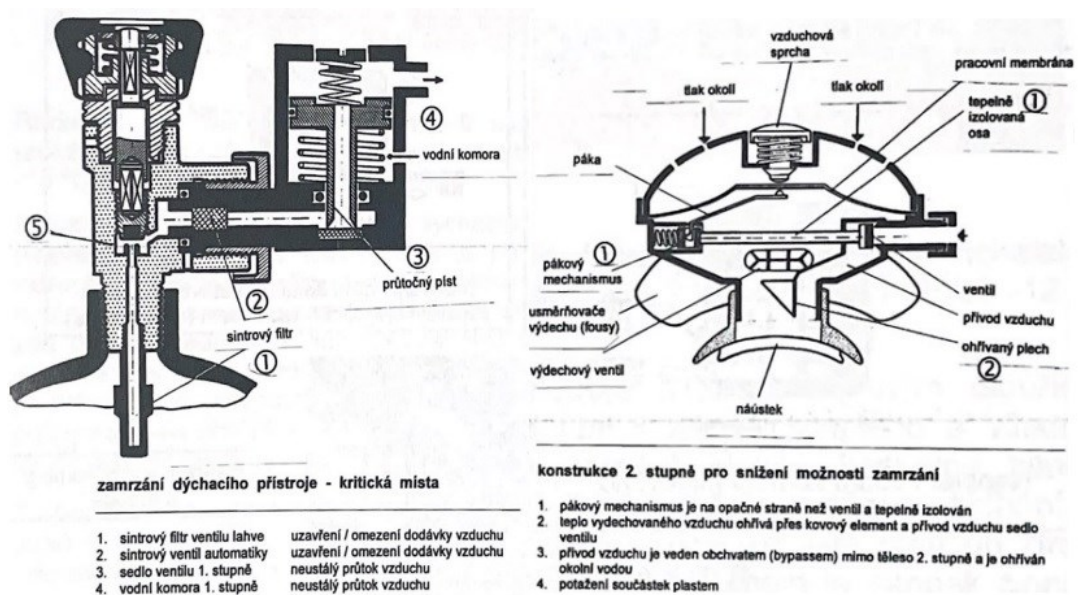
tlakových lahvích je v každé z nich rozdílné množství hélia a kyslíku. Pokud bude provedena kontrolní analýza plynu v tlakové láhvi pouze na jedné straně, hrozí zjištění chybné výsledné hodnoty směsi pro plánování ponoru. (Kasiński, 2007)

Uzavírací ventil – jelikož je našroubován v hrdle tlakové láhve, je hlavním rizikem záměna ventilů a neshodnost typu závitů. Další hlavní rizikový faktor je poškození uzavíracího mechanismu a destrukce ovládacího prvku – točítka (Cylinder Valve Hand Wheel) pod vodní hladinou.

### Plicní automatika

Laryngospasmus – jedná se o křeč hrtanu. Pokud dojde k tomuto stavu, hrtanová záklopka znemožní nádech a výdech. Příčina je vdechnutí vody, vodního spreje nebo cizího tělesa.

Free flow – zamrznutí plicní automatiky viz obrázek 5 – zpravidla k tomuto dochází v otevřeném stavu, kdy v tomto okamžiku dochází k volnému/nekontrolovatelnému protékání velkého množství plynu. Jedna z možných příčin vzniku je potápění v zimním období a vysoká vlhkost vzduchu v tlakové láhvi. (Hovorka, 2011)



Obrázek 5: Zamrznutí dýchacího přístroje - kritická místa (Hovorka, 2011)

První stupeň plicní automatiky, pokud není pod tlakem, jsou kuželka nebo píst řídicí pružinou odtlačovány a činní tak první stupeň průchodný přes středotlakou komoru, středotlakou hadici až k druhému stupni. Zde hrozí při neopatrném zacházení nebo čištění vniknutí nečistot případně vody, což může mít zásadní vliv na chod a hrozí riziko zamrznutí nebo zaseknutí s následkem nekontrolovaného proudění plynu.

Ignorování servisního intervalu vede ke zvýšení rizika z pohledu neznalosti technického stavu jednotlivých součástí. První a druhý stupeň je dohromady tvořen přibližně 70 součástkami, u kterých dochází k opotřebení a únavě materiálu vlivem tlaku a prostředí. Neodborným zásahem do plicní automatiky vzniká riziko použití nesprávné součástky na opravu, nebo chybné nastavení hodnoty středotlaku, případně nádechového odporu. Toto může vést k nesprávné funkci, případně eskalovat až k nefunkčnosti.

## 7.2 Uzavřený okruh

Zde uvedená rizika jsou charakteristická pouze pro uzavřený okruh eCCR.

Elektronika – přístroje eCCR jsou vybaveny elektronikou, která se skládá z čtecího zařízení, které je nejčastěji umístěno na předloktí a připojeno kabelem k hlavě zařízení, kde je umístěna řídicí jednotka, baterie, solenoid, kyslíkové čidlo. Rizika související s elektronikou:

- zaplavení primární/sekundární elektroniky nebo obojí,
- přerušení kabelového vedení k čtecímu zařízení, zaplavení čtecího zařízení, nečitelnost displeje,
- zaplavení akumulátorů, vyčerpání kapacity,
- zaplavení senzorů O<sub>2</sub>,
- selhání jednoho nebo více senzorů O<sub>2</sub>, přerušení kabelu od čidla k řídicí jednotce – koroze,
- porucha solenoidu – blokáce v otevřeném / uzavřeném stavu.

Pohlcovač CO<sub>2</sub> – pokud dojde k nedokonalému naplnění nádoby scrubberu sorbentem, hrozí tvorba kanálků mezi granulemi, kudy bude proudit směs bez chemické reakce tedy bez pohlcení CO<sub>2</sub>. Scrubber po naplnění sorbentem má stanovenou životnost použití vzhledem k profilu provedených ponorů. Při chybném sledování tohoto času životnosti dojde k vyčerpání kapacity náplně pohlcovače CO<sub>2</sub> a nedojde k pohlcování CO<sub>2</sub>, z čehož hrozí otrava oxidem uhličitým. (Sellers, 2015)

Mezi další významné riziko zde můžeme zařadit zaplavení scrubberu. K průniku vody může dojít netěsností systému vlivem jeho chybného sestavení, nebo destrukcí některé součásti, případně vyjmutím ústenky z úst potápěče pod vodní hladinou bez jejího uzavření. Obsah scrubberu ve spojitosti s vodou vytvoří tekutou žíravinu (caustic cocktail), jejíž inhalace vede

k poleptání plic a následně k úmrtí. Pokud nedojde k vdechnutí je velmi rizikové i jen poleptání dutiny ústní a hrtanu. (Jahns, 2012)

Dýchací okruh – riziko infekcí bakteriálních nebo plísňových, vdechnutí drobných mechanických předmětů.

### 7.3 Dýchací směsi

Dýchání pod vodní hladinou je velmi specifické a přináší spoustu rizik vyplývajících ať už z povahy samotného dýchání, nebo ze složení dýchaných směsí či jejího nevhodného složení.

Vlhkost plynu – pokud nebude vlhkost plněného vzduchu optimální, do tlakových láhví se tak dostane vlhkost, která podporuje korozi vnitřku tlakové láhve a také zvyšuje riziko možného zamrznutí regulátoru a tím může způsobit nekontrolované proudění plynu.

Narkotický efekt dusíku – hloubkové opojení – potápění se dusík účastní jako inertní plyn, což znamená, že se aktivně nepodílí na dýchání. Ovšem jeho zvýšený parciální tlak (přibližně 320 kPa a více) má narkotický až hypnotický účinek na centrální nervový systém, konkrétně na signály přenášené v mozku neurotransmitery. Účinky se projevují podobně jako působení alkoholu a zrovna tak je i odolnost na tento stav individuální. Riziko dřívějšího projevení se zvyšuje s rychlejším sestupem do hloubky. (Novomeský, 2013)

Otrava oxidem uhličitým – hyperkapnie – v potápěčské praxi lze rozdělit na akutní a chronickou.

Příčiny otravy:

- nedostatečná ventilace přileb, celoobličejových masek, nadměrné mrtvé prostory ve výstroji,
- nesprávný způsob dýchání,
- přílišná fyzická zátěž,
- znečištění směsi,
- špatná funkce scruberru (CCR).

Zvýšená koncentrace oxidu uhličitého způsobuje zvýšenou kyselost krve i vnitřního prostředí, urychluje nástup dusíkové narkózy, uvolňuje tonus hladkého svalstva cév

podílejících se na regulaci mozkové cirkulace, snižuje kritickou hodnotu parciálního tlaku kyslíku pro manifestaci intoxikace kyslíkem. (Bennett a Elliott, 2003)

Kyslík – první rizikový faktor v souvislosti s kyslíkem v potápěčské praxi vzniká při plnění do tlakové láhve. Z povahy jeho vlastnosti je zde riziko zahoření v případě výskytu mastnoty a nečistot v plnicí soustavě. Při vpouštění kyslíku do malého prostoru v přepouštěcím systému lze dosáhnout extrémního zahřátí vlivem adiabatického ohřevu a na základě toho může dojít k explozivnímu zahoření. (Lukš, 2017)

Nedostatek kyslíku – hypoxie – stav nedostatku kyslíku v tkáních. Pokud hodnota parciálního tlaku kyslíku klesne pod spodní hranici 16 kPa, začínají se projevovat potíže. Projev zrychleného pulsu, zvýšeného krevního tlaku, zrychleného dýchání, svědění pokožky, tunelového vidění, neschopnosti logické úvahy, poruchy motoriky, promodrávání kůže se dostaví, pokud se hodnota parciálního tlaku kyslíku bude pohybovat mezi 16 až 12 kPa. Klesne-li hodnota mezi 12 až 10 kPa, dostaví se ospalost, příjemný útlum, neschopnost rozpoznání svého stavu, přechod do pomalé ztráty vědomí. Bezvědomí nastává v moment, kdy hodnota klesne pod 10 kPa. (Bennett a Elliott, 2003)

Otrava kyslíkem – hyperoxie – stav, který nemůže za žádných okolností nastat při dýchání atmosférického vzduchu v normobarických podmínkách. (Novomeský, 2013) Iniciátorem je vysoká hodnota parciálního tlaku kyslíku ( $ppO_2$ ). Jako efekt Lorraina Smitha je označen následek dlouhodobého dýchání kyslíku při zvýšeném parciálním tlaku v rozmezí cca od 60 do 160 kPa. Projevuje se pocitem sucha v krku, bolestí za hrudní kostí, dráždivým kašlem a zkrácením dechu. Při hodnotách parciálního tlaku kyslíku nad cca 160 kPa se jedná o efekt Paula Berta, který se projevuje nevolností, závratí, tunelovým viděním, pocitem nedostatku vzduchu, záškuby mimického svalstva, prstů. (Bennett a Elliott, 2003)

Hyperoxie / hypoxie příčina:

- nedostatečné propláchnutí vaku u kyslíkového rebreatheru před ponorem,
- špatná volba směsi,
- neprůchodná tryska dávkování  $O_2$ , špatné dávkování  $O_2$  nebo porucha solenoidu,
- použití CCR v nevhodné hloubce s ohledem na  $ppO_2$ ,
- nedostačující dávkování u CCR,
- vzhledem k hloubce ponoru nevhodně zvolená směs plynů, překročení MOD.

Dekompresní nemoc – dekompresní nemoc společně s dysbarickou nekrózou jsou stále se vyvíjející kapitolou v oblasti potápěčských nehod a nemocí. Dekompresní modely tvořící základ pro dekompresní tabulky a pro software potápěčských počítačů se zaměřují na správné provádění desaturace. Překročení těchto nastavených limitů v praxi vede k masivní tvorbě bublin, což je základem dekompresní nemoci. Tyto bubliny jsou důsledkem přesycení tkání plynem z dýchané směsi a reakcí na rychlé snížení okolního tlaku. (Hájek, 2017) Jedná se akutní druh, který se projevuje dvěma typy: Typ I – kožní forma (svědění, mravenčení, pálení, skvrny - mramorování), lymfatická forma (tvorba bublin v mízních cévách, otok), muskuloskeletální (bolest kloubů a svalů, hrozí trvalé omezení hybnosti), silná únava. Typ II – plicní forma (přerušování průtoku krve plicemi), nervová forma (riziko trvalého poškození nervových tkání), srdeční projevy, postižení vnitřního ucha (zasažení rovnovážného a sluchového ústrojí), žaludečně střevní forma (bolest případně křeče v oblasti břicha). (Novomeský, 2013)

Dysbarická osteonekróza je chronická forma dekompresní nemoci. Může vzniknout jako důsledek akutní formy, postihuje zpravidla velké klouby a kosti (poškození kloubní hlavičky, poškození těla kosti) – projevy jsou bolest a patologické fraktury. Podporující faktor je profesionalita – velké množství ponorů, saturační potápění. (Novomeský, 2013)

Faktory ovlivňující vznik bublin: obezita, fyzická námaha při a po pobytu v přetlaku, prochlazení, dehydratace, věk, pohlaví, oxid uhličitý, opakované ponory, závažné porušení dekompresního postupu, anatomické dispozice jedince.

Otrava oxidem uhelnatým – nejedná se o standardní součást vzduchu nebo jiné používané směsi. Do tlakových lahví může proniknout pouze z externích zdrojů:

- kompresor plnicí tlakové láhve má spalovací pohonnou jednotku, její výfukové potrubí je příliš blízko sání kompresoru,
- kompresor ačkoliv s elektrickou pohonnou jednotkou je nevhodně umístěn v blízkosti garáží,
- kompresor užívající k mazání válců olej s nízkým bodem zápalnosti.

Oxid uhelnatý se váže na hemoglobin 220krát intenzivněji než kyslík. Působí na nitrobuněčné úrovni, váže se na dýchací enzymy. Tyto zablokuje a zabrání přenosu kyslíku do mitochondrií a nitrobuněčných struktur. Nedojde k uvolnění energie oxidací živin, což je potřebné pro základní životní pochody.



Helium – riziko související s héliem vzniká při rychlém sestupu do hloubek kolem 150m. Zde se může projevit syndrom HPNS – heliový třes (High Pressure Nervous Syndrom). (Jahns, 2008b)

## 7.4 Oblek

Jeden ze zásadních potápěče ohrožujících faktorů řešící se oblekem je termoregulace.

Pokud dojde k poškození případně netěsnosti některé ze součástí suchého obleku, nebo bude špatně zvolena termoprotekce, lze předpokládat, že v chladné vodě nastane rozvrat termoregulačních procesů, což vede ke vzniku podchlazení – hypotermii. V opačném případě, bude-li termoprotekce zvolena nevhodně a ve spojitosti s klimatickými podmínkami činnost potápěče povede ke zvýšení teploty tělesného jádra, může nastat hypertermie – přehřátí.

Napouštěcí ventil – určeno pro kompenzaci objemu vzduchu v obleku. Rizika s tímto spojená:

- Stálá kompenzace – nekontrolovatelný průtok plynu do obleku zapříčiněno např. nečistotami ve spouštěcím mechanismu nebo v přívodní středtlaké hadici.
- Nefunkční kompenzace – nedostatečné množství plynu v tlakové láhvi určené pro kompenzaci do suchého obleku.
- Netěsnost – vede k zaplavení vnitřního prostoru suchého obleku, zpravidla zapříčiněno špatnou instalací na suchý oblek.

Vypouštěcí přetlakový ventil – určen ke snižování množství plynu v obleku. Netěsnost tohoto ventilu způsobuje zaplavení vnitřního prostoru suchého obleku. Příčinou může být chybná instalace ventilu, nebo nečistoty v oblasti membrány zabraňující správnou těsnost. Nefunkčnost a nemožnost snížit množství plynu v obleku může vést k nekontrolovanému výstupu k hladině.

Barotrauma z podtlaku – nastává při sestupu do větší hloubky bez dostatečné kompenzace objemu vzduchu uvnitř suchého obleku. Způsobuje krevní výrony – hematomy. Po několika dnech vymizí.

P-valve – ačkoliv nevyvážený ventil umožňuje poměrně jednoduché vykonání malé potřeby pod vodní hladinou, nese sebou určitá rizika. Pokud ventil nemá potápěč v plánu použít, nenasadí si kondom a současně nedopatřením dojde k otevření ventilu, hrozí zaplavení

obleku. Při používání v kontaminovaných vodách a při nesprávné údržbě hrozí riziko infekce močových cest. (Bird et al., 2017/01/01)

Syndrom karotického sinu – těsnící krční manžeta u suchého obleku zabraňující průniku vody, kde přiléhá na krk, nesmí způsobovat uživateli pocit nepřiměřeného tísnění až na hranici snesitelnosti. Pokud by k tomuto docházelo, nastává mechanický tlak na arteriální baroreceptory na obou stranách krku. Tento zvýšený tlak krční manžety na oblast sinus caroticus vede prostřednictvím reflexních drah ke zpomalení činnosti srdce a současně k poklesu krevního tlaku. Tento stav může vést ke ztrátě vědomí. (Novomeský, 2013)

## 7.5 Kompenzátor vztlaku

Rizika vyplývající z používání souvisejí s nevhodnou velikostí objemu kompenzátoru vztlaku. Pokud bude objem nedostatečný, může vést k nekontrolovanému pádu do hloubky, nebo při potřebě nouzového výstupu dvou potápěčů na jeden kompenzátor vztlaku nebude možné výstup uskutečnit.

Nefunkčnost inflátoru jako další možné riziko může nastat vlivem klimatických podmínek (mráz), nečistot, případně nevhodnou údržbou. Tyto nečistoty mohou při použití zapříčinit nekontrolovaný průtok plynu do kompenzátoru vztlaku, což vede k nekontrolovanému výstupu k hladině.

Vypouštěcí přetlakový ventil by v případě nefunkčnosti mohl zapříčinit nekontrolovaný výstup k hladině, pokud by přes něj nebylo možné v případě potřeby snížit množství plynu v kompenzátoru vztlaku na požadovaný objem.

## 7.6 Maska, celoobličejová maska, přilba

Maska – vrstva vzduchu mezi zorníkem a okem potápěče umožňující ostré vidění je zároveň potencionální problém v případě, že bude ze strany potápěče ignorován fakt zvyšujícího se podtlaku s narůstající hloubkou. Za těchto okolností, pokud nedojde k vyrovnání tlaku v masce s okolním tlakem, vzniká riziko vzniku barotraumatů oka z podtlaku. Pokud dojde u masky k porušení celistvosti, může dojít ke zvýšenému riziku poranění očí, pokud by došlo k destrukci zorníku.

Celoobličejová maska – větší komfort při potápění, který maska poskytuje, ovšem přináší i svá rizika. Při vniknutí vody do polomasky bez možnosti jejího vypuzení je znemožněn nádech. Využívá-li potápěč pro vyrovnání tlaku ve středouší nosní ucpávku a dojde-li během

ponoru k její nefunkčnosti, je vyrovnání tlaku velice obtížné, pokud má potápěč hůře průchozí Eustachovu trubici. Hrozí zde riziko barotraumatů středoušní dutiny.

Absence, případně ztráta funkčnosti polomasky povede ke zvětšení mrtvého prostoru a k hromadění se oxidu uhličitého, což může vést k problémům spojeným s jeho dýcháním stejně jako u rekreačních celoobličejových masek. (Grundemann et al., 2023)

## 7.7 Ploutve, skútr

Ploutve - Rizika spojená s ploutvemi lze považovat za méně závažná, při chybném vyhodnocení situace ovšem mohou vygradovat v potápěčskou nehodu.

Špatná velikost ploutve může zapříčinit nepohodlí při plavání eskalující až ke křečím v lýtkových svalech.

Ztráta ploutve pod vodní hladinou vlivem přetržení upínacího pásku je nejzávažnější typ rizika u tohoto vybavení. Pokud s tímto neumí potápěč pracovat, může situace zapříčinit vznik paniky.

Skútr – hlavní rizikový faktor je nefunkčnost zařízení důvodem:

- zaplavení baterie, elektroniky a motoru – netěsnost systému, nečistoty nebo cizí tělesa v utěšňovaných spojích, chybná kompletace ze strany uživatele,
- vyčerpání kapacity zdroje,
- blokáce aretace regulace výkonu bez možnosti vypnutí vlivem nečistot, nebo deformace mechanismu vede k nekontrolovanému přemístění potápěče do míst a hloubek v rozporu s plánem ponoru.

## 7.8 Dekompresní počítač

Potápěčský dekompresní počítač je elektronický přístroj, bez kterého si potápění v dnešní době lze představit jen s těžší. Toto ovšem může být jedno ze zásadních rizik. Slepá důvěra v toto zařízení v případě nefunkčnosti počítače během ponoru může vést k fatálním následkům. Možná rizika a problémy:

- ztráta vodotěsnosti,
- zdroj – vyčerpání kapacity, porucha, zaplavení,
- čitelnost displeje – zhoršené světelné podmínky, porucha displeje,

- neporozumění uživatele sledovaných údajů, špatné vyhodnocení údajů, nesledování údajů,
- špatné nastavení – chybné údaje pro plán ponoru a dekompresní čas.

V této kapitole jsou vymezena rizika a rizikové faktory v přímé souvislosti s teoretickou částí, kde jsou popsány technické prvky využívané potápěči Policie České republiky.

## 8 PŘÍPADOVÉ STUDIE POTÁPĚČSKÝCH NEHOD

K vypracování této části bylo vybráno sedm znaleckých posudků v rozmezí let 2007-2022 z řad rekreačních potápěčů, které splňovaly cíle práce a to: potápěčská nehoda s následkem smrti, potápění s přístrojem, nehoda související s technickými faktory, lokalita Česká republika. Technická závada na výstroji v tomto případě byla hlavním kritériem pro výběr. Fatální nehody z prostředí potápěčů Policie České republiky nebylo možné využít, neboť z posledních let je známa jedna nehoda s fatálním koncem, která nebyla technické povahy. Všechny uvedené případy jsou anonymizovány. Informace k nehodě č. 1 a č. 2 byly získány ze znaleckých posudků vypracovaných soudním znalcem Ing. Oldřichem Lukšem pro potřebu vypracování diplomové práce Kleinové Karolíny a Miloslavem Hatakem.

### 8.1 Nehoda č.1

V roce 2004 došlo ke smrtelné nehodě potápěče ve vodní nádrži Barbora v obci Oldřichov.

Popis: Potápěč 1 poškozený, potápěč 2 buddy. Na místě před ponorem provedena kontrola a domluven postup. Po zahájení ponoru dosažena hloubka kopírováním dna 49 m. Následně zahájen výstup do menší hloubky 32 m pokračující sestupem do 45 m. Zde rozdělení potápěčů. Potápěč 2 vystoupal na hladinu, potápěč 1 v hloubce zůstává a dochází k úmrtí.

Příčina nehody: výstroj postiženého vykazovala několik závad, jež mohly vést k dýchacím potížím, v tlakových lahvích vysoký obsah vlhkosti vzduchu (možná příčina zamrznutí PA), na místě zjištěna uzavřená pravá tlaková lahev, čímž je vyražena jedna PA a možnost plnit kompenzátor vztlaku. Uvedené závady svojí kumulací při vzniku dýchacích obtíží postiženého vedly k fatálnímu závěru ponoru.

V případě tohoto ponoru byla porušena základní bezpečnostní pravidla a postupy, nedostatečného provedení kontroly dýchací techniky a výstroje, nedostatečné provedení kontroly funkčnosti veškerého vybavení bezprostředně před ponorem. Byla překročena maximální povolená hloubka pro danou potápěčskou kvalifikaci. Nedodržením bezpečnostních zásad za případného přispění vysoké vlhkosti vzduchu v dýchacím přístroji a nespolehlivou funkcí zbývající plicní automatiky vedl k fatálnímu závěru celého ponoru. (Kleinová, 2017)

Vyhodnocení technických faktorů: Z popisu celé situace vyplývá, že spouštěč krizové situace byla nejspíš vysoká vlhkost vzduchu vedoucí k zamrznutí plicní automatiky a špatná funkce

zbylého vybavení, následováno a zároveň i předcházeno řadou porušení bezpečnostních zásad.

## 8.2 Nehoda č.2

V roce 2007 smrtelná nehoda dvou potápěčů v zatopeném lomu Šífr ve Svobodných Heřmanicích.

Popis: Potápěč 1 a potápěč 2 zahájili ponor do 4m, následně pokračovali do 18m a odtud do 22 m. Následoval výstup do 18 m a dále do 16 m, mírný pokles do 17 m a vzápětí výstup do 14 m pokračující výstupem až na hladinu.

Do 18 m ponor bez zřetelných problémů. Poté nastala krizová situace, jejíž příčinou bylo přetížení potápěče 2, což vedlo k pokusu o výstup na hladinu a následné rozdělení potápěčů. Potápěč 1 nalezen na hladině a potápěč 2 nalezen na dně.

Prvotní příčinou vzniku mimořádné situace s fatálním koncem bylo extrémní přetížení potápěče 2, které vedlo k prohlubování stresu obou potápěčů s pravděpodobným přechodem do stavu paniky. Zvýšená spotřeba plynu z důvodu paniky nejspíš zapříčinila zablokování plicní automatiky v otevřeném stavu, což vedlo ke ztrátě plynu u potápěče 2. (Kleinová, 2017)

Vyhodnocení technických faktorů: Z výsledku šetření je patrné, že ke vzniku mimořádné situace vedlo extrémní přetížení, které doplnila neznalost a nezkušenost.

## 8.3 Nehoda č.3

V roce 2008 v zimních měsících došlo ke smrtelné nehodě potápěče v zatopeném lomu Leštinka, který prováděl ponor sám bez zajištění dalším potápěčem pod vodou. Hladina lomu byla v době ponoru částečně pokryta ledem. Po zahájení ponoru byl proveden sestup do 25 m následován rychlým výstupem do 10 m a opět sestup do hloubky 25 m. Zde následně potápěč nalezen.

Na výstroji byl uzavřený ventil tlakové láhve hlavní automatiky i uzavřený přídavný ventil k ústence záložní dýchací automatiky. V tomto stavu nebylo možné z PA dýchat ani nafouknout kompenzátor vztlaku. Pro nafouknutí křídla pod vodou bylo nutné nejprve otevřít uzavírací ventil na tlakové láhvi hlavní automatiky. Pouze by bylo možné nafouknout suchý potápěčský oblek pro vytvoření vztlaku, ale to až po utažení vypouštěcího ventilu z obleku, nebo ve vodorovné poloze potápěče.

Dýchací automatiky byly připojeny nesprávným směřováním hadic a dodatečně doplněny nestandardním uzávěrem přívodu vzduchu do ústenky záložní dýchací automatiky, uzávěr byl v uzavřeném stavu. Nestandardní směřování hadic mohlo umožnit nesprávné vložení ústenky do úst výdechovým ventilem vzhůru a tím umožnit hromadění vody v ústence a následné zamrznání mechanismu přívodu vzduchu do ústenky. Ejektor ústenky hlavní dýchací automatiky nastavený na maximální výkon může v případě manipulace mimo ústa potápěče způsobit samovolný prudký únik vzduchu s ochlazením až na cca  $-17\text{ }^{\circ}\text{C}$  a okamžité zamrznutí vody v mechanismu ústenky. Toto způsobí další nekontrolovatelný masivní únik vzduchu z ústenky. Za těchto okolností je nutné teprve po zahájení dýchání ze záložní dýchací automatiky a úpravě vztlaku bezodkladné uzavření přívodu vzduchu z tlakové lahve hlavní dýchací automatiky. Případně je možné za stálého dýchání ze zamrznuté dýchací automatiky s trvalým únikem vzduchu nouzově vystoupit na hladinu.

Po výdechu je možné udržet vědomí pouze několik desítek sekund. O zamrznutí dýchací techniky a volném úniku vzduchu nasvědčuje i fakt, že spotřeba zásoby vzduchu byla přibližně pětinasobná oproti spotřebě při normálním průběhu srovnatelného ponoru. (Haták, 2008)

Vyhodnocení technických faktorů: Spouštěčem krizové situace zde bylo zamrznutí plicní automatiky, doprovázeno špatným vyhodnocením situace a zvolením nevhodných nouzových postupů vedlo k potápěčské nehodě s fatálním koncem.

#### **8.4 Nehoda č.4**

V roce 2015 došlo ke smrtelné potápěčské nehodě potápěče u hráze na lokalitě Orlík, kde měl v plánu vyzdvihnout kotvu z hloubky cca 15 metrů.

Ponor za účelem vyzdvižení kotvy se rozhodl potápěč provést jako sólo ponor s upraveným dýchacím přístrojem, který se skládal z tlakové láhve o objemu 2 litry a kompenzátoru vztlaku použitého zřejmě jen jako nosič tlakové láhve, bez možnosti napouštění vzduchu z tlakové láhve. Dýchací automatika byla použita bez záložního druhého stupně - ústenky dýchací automatiky, nebo dalšího dýchacího přístroje.

Ponor byl zahájen sestupem do hloubky 14 m, odtud pokračoval do hloubky 18 m. Potápěč pokračoval mírným výstupem do 17 m a následně do 11 m, odtud pokračuje sestupem do 22 m. Zde nalezeno tělo potápěče.

Při ponoru mohlo dojít po hlubokém nádechu při fyzické zátěži ke spuštění ejektorového posilovače, který mohl způsobit vypadnutí dýchací automatiky z úst a reaktivní silou proudícího vzduchu až k zaklesnutí ústenky dýchací automatiky pod pravou rukou poškozeného. Ke spuštění ejektorového posilovače mohlo dojít také při pokusu o nafouknutí kompenzátoru vztlaku ústy. Nelze vyloučit, že samovolným pohybem dýchací automatiky došlo i k jejímu zachycení lanem od kotvy. O spuštění ejektoru posilovače nádechu může svědčit „větší množství bublin“. Po zalehnutí dýchací automatiky do sedimentu, o čemž svědčí nečistoty uvnitř ústenky dýchací automatiky, došlo k ucpání náustku a přerušení funkce ejektorového posilovače; z tohoto důvodu přestaly vystupovat bubliny. (Haták, 2015)

Vyhodnocení technických faktorů: Důvodem úmrtí potápěče byla nevhodná až nepřijatelná konfigurace ve spojitosti s totální ignorací všech bezpečnostních pravidel potápění.

## 8.5 Nehoda č.5

V roce 2016 došlo ke smrtelné potápěčské nehodě potápěče v areálu firmy. Zde se nacházela uvnitř budovy požární nádrž, kde byl potřeba provést servisní úkon na ventilu nádrže. První ponor byl ze strany potápěče proveden v roce 2015 a činnost pod hladinou spočívala v uzavření ventilu. Tato práce proběhla v pořádku a potápěč si výstroj uložil ve skladu.

V roce 2016 se potápěč ponořil uvnitř budovy do vodní požární nádrže a to za účelem otevření ventilů. Ponor proběhl bez jištění. Jistící lano bylo k dispozici na místě u vodní nádrže. Hloubka vody v požární nádrži byla 4,5 m. Teplota vody byla 18°C.

Po cca 30 – 40 minutách byl vyzdvižen přivolaným potápěčem HZS a po neúspěšné resuscitaci lékařem rychlé záchranné služby byla konstatována smrt.

Bylo zjištěno, že kritická závada je na kontrolním manometru, který i po vypuštění tlaku, stále ukazuje tlak vzduchu 10 – 15 barů (1-1,5 MPa)! Navíc je stupnice velmi zavádějícím způsobem značena a to tak, že úsek 0 – 50 barů je rozdělen na 7 dílků. (Haták, 2016)

Vyhodnocení technických faktorů: Důvodem fatální nehody byl souběh více faktorů, nedodržení bezpečnostních pravidel, technická závada na manometru (nebyl příčinou, ale svůj podíl mohl nést), nevhodná výstroj.



## 8.6 Nehoda č.6

V roce 2018 došlo ke smrtelné nehodě dvou potápěčů ve vodní nádrži Barbora v obci Oldřichov.

Potápěč č. 1 přístroj složen ze dvou tlakových lahví o vodním objemu 2 x 10 litrů a s provozním tlakem 232 barů.

Při kontrole a funkční zkoušce byla zjištěna poměrně snadno přehlédnutelná závada, a to značně povolená převlečná matice na přívodní hadici do ústenky. Výrobce udává, že matice má být utažená silou 5 Nm.

Potápěč č. 2 přístroj složen ze dvou tlakových lahví o vodním objemu 2 x 12 litrů a s provozním tlakem 232 barů umístěných v konfiguraci sidemount.

Profil ponoru:

Po zahájení ponoru následoval sestup do hloubky 35 m, zde následoval propad do 37 m, krátký výstup do 35 m a sestup do 49 m. Zde nalezena těla.

V hloubce 37 m došlo k úniku plynu z povolené hadice hlavní plicní automatiky. Zde došlo k uzavření hlavní plicní automatiky (vyřazen kompenzátor vztlaku).

Při řešení vzniklé krizové situace zřejmě došlo k dalšímu problému, pravděpodobně k zamrznutí záložní plicní automatiky Potápěče 1.

Potápěč 2 se zřejmě aktivně pokoušel pomáhat Potápěči 1 řešit krizovou situaci pravděpodobně poskytnutím své hlavní plicní automatiky. Při této činnosti pravděpodobně došlo k zamrznutí ústenky, protože hlavní potápěčský přístroj Potápěče 2 byl uzavřený s tlakem 120 barů.

U Potápěče 2 bylo nutné kompenzovat hmotnost neseného stlačeného vzduchu v obou tlakových lahvích – cca 5 kg, to znamená vytvoření vztlakové síly minimálně 50 N. (Haták, 2018)

Vyhodnocení technických faktorů: Jako spouštěč krizové situace se jeví povolená středotlaká hadice u druhého stupně plicní automatiky, během řešení vzniklé situace zamrznutí další plicní automatiky, což ve spojitosti s panikou a nevhodným postupem vedlo k fatální nehodě.

## 8.7 Nehoda č.7

Dne 25. 6. 2022 došlo ke smrtelné nehodě potápěče ve vodní nádrži Rozkoš, ten zde prováděl sólo ponor.

Vybavení pro daný ponor potápěč zvolil: potápěčský přístroj 2x15L, celoobličejovou masku OCEANREEF NIRA, velmi vysokou tepelně izolační vrstvu potápěčského obleku, suchý potápěčský oblek. Maximální dosažená hloubka 6,5 m. Teplota vody – minimální teplota 19° C – maximální teplota 23° C. Po zahájení ponoru dosáhl potápěč hloubky 6,5 m, následoval výstup do 5 m. Z 5 m následoval rychlý výstup. Tělo nalezeno na hladině.

Současný stav potápěčského přístroje mohl mít zásadní vliv na vznik nehody. Důvodem bylo především nesprávné seřízení celoobličejové masky NIRA s chybně složeným nádechovým mechanismem a ohnutou pákou ovládání kuželky přívodu vzduchu. Tento stav výrazně omezoval množství nadechovaného vzduchu. Velmi negativní vliv mohla mít i nevhodně zvolená sestava tlakových lahví potápěčského přístroje 2x15 litrů vodního objemu s hmotností 66 kg, při manipulaci jedné osoby s přístrojem o takové hmotnosti bylo nutné vynaložit velmi vysoké fyzické úsilí. Negativní vliv mohla mít i nevhodně zvolená tepelně izolační sestava potápěčského obleku. Při vysoké námaze před ponorem za poměrně teplého počasí i vody mohlo snadno dojít k tepelnému diskomfortu i k přehřátí organismu poškozeného. Dýchací přístroj s otevřeným okruhem dle technické normy ČSN EN ISO 250 poškozeného je sestaven ze dvou tlakových lahví o celkovém vodním objemu 30 litrů a celkové hmotnosti 66 kg. Pro rekreační ponor s přepokládanou hloubkou do 6-8 m zásoba vzduchu by při ponoru na lokalitě Rozkoš vystačila na cca 4 hodiny potápění. Manipulace s přístrojem o této nestandardní hmotnosti je fyzicky velice náročná. Masky Nira, vykazuje významnou absenci údržby a servisu. S regulačním šroubem přítlaku pružiny nádechové kuželky je možné otáčet jen velmi těžko, toto je způsobeno znečištěním závitů a absencí maziva. (Haták, 2022)

Vyhodnocení technických faktorů:

- špatný technický stav celoobličejové masky jako spouštěč krizové situace,
- nevhodná konfigurace přístroje a vybavení.

## 8.8 Dílčí závěr případové studie

Množství uvedených potápěčských nehod v této kapitole je omezené. Vyplývá to z podmínek pro zařazení do této kategorie nehod a z četnosti potápěčských nehod na území České republiky. Za posledních 30 let došlo na území České republiky v průměru k jedné až dvěma potápěčským nehodám za rok. Povaha těchto nehod nesplňovala vždy podmínky pro zařazení do této kapitoly.

Na to, aby z toho bylo možné vytvořit relevantní statistiku s vypovídající hodnotou, není tento vzorek hodnotný. Cílem zde ale nebylo vytvořit statistiku kolik nehod za jaké období, nebo jaká věková skupina se nejčastěji stala obětí nehody. Cílem bylo ukázat, že rizika technické povahy se v potápění objevují, ať už jako iniciátor paniky, která přeroste v krizovou situaci a v doprovodu dalších pochybení následně končí potápěčskou nehodou s fatálním koncem, nebo jako hlavní důvod úmrtí potápěče.

Pokusíme-li se ale vyhodnotit zde uvedené potápěčské nehody, dojdeme k závěru, že ačkoliv se jedná o nehody technického rázu, hraje zde hlavní roli lidský faktor. Ve většině případů došlo k freeflow. Byl to buď hlavní iniciátor krizové situace, nebo druhotný jev a reakce techniky na již vzniklou situaci, které předcházela jiná závada technického charakteru. Ke vzniku této závady vedl buď velký průtok plynu, nebo vlhkost vzduchu.

U části těchto nehod je ale vyhodnocení pouze domnělé na základě získaných skutečností, jelikož se situace odehrála beze svědků.

Za zamyšlení stojí skutečnost, že dohledávání informací k potápěčským nehodám není zcela jednoduché, ačkoliv to lze brát jako obohacující studijní materiál. V dosti případech se potápěčská komunita tváří, že nehody se pod vodní hladinou nestávají. Tento přístup je velice špatný a pro nové potápěčské adepty to může přinést rizikové chování. Je třeba upozorňovat na možnost vzniku těchto situací, a že bagatelizování zde není na místě. Srovnáme-li to s dalším prostředím, kde se může člověk opět pohybovat jen za přispění techniky, je zde přístup k informacím opačný. Výsledky vyšetřování leteckých nehod v rámci České republiky Ústav pro odborné zjišťování příčin leteckých nehod zveřejňuje na svých webových stránkách, což je z mého pohledu pro piloty nenahraditelný zdroj informací.

## 9 ANALÝZA RIZIK

Hodnocení rizik je základní a nezbytnou součástí řízení jakýchkoli rizik, zejména těch, které představují hrozbu pro lidské zdraví a život. Přitom je důležité chápat, že hodnocení rizik nemusí být pouze technickou záležitostí. Ve spojitosti s potápěčskou činností neexistuje konkrétní analýza zabývající se výhradně jen analýzou rizik potápění. V rámci složitosti potápění je třeba efektivní a rychlé analyzování rizika, k čemuž zde poslouží jednoduchá polokvantitativní metoda PNH, která se zakládá na násobení pravděpodobnosti výskytu události, míry jejích důsledků a hodnocení hodnotitele.

Z tohoto vyplývá (Kmošek, 2023):  $R = P \times N \times H$ .

P - pravděpodobnost vzniku, N – následek rizika, H – názor hodnotitele na míru rizika.

Pro hodnocení hrozeb a rizik byla metoda PNH upravena, neboť obecná šablona pro hodnocení možného rizika nebyla zcela vhodná viz tabulka 6.

Tabulka 6: Pravděpodobnost vzniku (zpracování vlastní)

Nahodilá, téměř vyloučené	1
Nepravděpodobná	2
Pravděpodobné, možné	3
Velmi pravděpodobná	4
Trvalé, téměř jisté	5

Hodnoty pravděpodobnosti vzniku jsou potápěčem stanoveny na základě zkušeností, vzdělávacích kurzů a odborné literatury.

Tabulka 7: Hodnoty následků (zpracování vlastní)

Neovlivní plán ponoru	1
Neovlivní plán ponoru/ovlivní plán ponoru, ale není třeba okamžité ukončení ponoru, lehce řešitelné	2
Ovlivní plán ponoru, hrozí vyvolání dalšího nežádoucího jevu, nouzový postup, ukončení ponoru	3
Ovlivní plán ponoru, hrozí škody na technice, hrozí újma na zdraví, nouzový postup, ukončení ponoru	4
Ovlivní plán ponoru, ponor nezačínat, fatální riziko, škoda velkého rozsahu	5

Hodnoty následků – pro přiřazení patřičné hodnoty není potřeba, aby riziko dosahovalo všech kritérií.

Tabulka 8: Názor hodnotitele (zpracování vlastní)

Bez rizika	1
Mírné riziko	2
Střední riziko	3
Vysoké riziko	4
Extrémně vysoké riziko	5
Fatální riziko	10

Názor hodnotitele viz tabulka 8 – přiřazená hodnota by měla odpovídat míře rizika vzniklé situace. Výsledkem je míra rizika dle tabulky 9, která uvádí, zda je riziko pro potápěče ještě přípustné či není.

Tabulka 9: Celkové hodnocení rizika (zpracování vlastní)

Rizikový stupeň	R	Míra rizika
I.	>75	Nepříjemné riziko
II.	50 - 75	Nežádoucí riziko
III	15 - 49	Mírné riziko
IV.	3 - 14	Akceptovatelné riziko
V.	< 3	Bezvýznamné riziko

Prostřednictvím této metody je provedena analýza rizik coby součást předponorové přípravy. Analýza je rozdělena na dvě fáze a to analýza rizik ve spojitosti s výstrojí a analýza rizika vycházející z ponoru samotného.

Pro názornost je zde použita metoda PNH na imaginárním ponoru, kde jsou klasifikovány jednotlivá rizika a rizikové faktory.

#### Parametry ponoru:

Hloubka 40 m, čas na dně 35 minut, hladinová spotřeba 25 l/min, sestupová rychlost 15 m/min, směs pro dno vzduch, dekompresní směs Nitrox 50.

Tabulka 10: Analyzování rizik PNH – výstroj (zpracování vlastní)

Událost/rizikový faktor	P	N	H	R
Nefunkční ventil tlakové láhve, voda, nečistoty	2	4	4	32
Ztráta ovládacího prvku ventilu tl. láhve	3	3	3	27
Plicní automatika - chybný středotlak	2	3	4	24
Plicní automatika - nesprávný nádechový odpor	3	3	3	27
Plicní automatika - free flow	3	3	4	36
Kompenzátor vztlaku, nekontrolovaný průtok plynu	2	3	3	18
Kompenzátor vztlaku, nefunkční přetlakový ventil	2	2	2	8
Suchý oblek, netěsnost zipu	3	3	3	27
Suchý oblek, nefunkční přetlakový ventil	2	3	4	24
Suchý oblek, perforace, netěsnost	3	3	4	36
Suchý oblek, nefunkční kompenzační ventil	2	3	4	24
Vyhřívací systém, nefunkčnost	3	2	3	18
Dekompresní počítač, nefunkční, chybné údaje	3	4	4	48
CCR - zaplavení scrubberu	2	5	5	50
CCR - zaplavení elektroniky	2	4	5	40
CCR - handset, nefunkční, nečitelný	2	3	4	24
CCR - nefunkční HUD, buddy displej	3	3	3	27
CCR - zablokovaný solenoid	2	4	4	32
CCR - nefunkční ADV	2	2	2	8
CCR - nefunkční manuální dávky plynu	2	3	4	24
CCR - perforace dýchacího okruhu	2	4	5	40
CCR - porucha měření koncentrace kyslíku	3	4	5	60

Tabulka 11: Analyzování rizik PNH – ponor (zpracování vlastní)

Událost/rizikový faktor	P	N	H	R
Riziko zhoršení zdravotního stavu během následujícího ponoru	1	1	1	1
Riziko poruchy výstroje ( vychází z analýzy výstroje)	1	4	2	8
Riziko silného proudu vodního toku	2	2	2	8
Riziko zhoršené viditelnosti	4	2	2	16
Riziko nulové viditelnosti	4	2	4	32
Riziko spojené s teplotou vody a termoregulací	3	2	3	18
Riziko zaklínění, uvíznutí, zamotání se do lan a vlasců	3	2	4	24
Riziko kontaminace	2	4	5	40
Riziko změny klimatických podmínek	1	2	3	6
Zaplavení/ztráta masky	2	2	2	8
Hyperoxie/hypoxie	2	5	10	100
Otrava oxidem uhelnatým	2	5	10	100
Otrava oxidem uhličitým	2	5	10	100
Ztráta kontroly vztlaku	2	4	4	32
Barotrauma z přetlaku/podtlaku	2	5	10	100
DCS	2	5	10	100
Ztráta vzduchu	2	4	5	40
Ztráta ploutve	1	3	5	15
Laringospasmus	2	3	4	24
Křeče	2	2	2	8

Výsledkem analýzy PNH (viz tabulka 10 a 11) dle hodnocení rizika jsou odhalena kritická místa a následně je možné na základě těchto výsledků navrhnout protiopatření a určit, zda je bezpečné realizovat ponor. Obsah sloupce události/rizikové faktory lze individuálně upravovat dle plánovaného ponoru. Uvedené hodnoty jsou dosazeny na základě vlastních zkušeností.

Výsledné hodnoty je třeba posuzovat jednotlivě, jelikož nemusí vždy znamenat nepřijatelné riziko vedoucí ke zrušení plánovaného ponoru jako například u rizika DCS. Zde by totiž bylo riziko akceptováno a ponor proveden. Důvod akceptace tak vážného rizika je soubor

znalostí a dovedností ve spojitosti s technickým vybavením, které eliminují vznik DCS případně následky. S narůstající hodnotou R je ale třeba dbát zvýšené obezřetnosti a zároveň věnovat více pozornosti přípravám v dané oblasti. Jen tak je možné rizika eliminovat.



## 10 OŠETŘENÍ RIZIK POTÁPĚNÍ POLICIE ČESKÉ REPUBLIKY

Metoda, jak eliminovat rizika, nehody a nemoci v potápěčské praxi na co nejmenší úroveň, je udržovat teoretické a praktické znalosti na vysoké úrovni. Uvedená opatření, doporučení a postupy v následující kapitole vycházejí z bezpečnostních pravidel a postupů, se kterými jsou seznamováni potápěči v rámci jednotlivých kvalifikačních kurzů.

### 10.1 Otevřený okruh

#### Tlakové láhve

Pro tlakové láhve je povinná periodická kontrola: provádí se jednou za 2,5 roku vizuální kontrola a jednou za 5 let úplný test. Tato kontrola řeší případnou vnitřní korozi, tlakovou zkoušku láhve, roztažnost lahve, zkouška ultrazvukem, což řeší pevnost materiálu a tudíž životnost tlakové láhve.

Vodu uvnitř tlakové láhve řeší postup při potápěčské činnosti. Nesnížit tlak v láhvi na nulu a zároveň nechat uzavírací ventil v otevřené poloze pod vodní hladinou. Pokud dojde k úplnému vyprázdnění tlakové láhve je třeba uzavírací ventil zavřít a tím zabránit vniknutí vody do tlakové láhve.

Uzavírací ventil – před rizikem ztráty ovládacího prvku - točítka se vyžaduje pravidelná kontrola a případné dotažení, tímto je eliminována ztráta pod vodní hladinou na minimum.

Destrukci točítka minimalizuje zacházení s tlakovou lahví a zvýšená opatrnost na tuto součást. Pokud je prováděna potápěčská činnost v prostředí, kde je zvýšené riziko a je tlaková láhev osazena plastovým ovládacím prvkem, mění se za gumové, které je odolnější vůči poškození. V případě nárazu tlumí a minimalizuje případné poškození samotného ventilu.

Ochrana snižující riziko ucpání ventilu uvnitř tlakové láhve je například v servisním manuálu zn. Apeks označována jako – Anti Rust Tube. Tato prodlužovací trubička zamezuje v případě otočení tlakové láhve ventilem dolů, aby drobné nečistoty nebo menší množství vody zabránilo průchodu plynu ven z láhve. Při vnitřní kontrole tlakové láhve je třeba kontrolovat upevnění, aby nedošlo k uvolnění a tím se nezvýšilo riziko nefunkčnosti uzavíracího ventilu.

V případě manipulace s tlakovou lahví ve smyslu demontáže ventilu je vždy potřeba dbát na kontrolu, zda jsou tyto dva komponenty, ventil i tlaková láhev, ve shodě dle normy a nedošlo

k jejich záměně. To platí i v případě koupě nové tlakové láhve a ventilu, ať už samostatně nebo jako celek. Tato kontrola eliminuje případné riziko exploze ventilu z tlakové láhve při plnění. V České republice je znám případ takovéto exploze např.: z dubna 2010 v Liberci nebo z března 2020 v Praze. V obou případech došlo ke spojení závitů M25x2 na ventilu a 3/4 NPSM na tlakové láhvi. Oba případy bez zranění, rozsáhlé škody na plnicích zařízeních.

Rizikovou situaci vznikající při míchání směsí plynů do dvou tlakových lahví s propojením lze minimalizovat současným plněním obou lahví. K tomuto slouží propojovací vysokotlaká hadice, za pomoci které docílíme rovnoměrného plnění obou tlakových lahví. Ke snížení rizika naplnění chybné směsí je řádná kontrola po naplnění tlakových lahví odpovídajícím analyzátozem a to každé zvlášť.

Plicní automatika – zamrznutí automatiky lze předcházet správným používáním. Je třeba se vyvarovat nadměrným a dlouhým průtokům plynu v chladných vodách. Toto může nastat v případě zvýšené spotřeby potápěče (fyzická námaha, panika) ve spojitosti s potřebou doplnit plyn v kompenzátoru vztlaku.

Proti vniknutí vlhkosti/vody či nečistot do prvního stupně plicní automatiky v nenatlakovaném stavu je z praxe a z pokynů výrobce známo používat zátku na její závit a tímto se vyhnout případnému riziku nečistot a vody v útrokách této součásti.

Před nepříznivým vlivem neodborného zásahu, nebo pro minimalizaci rizik technické závady na zařízení výrobce udává doporučující servisní intervaly. Ve většině případů se jedná o seřízení nastavení při jednoletém servisním intervalu a při dvouletém jde o kompletní servis. Tyto servisní úkony provádí odborně výrobcem vyškolený servisní technik, jenž má k dispozici odpovídající technické zázemí, aktuální servisní postupy a přístup k originálním náhradním dílům.

## 10.2 Uzavřený okruh

Pokud má uzavřený okruh eCCR při použití přinášet maximální možný profit ve srovnání s otevřeným okruhem, je nutností minimalizace rizik. Jelikož se jedná o složitější potápěčský přístroj než je otevřený okruh, je potřeba tyto rizika znát a také mít znalosti v oblasti postupů spojených s užíváním tohoto přístroje ve všech rovinách. Velká část komponentů používaná při potápění je nějakým způsobem definována normou a ani u rebreatheru tomu není jinak. Norma ČSN EN 14143 upravuje problematiku autonomního potápěčského dýchacího

přístroje. Na základě této normy pro eliminaci rizik spojených s vhodností konstrukce musí výrobce např.: vypracovat analýzu FMECA – Failure mode effect and criticality analysis. Pro minimalizaci rizik jsou výrobcem doporučené servisní intervaly 1 rok, 3 roky, 5 let. (Šimánek et al., 2020). Každý interval má svá specifika co a kdy je kontrolováno, servisováno, revidováno a měněno.

Pohlcovač CO<sub>2</sub> – k eliminaci tvorby kanálků v sorbentu, kde dochází k nedokonalému pohlcování CO<sub>2</sub>, slouží výrobcem stanovený postup plnění, který spočívá v postupném plnění a setřepávání, aby se sorbent v zásobníku co nejlépe usadil a dostatečně zhuštil. Dodržení stanoveného postupu minimalizuje riziko tohoto nežádoucího jevu na minimum.

Riziko vyčerpání kapacity náplně pohlcovače – sledování nasycení sorbentu je velice problematické a slouží k tomu v podstatě jediný ukazatel na obrazovce čtecího zařízení – Stack time. Výrobce udává dle normy bezpečnou provozní dobu náplně pohlcovače 168 minut. Tento čas byl zjištěn testem, kdy bylo do dýchací smyčky přidáno 1,6 l/min CO<sub>2</sub> s rychlostí ventilace 40 l/min a výdechovou teplotou 32 ± 4 °C; jednotka byla ponořena do vody o teplotě 4 °C do hloubky 40 m s ppCO<sub>2</sub> 5 mBar (test poskytl Life Support Test Facility – LSTF 0916). (Šimánek et al., 2020) Tyto hodnoty umožňují v normálních podmínkách použít jednu náplň pohlcovače v rozmezí 4 až 6 hodin. Tuto hodnotu Stack time si uživatel nastavuje sám dle náročnosti plánovaného ponoru. Po vyčerpání určeného času se náplň vymění. Pokud uživatel nezná historii náplně, automaticky jí mění za novou a vynuluje Stack time. (Šimánek et al., 2020)

Zaplavení scrubberu – pokud dojde k zaplavení a vzniku caustic cocktail, potápěč přechází na záložní otevřený okruh a ukončuje ponor za dodržení všech stanovených dekompresních postupů. Tímto postupem se předchází poleptání dýchacích cest. Prevence před zaplavením je řádná předponorová příprava a kompletace zařízení, kontrola zámku uchycení hlavy k scrubberu a kontrola všech rozebíratelných těsněných spojů.

Senzor O<sub>2</sub> – pro minimalizaci rizika jsou v přístroji čtyři čidla, která provádí měření. V případě nefunkčnosti některého z čidel je potápěčem prostřednictvím ovládacího menu vyřazeno a neovlivňuje tak naměřené hodnoty zbylých čidel. Pokud jsou vyřazeny z provozu všechny senzory, lze CCR Liberty přepnout na záložní algoritmus s výpočtem parciálního tlaku kyslíku nepřímo na základě naměřeného obsahu He. To je možné pouze za předpokladu, že používaná směs obsahuje > 20% He. (Šimánek et al., 2020)

Pro eliminaci rizika chybovosti čidla je výrobcem stanovena životnost těchto senzorů. Doporučuje se senzory vyměnit jeden rok po uvedení do provozu maximálně však 18 měsíců od data výroby senzoru. I přes pečlivé zacházení mohou senzory během své doporučené životnosti projevovat odchylky nebo omezení. Pro exaktní zjištění stavu senzorů je doporučeno jejich pravidelné testování pomocí testovací sady pro kyslíkové čidlo k testování linearitu senzorů. Tento postup je jediným přesným a bezpečným způsobem, jak detekovat chybný nebo omezený snímač.

Ošetření rizika plynoucí z nefunkčnosti solenoidu je možné formou ručního dávkování potřebného plynu prostřednictvím manuálních ventilů. Pokud dojde k zablokování solenoidu v otevřeném stavu a dojde k stálému nekontrolovanému průtoku plynu, je potřeba zavřít tlakovou láhev a následně se pokusit dávkovat potřebné množství. Pokud to nebude možné, řešením a minimalizací dalších rizik je přechod na záložní otevřený okruh.

### 10.3 Dýchací směsi

Vlhkost vzduchu – dodržování kvality vzduchu na výstupu z kompresoru pro plnění 20 nebo 30 MPa. Norma zde udává hodnotu 25 mg/m, kterou nesmí překročit. Tímto se snižuje riziko zamrznutí regulátoru a předchází vzniku vnitřní koroze v láhvi.

Otrava oxidem uhelnatým – základní opatření, jak předcházet tomuto riziku, je správně umístěný kompresor, včetně rozmístění sání vůči výfukovému systému spalovací pohonné jednotky. Pokud se i přes přijatá opatření v tlakových lahvích oxid uhelnatý vyskytne, je žádoucí tuto láhev z plánovaného ponoru vyřadit.

Otrava kyslíkem – hyperoxie / hypoxie – minimalizace rizik tohoto charakteru spočívá v řádné přípravě vybavení, analýza plynu před ponorem, správné značení tlakových lahví, důkladný plán ponoru, nepřekračování plánu ponoru.

Dekompresní nemoc – toto riziko nemá technickou povahu v přímé souvislosti, ale jedná se spíše o jeho následek. Jelikož se jedná o jedno z hlavních rizik potápění, je na místě jej zde zmínit. Obecná prevence vzniku je dobrá fyzická kondice, hydratace, striktní dodržování plánu ponoru v souladu s dekompresními postupy a dodržování bezpečnostních postupů a pravidel: potápět se ideálně v nulovém čase, dodržovat bezpečnou rychlost výstupu 18m/min, vyhnout se 12 hodin po ponoru letecké přepravě, změnám nadmořské výšky, zvýšené fyzické námaze. Pro snížení následků tohoto rizika slouží dekompresní komora. Tímto zařízením potápěči Policie České republiky disponují a je využívána k zajištění

bezpečnosti dekompresních ponorů. Pro rekreační potápěče je dobré znát umístění hyperbarických zařízení v rámci dané oblasti, kde provádí potápěčskou činnost. V České republice v současnosti funguje jedenáct stacionárních a deset mobilních hyperbarických zařízení v rámci různých institucí a složek státu.

Všechna rizika uvedena v této podkapitole až na vlhkost vzduchu mohou mít přímou souvislost s mícháním směsi

## 10.4 Oblek

Přehřátí – prevencí před přehřátím je eliminace pobytu na slunci a volba správného typu podobleku pro letní měsíce. Pro pobyt v teplém vodním prostředí slouží ke snížení teploty tělesného jádra chladicí vesta s nachlazenou gelovou vložkou. Důležitý je i přísun tekutin v takovýchto podmínkách, jelikož to eliminuje i další rizika.

Podchlazení – předejít lze volbou vhodného podobleku, který udrží co nejdelší dobu potřebný teplotní komfort. Důležité je nepoužívat pro úpravu objemu plynu v suchém obleku směs s heliem jelikož jeho tepelná vodivost urychluje prochladnutí. V těchto případech se doporučuje, pro předcházení riziku podchlazení, využívat pro úpravu objemu plynu v suchém obleku argon nebo vzduch. Další možná prevence před podchlazením je vyhřívací systém. Aktivní tepelná ochrana pomáhá před ztrátou tělesné teploty, ovšem je potřeba ponor plánovat tak, aby v případě nefunkčnosti systému během ponoru bylo možné učinit návrat zpět na hladinu i přes ztrátu aktivní tepelné ochrany.

Barotrauma z podtlaku – prevence tohoto stavu je včasné doplňování potřebného množství plynu do vnitřního prostoru suchého obleku. Pokud dojde k výpadku zdroje plynu určeného pro suchý oblek, musí potápěč od tohoto okamžiku zabránit klesání a ponor směřovat již pouze k hladině.

Při nekontrolovaném průtoku plynu do suchého obleku je potřeba odpojit středotlakou hadici od napouštěcího ventilu a zavřít tlakovou láhev. Pokud je potřeba, je možné středotlakou hadici připojit, po puštění tlakové láhve doplnit potřebné množství plynu do vnitřního prostoru obleku a následně zase odpojit. Tento postup je nouzové řešení, jak si nepřivodit barotrauma z podtlaku.

Syndrom karotického sinu – důkladné vyzkoušení obleku před ponorem a případné zkrácení krční manžety na požadovanou velikost. Pokud tento stav nastane, je potřeba uvolnit oblast krku.

U plynotěsného zipu, vypouštěcího přetlakového ventilu a P-valve je důležitá k předcházení rizik kontrola, čistota, údržba potřebných částí a ověření funkčnosti před ponorem.

### **10.5 Kompenzátor vztlaku**

Nevhodná velikost – vždy dbát, aby vybavení odpovídalo velikostně, co nejvíce eliminovat odchylky vůči postavě potápěče. Dobře padnoucí žaket snižuje diskomfort, dochází k pohodlnějšímu vyvážení a ideálnímu pohybu ve vodě, čímž se zároveň snižuje spotřeba plynu.

Norma ČSN EN 1809+A1 udává povinnost výrobce kompenzátor vztlaku označit včetně grafického symbolu, pro jakou největší velikost tlakových lahví ho lze použít. Toto je nutné brát jako povinnost pro uživatele, aby se eliminovalo riziko nedostatečného objemu.

### **10.6 Maska**

Barotrauma oka z podtlaku – riziko vzniku eliminuje lícnice potápěčské masky, která musí překrývat i nos, což je potřeba pro vyrovnání tlaku v hloubce prostřednictvím vydechnutí nosem do prostoru masky.

Porušení celistvosti zorníku – zorník je vyroben z bezpečnostního kaleného skla, které při destrukci nevytváří ostré střepy.

Porušení celistvosti – maska vyžaduje přiměřenou údržbu jako všechny ostatní součásti výstroje. Důležitá je očista od potu a nečistot a skladování v pevném obalu, což zabraňuje nechtěnému poškození masky a zároveň to prodlužuje její životnost. Důležitá je kontrola před ponorem, která může odhalit poškození.

Celoobličjová maska – eliminaci rizikových faktorů konstrukční povahy řeší výrobce nařízením pravidelných prohlídek. V případě neplnění přenáší odpovědnost uživatel na sebe. Prohlídky jsou v různých časových intervalech 1 rok a 6 let a každá má svá specifika, která součást je kontrolována a měněna. Každoroční kontrolou je docíleno minimalizace rizik. Kontrolu provádí výrobcem odborně vyškolený servisní technik. V tomto případě Policie České republiky disponuje odborně vyškolenou osobou.

## 10.7 Ploutve, skútr

Ploutve – ošetření rizika této povahy spočívá v důsledném výběru vybavení pro předcházení nežádoucích stavů během ponoru. Pokud se ale křeče do dolní končetiny dostaví, je pro sval dobré mu odlehčit, natáhnout za pomocí chycení špičky ploutve rukou a propnutí nohy.

Ztráta ploutve je impuls pro potápěče k ukončení ponoru. Ačkoliv se ve většině případů nejedná o život ohrožující rizikovou situaci, při nevhodném počínání v takovou situaci ovšem může vygradovat.

Skútr – u tohoto pomocného zařízení je možné, v případě ignorace bezpečnostních pravidel, že ho skútr zaveze vstříc riziku a velmi nepříjemným situacím. Výkon motoru a výdrž baterie u dnešních modelů skútrů umožňují potápěče přepravit na velké vzdálenosti, což je riziko v případě, že dojde k nefunkčnosti stroje při ponoru v uzavřených prostorách. Předcházení těmto situacím je využívání skútru jako dopomoci v rámci plánovaného ponoru a ne pro překonání hranic plánu ponoru.

Prevence před zaplavením je pravidelná kontrola těsněných spojů.

Pokud dojde k zablokování aretace výkonu ve spuštěném stavu bez možnosti vypnutí, je řešením vzniklé rizikové situace odpojení potápěče od skútru jako eliminaci rizika před nekontrolovaným přemístěním potápěče.

## 10.8 Dekompresní počítač

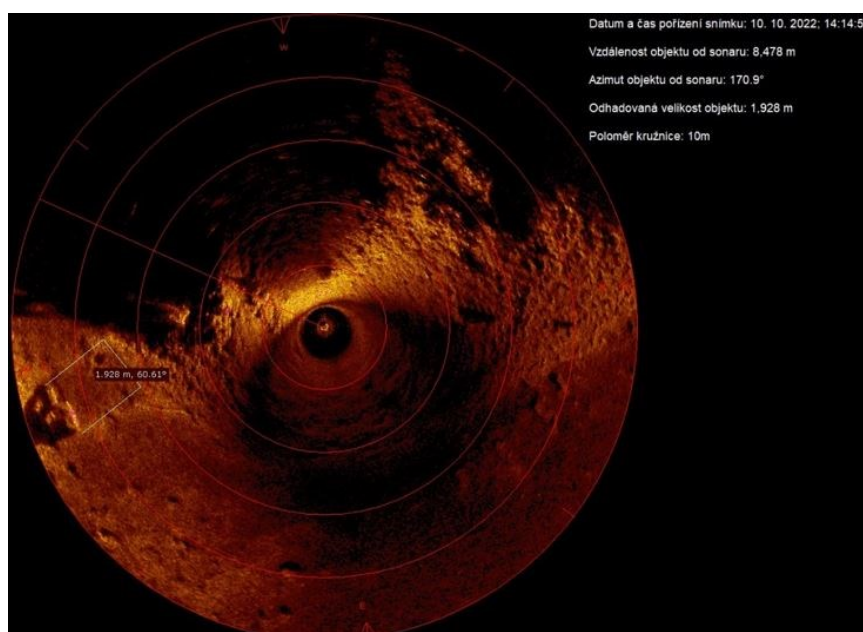
Eliminace rizik u tohoto zařízení spočívá v záložním zdroji informací. Na základě zkušeností a doporučení různých výcvikových směrů je optimální záložní dekompresní počítač, který lze mít na ruce pro porovnávání informací nebo v kapse obleku jako zálohu v případě závady. Další zdroj informací je plán ponoru, který si před ponorem potápěč připraví a zapíše do wetnotesu, který opět umístí do kapsy obleku.

## 10.9 Ostatní

Nejzásadnější snížení rizik vyplývajících z potápění je se nepotápět. Pokud ale jde o potápěče Police České republiky, jsou situace, kdy je třeba vykonat ponor za jakýchkoliv podmínek. Pro tyto účely je Police České republiky vybavena dvěma zařízeními, ROV Saab Seaeye Falcon, sonar Konsberg MS 1000. Tyto zařízení slouží k prozkoumání dna bez nutnosti nasazení potápěče.

ROV – zařízení tohoto typu v určitých případech rizika spojená s potápěním absolutně eliminují, jelikož je vypuštěn lidský faktor pod vodní hladinou. Obsluhováno operátorem je zařízení ze břehu. V posledních letech je v čím dál větší míře využíváno ROV hlavně v místech, kde je vysoká míra rizika, nebo kde je to finančně výhodnější. Na trhu se začínají objevovat autonomní stroje ve spojení s umělou inteligencí pro potřebu vědecké činnosti, nebo jako náhrada za lidský faktor pod vodní hladinou při rutinních inspekčních ponorech například při kontrolách trupů lodí, potrubí a kabelů na mořském dně. (Hong et al., 2017)

Sonar – tento druh vybavení, konkrétně sonar KONSBERG MS 1000, znamená velký posun v pátrání pod vodní hladinou a také v eliminaci rizik.



Obrázek 6: Snímek dna sonarem KONSBERG MS 1000 (zpracování vlastní dle OSPČV PČR, 2024)

Použitím této techniky je dosaženo značné úspory času, lidských sil a prostředků. Prohledat prostor o průměru 20 metrů, vyobrazený na obrázku 6, by potápěči trvalo přibližně 30 až 60 minut v závislosti na podmínkách. Proud, viditelnost, profil dna včetně flóry a předmětů cizího původu jsou faktory prodlužující čas pátrání. Minimalizace rizik tak spočívá v nenasazení lidských sil na bezvýsledné pátrací akce. Nasazení potápěče přichází na řadu až v případě detekce hledaného předmětu. Potápěč tak sestupuje přímo na místo nálezu. Tímto se minimalizuje čas strávený pod vodní hladinou, kratší čas vystavování těla chladu, sycení tkání a vystavování se všem ostatním rizikům spojených s potápěčskou činností.



### 10.10 Checklist, plán ponoru

Checklist a plán ponoru jsou dva body minimalizace rizik, které by potápěč před ponorem neměl nikdy vynechat.

Příprava před ponorem – checklist – Analýza pomocí kontrolního seznamu je jednoduchý nástroj, který využívá seznam úkolů, kroků a položek k ověření správnosti a úplnosti daného postupu. Tato metoda je velmi oblíbená a efektivní díky své jednoduchosti. Kontrolní seznam je sestaven na základě osvědčených a zaběhlých postupů vycházejících z praxe. V tomto případě potápěč podle tohoto seznamu kontroluje správnost své práce, bezvadnost, funkčnost své výstroje a postupně zaškrťává, co již udělal a jaký byl výsledek. Tato metoda analýzy je univerzální a lze ji uplatnit téměř ve všech činnostech, které člověk vykonává. V oblasti potápění může mít checklist více podob vzhledem k různorodosti konfigurací. Pro názornost je zde uvedena celková příprava přístroje v podobě checklistů tak, jak jí doporučuje výrobce CCR v tabulce 13 a zároveň je součástí kvalifikačních kurzů a také individuální checklist pro otevřený okruh viz tabulka 12, který vychází z kvalifikační potápěčské výuky a zkušeností.

Tabulka 12: Checklist otevřený okruh (zpracování vlastní)

	Checklist	Ano	Ne
1.	Tlakové láhve, analýza plynu, čistota ventilů		
2.	Tlakové láhve, řádné připojení plicní automatiky, těsnost		
3.	Tlakové láhve, otevřené propojky a ventily		
4.	Plicní automatiky, funkčnost, těsnost celého systému		
5.	Manometr, kontrola před a po natlakování systému		
6.	Kompenzátor vztlaku, funkčnost, těsnost systému		
7.	Zádová deska, uchycení, popruhy - poškození, nastavení		
8.	Manometr, kontrola před a po natlakování systému		
9.	Maska, záložní maska, celistvost, funkčnost popruhu		
10.	Dekompresní počítač, funkčnost, nastavení		
11.	Nůž a další řezací přípravky		
12.	Dekompresní bóje + cívka, správná velikost, funkčnost, délka,		
13.	cívka / buben, funkčnost, délka		
14.	Zdroj světla nainstalován na popruhu, funkčnost světla		
15.	Kompenzace objemu v suchém obleku		
16.	Suchý oblek, funkčnost, těsnost, zip, manžety, přetlakový ventil		
17.	Ploutve, upínací systém funkční neporušený		

Obsah tohoto checklistu není dogmatický, lze jej upravit na základě rozsahu výstroje potřebné k uskutečnění daného ponoru. Vždy by měl ale plnit kontrolní funkci výstroje bez opomenutí některé součásti.

Tabulka 13: Checklist sestrojení výstroje (Šimánek et al., 2020)

	<b>Checklist</b>	<b>Ano</b>	<b>Ne</b>
1.	Vodní past ve scrubberu		
2.	Scrubber naplněn – zbývající čas je dostatečný pro plánovaný ponor		
3.	Scrubber je nainstalován uvnitř nádoby		
4.	Bezpečnostní propojka (jumper) připojena k bateriím		
5.	O-kroužk těsněného spoje hlavy čistý, dobře namazaný a nepoškozený		
6.	Hlava snadno dosedá na kanystr scrubberu a zámek je zajištěn k zadní desce		
7.	Přívod kyslíku připojen k hlavě		
8.	Tlaková láhev s diluentem analyzována; připojeno k 1. stupni, zajištěno popruhem na LEVÉ straně		
9.	Tlaková láhev s kyslíkem analyzována; připojeno k 1. stupni, zajištěno popruhem na PRAVÉ straně		
10.	Kalibrace kyslíkových senzorů (zaznamenejte hodnoty)		
11.	Nádechový a výdechový vak (plíce) namontovány na zadní desce		
12.	Nádechový a výdechový vak zajištěny k ramenním popruhům, hadice provlečeny a zajištěny popruhy suchým zipem		
13.	Vypouštěcí ventil připojen a uzavřen		
14.	Test směrového proudění v pořádku		
15.	Vrapové hadice připojené k hlavě		
16.	Vrapové hadice napojené na plíce		
17.	Středotlaké hadice připojeny k ventilu automatické dávky plynu a manuální dávce plynu		
18.	Ventil kyslíku a diluentu otevřen		
19.	Kontrola těsnosti systému středtlaku a vysokého tlaku		
20.	Kontrola čtecího zařízení (handset) před ponorem		
21.	Manuální ventil ředidla připojen, funguje a těsní		
22.	ADV po stisknutí vstříkuje plyn a po uvolnění se zavře		
23.	Inflator kompenzátoru vztlaku funguje		
24.	Inflator kompenzátoru vztlaku - hadice připojená k ramennímu popruhu		
25.	Manuální ventil kyslíku připojen, funguje a neteče		
26.	HUD připojen k BOV		
27.	Závaží upevněno		
28.	Centrální popruh kanystru upevněn		
29.	Analyzovaná tlaková láhev záložního OC, plyn:		
30.	Záložní systém OC sestrojen, tlaková láhev otevřena, těsní		
31.	Zdroj světla nainstalován na popruhu		
32.	Kompenzace objemu plynu v suchém obleku		

Z rozsahu checklistů je patrná složitost systému CCR ve srovnání s OC. Základní kontrolu OC před ponorem lze vyřešit v 10 bodech oproti CCR, kde je třeba bodů 32. V checklistu OC jsou dále uvedeny body související s výstrojí potřebnou pro určitý typ ponoru. Tyto body by při reálné situaci bylo nutné zařadit i do checklistu CCR. Pro názornost zde uvedeno jen u jednoho případu.

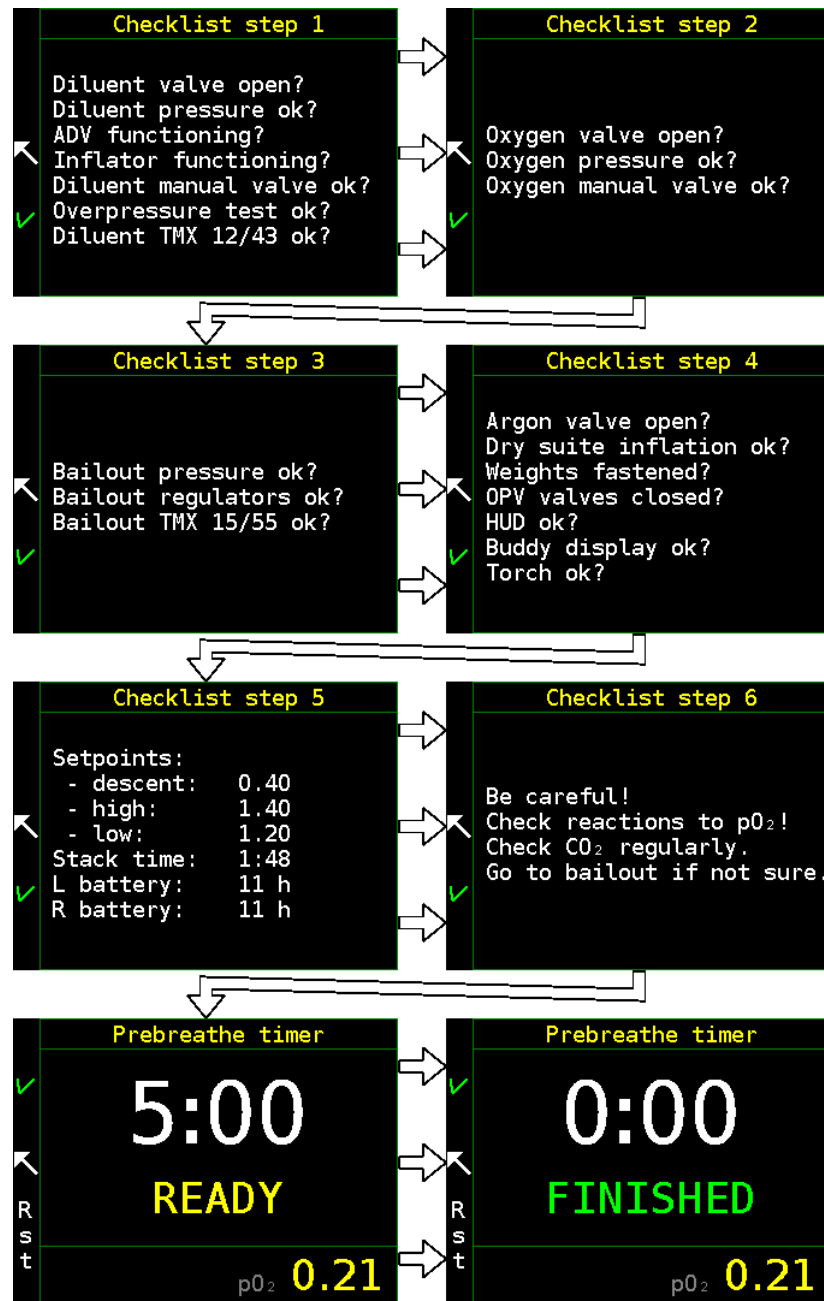
Při sestrojení přístroje eCCR Liberty je v zájmu uživatele dodržovat výrobcem doporučený checklist tabulka 13 včetně opakované kontroly po sestrojení. Při kladném hodnocení všech bodů lze v dalším stupni minimalizace rizik ověřit funkčnost systémů přístroje. U tohoto typu přístroje je checklist Pre dive check viz tabulka 14 zobrazován na displeji čtecího zařízení (handset). Pokud nastane situace a jeden z 10 bodů kontroly během testování bude označen negativně – Fail, checklist se ukončí a uživatel po odstranění důvodu negativního výsledku opakuje Pre dive check znovu od začátku.

Tabulka 14: Checklist - Pre dive check (zpracování vlastní dle zdrojů Divesoft s.r.o.)

	Checklist	Ok	Fail
1.	Kontrolní test řídicích jednotek		
2.	Zkouška tlakových čidel		
3.	Kontrola hodnot kyslíkových senzorů		
4.	Test funkčnosti heliových čidel		
5.	Test stavu baterie		
6.	Test funkčnosti solenoidu		
7.	Kontrola funkčnosti HUD		
8.	Kontrola funkčnosti buddy displeje		
9.	Zkouška dýchací smyčky podtlakem		
10.	Zkouška dýchací smyčky přetlakem		

Jako poslední v řadě v systému víceúrovňové kontroly odhalování rizikových faktorů před ponorem je přepnutí přístroje do dive modu a následná opětovná kontrola prostřednictvím checklistu v handsetu včetně předdýchání přístroje viz obrázek 7, které je důležité pro bezpečnost ponoru. Předdýchání není podstatné pro nastartování chemické reakce pohlcovače, ale slouží k ověření zásadních funkcí zařízení před ponorem, zejména schopnosti zařízení udržet  $ppO_2$  na nastavené úrovni a funkčnosti sorbentu. První funkci lze poměrně jednoduše ověřit sledováním kyslíkových senzorů během dýchání z přístroje, zatímco testování funkčnosti pohlcovače by mělo být prováděno pouze za určitých podmínek a zároveň je třeba být pozorný k reakcím těla. I po pěti minutách předdýchání z přístroje není zaručeno, že by byl odhalen špatně naplněný nebo chybný pohlcovač. (Šimánek et al., 2020) Další body kontroly spočívají v kontrole výstupních

periferií viz obrázek 7 – zda headup display a buddy display indikují správné hodnoty. Součástí je také kontrola všech ventilů tlakových lahví včetně napouštěcích a vypouštěcích ventilů. Pokud touto závěrečnou kontrolou není odhalena závada či nefunkčnost některé ze součástí výstroje, je možné zahájit ponor.



Obrázek 7: Checklist předponorová kontrola (zpracování vlastní dle zdrojů Divesoft s.r.o.)

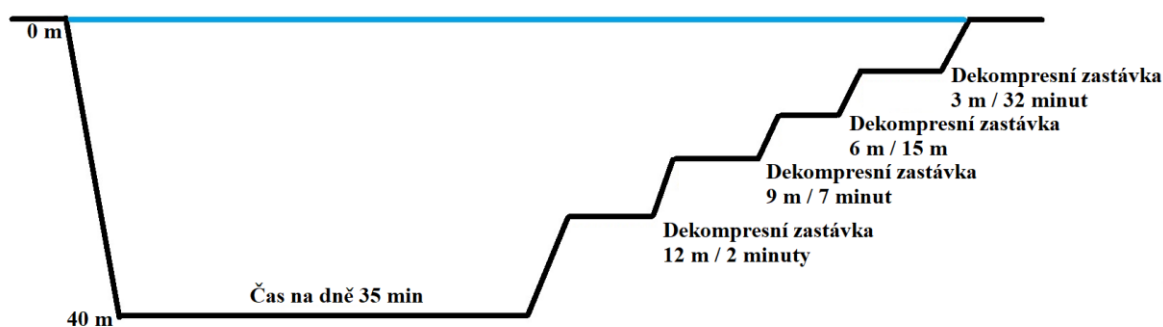
### Plánování ponoru

Mezi další opatření minimalizace rizika patří plánování ponoru. Plán ponoru vychází z několika vstupních údajů. Pro názornost zde bude využit imaginární ponor stejně jako v případě analýzy metodou PNH.

#### Parametry ponoru:

Hloubka 40m, čas na dně potřebný pro vykonání práce: 35 minut, hladinová spotřeba 25 l/min, sestupová rychlost 15m/min, směs pro dno vzduch, dekompresní směs EAN 50.

**Plán ponoru č. 1** - Tento plán ponoru byl sestaven pouze pro vzduchovou směs za použití dekompresních tabulek a postupů vycházejících z modelu Bühlmann ZH-L12, 0 – 700 m n.m. viz obrázek 8. Pro jednodušší a přehlednější výpočet nebudou dopočítávány sestupové a výstupové časy včetně spotřeby.



Obrázek 8: Plán ponoru č. 1 (zpracování vlastní)

Celkový čas ponoru:

čas na dně 35 min + dekompresní zastávky 2 min + 7 min + 15min + 32 min = **91 min.**

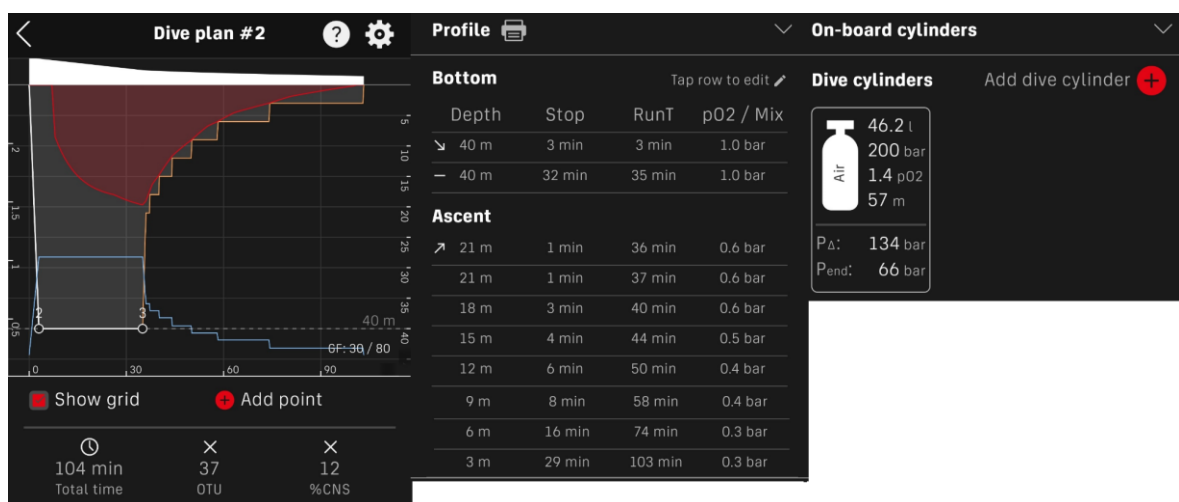
Spotřeba plynu - minutová spotřeba potápěče na hladině 25 l/min násobena celkovým tlakem v hloubce a časem stráveným v dané hloubce.

Tabulka 15: Spotřeba plynu (zpracování vlastní)

Hloubka	Výpočet
40 m	$25 \text{ l/min} \times 5 \text{ bar} \times 35 \text{ min} = 4375 \text{ l}$
12 m	$25 \text{ l/min} \times 2,2 \text{ bar} \times 2 \text{ min} = 110 \text{ l}$
9 m	$25 \text{ l/min} \times 1,9 \text{ bar} \times 7 \text{ min} = 332,5 \text{ l}$
6 m	$25 \text{ l/min} \times 1,6 \text{ bar} \times 15 \text{ min} = 600 \text{ l}$
3 m	$25 \text{ l/min} \times 1,3 \text{ bar} \times 32 \text{ min} = 1040 \text{ l}$
Spotřeba celkem	6457,5 l

Spotřeba plynu pro daný ponor je 6457,5 l vzduchu. Pokud tuto hodnotu vydělíme tlakem, kterého chceme docílit v tlakové láhvi, v tomto případě 200 bar, bude výsledná hodnota 32,28 l vodního objemu tlakové láhve. S ohledem na zůstatek rezervy 50 bar po ponoru by byla potřebná konfigurace tlakových lahví na ponor ve složení dvojčce 2 × 12 l a dvakrát stage S 80 11,1 l.

**Plán ponoru č. 2** – Jedná se o totožný ponor (hloubka, čas, směs) jako ponor č. 1. Rozdíl spočívá v použitém dekompresním modelu ZH-L16B, který byl použit pro výpočet. Výpočet nebyl prováděn prostřednictvím dekompresních tabulek ale prostřednictvím mobilní aplikace Divesoft.APP, viz obrázek 9.

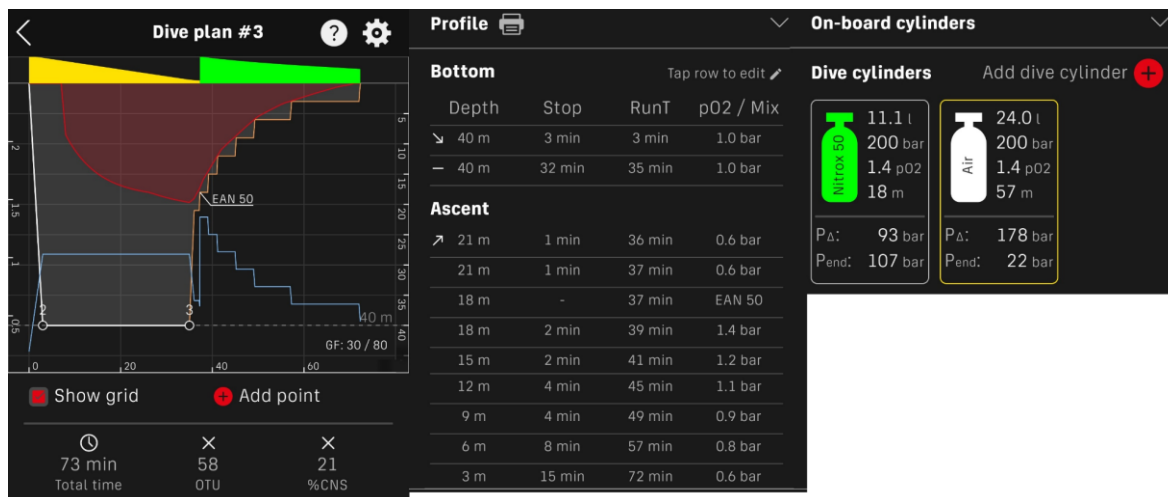


Obrázek 9: Plán ponoru č. 2 (zpracování vlastní dle software Divesoft.APP)

Výsledek plánování: celkový čas ponoru 104 minut, dekompresní zastávky 21 m, 18 m, 15 m, 12 m, 9 m, 6 m, 3 m, celkový vodní objem potřebný na ponor 46,2 l. Spotřebovaný plyn 6231 l.

**Plán ponoru č. 3** – Výpočet plánu ponoru byl proveden opět za pomoci mobilní aplikace Divesoft.APP, viz obrázek 10. Dekompresní model byl ponechán na ZHL-16B. Parametry ponoru zůstávají stále nezměněny. Změna byla provedena v použité směsi, která zde byla nastavena na vzduch a hyperoxickou směs Nitrox 50.

Výsledek plánování: Celkový čas ponoru 73 minut, dekompresní zastávky 21 m, 18 m, 15 m, 12 m, 9 m, 6 m, 3 m, celkový vodní objem potřebný na ponor 35,1 l. Spotřebovaný plyn vzduch 4272 l, Nitrox 1 032,3 l.



Obrázek 10: Plán ponoru 3 (zpracování vlastní dle software Divesoft.APP)

**Plán ponoru č. 4** – Tento plán ponoru pracuje s dekompresním modelem VPM-B a pro výpočet byl použit PC software Subsurface 6.05.5112, viz obrázek 11. Parametry ponoru totožné s plánem ponoru č. 3.



DISCLAIMER / WARNING: THIS IMPLEMENTATION OF THE VPM-B ALGORITHM AND A DIVE PLANNER IMPLEMENTATION BASED ON THAT HAS RECEIVED ONLY A LIMITED AMOUNT OF TESTING. WE STRONGLY RECOMMEND NOT TO PLAN DIVES SIMPLY BASED ON THE RESULTS GIVEN HERE.

Subsurface (6.0.5112-CICD-release) plán ponoru vytvořeno 31.03.24

Doba běhu: 72min

Hloubka	trvání	runtime	plyn
40m	2min	2min	vzduch
40m	33min	35min	
24m	2min	37min	
24m	1min	38min	EAN50
18m	0min	38min	
18m	1min	39min	
15m	0min	39min	
15m	2min	41min	
12m	0min	41min	
12m	4min	45min	
9m	0min	45min	
9m	5min	50min	
6m	0min	50min	
6m	8min	58min	
3m	0min	58min	
3m	14min	72min	
0m	0min	72min	

CNS: 27%  
OTU: 63

Dekompresní model: VPM-B s konzervatismem +1  
ATM pressure: 962mbar (402m)

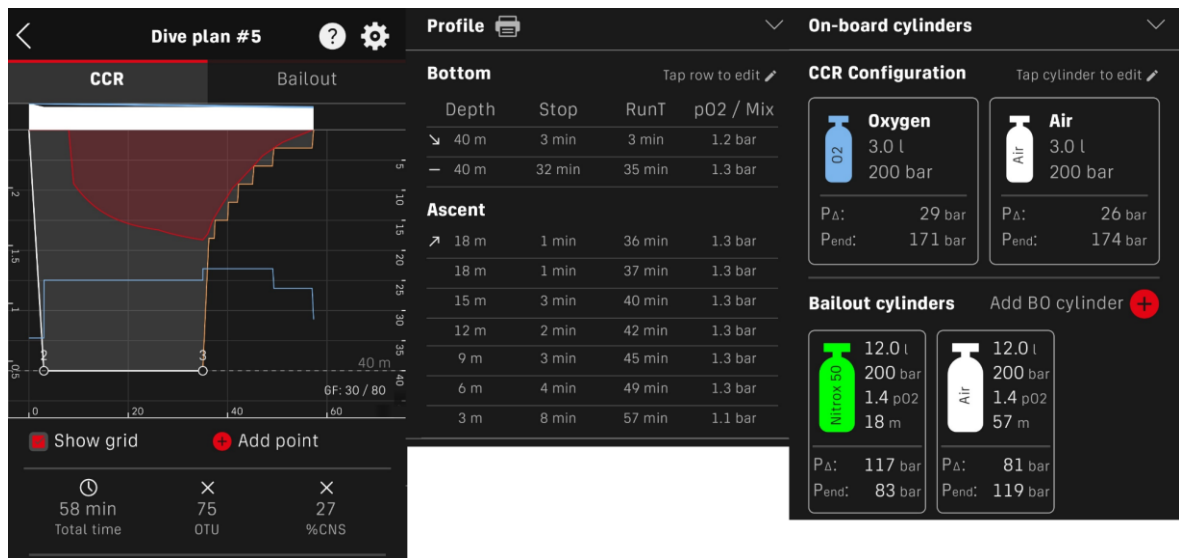
Spotřeba plynu (založená na SAC 25|20l/min):  
4 348l/187bar vzduch (149l/6bar při plánovaném výstupu)  
— Minimum plynu (založeno na 2,0xSAC/+0min@40m): 298l/12bar/Δ:7bar  
1 200l/107bar EAN50 (1 200l/112bar při plánovaném výstupu)



Obrázek 11: Plán ponoru 4 (zpracování vlastní dle software Subsurface)

Výsledek plánování: Celkový čas ponoru 72 minut, dekompresní zastávky 24 m, 18 m, 15 m, 12 m, 9 m, 6 m, 3 m, celkový vodní objem potřebný na ponor 35,1 l. Spotřebovaný plyn vzduch 4348 l, Nitrox 1 200 l.

Plán ponoru č. 5 – Hloubka a čas ponoru zůstávají stejné, dekompresní model ZHL-16B, pro výpočet použita mobilní aplikace Divesoft.APP, viz obrázek 12. Plán ponoru byl nakonfigurován pro uzavřený okruh CCR s použitým plynem: diluent – vzduch, kyslík. Záložní otevřený okruh dvě tlakové láhve 12 l vzduch a Nitrox 50.



Obrázek 12: Plán ponoru 5 (zpracování vlastní dle software Divesoft.APP)

Výsledek plánování: Celkový čas ponoru 58 minut, dekompresní zastávky 18 m, 15 m, 12 m, 9 m, 6 m, 3 m, celkový vodní objem potřebný na ponor 35,1 l. Spotřebovaný plyn CCR vzduch 78 l, kyslík 87 l. Záložní otevřený okruh – bailout by byl použit jen v případě krizové situace.

### Dílčí závěr

Plán ponoru je nedílnou součástí potápění a přípravy na potápění. Je to proces, který zásadně snižuje a eliminuje rizika. Plánovat ponor lze na základě dostupné výstroje, kdy to, co má potápeč k dispozici, určuje hloubku ponoru a celkový čas ponoru, nebo je možné plánovat v opačném postupu, konfigurovat výstroj podle naplánovaného ponoru, který vychází z podmínek na místě a potřeb souvisejících s ponorem.

Záměrně je zde vyhotoveno více plánů ponoru pro názornou ukázkou, že stačí jen změna dekompresního modelu jako v případě plánu ponoru č. 3, č. 4 a dochází k odchylkám v průběhu. Zásadní změny přicházejí se změnou dýchaného média a potápečského přístroje.



Tabulka 16: Srovnání plánů ponoru (zpracování vlastní)

	Ponor č. 1	Ponor č. 2	Ponor č. 3	Ponor č. 4	Ponor č. 5
Celkový čas	91 minut	104 minut	73 minut	72 minut	58 minut
Spotřeba plynu celkem	6457,5 litrů	6231 litrů	5304,3 litrů	5548 litrů	165 litrů
Vodní objem	46,2 litrů	46,2 litrů	35.1 litrů	35.1 litrů	30 litrů
Použitý plyn	Vzduch	Vzduch	vzduch / Nitrox 50	Vzduch / Nitrox 50	Vzduch / Kyslík

Z výsledku lze odvodit, že nejefektivnější je plán ponoru č. 5, jelikož jeho doba ponoru je oproti plánu ponoru č. 2 takřka poloviční. Tímto se snižuje riziko vystavování potápěče zbytečnému pobytu pod vodní hladinou. Dále je zde značně sníženo riziko dusíkového opojení.

Vzniká tu ovšem sekundární riziko v podobě složitější konfigurace obsahující více rizikových prvků. Další rizikový faktor spočívá v chybném nastavení dekompresního počítače vlivem častých změn typů ponorů a typů konfigurace, což může vést k zahájení ponoru s chybným nastavením. Pokud nedojde ke včasnému odhalení, může dojít k chybně provedenému ponoru, z čehož plynou další hrozící rizika.

Plán ponoru ve spojení s checklistem a analýzou PNH dokáží velice výrazně snížit rizika vyplývající z činnosti potápěčů Police České republiky.

## ZÁVĚR

Potápěči Policie České republiky si na rozdíl od rekreačních potápěčů ve většině případů nemohou říct, kdy a kde bude jejich ponor proveden. Místo a čas těmto potápěčům určuje pachatel protiprávního jednání nebo událost jiné povahy vyžadující jejich nasazení. I tento fakt zvyšuje míru rizika při potápění. Činnost tohoto charakteru proto vyžaduje kvalitní přípravu, odpovídající technické vybavení a znalosti dané problematiky. Špatná viditelnost, chlad, síla vodního toku, kontaminované prostředí jsou faktory, které často doprovází potápěče Policie České republiky. Faktory, které na komfortu ponoru nepřidají. Jsou to jedny z mnoha rizik spojených s potápěním vůbec. Potápění je a bude riziková záležitost, u které nelze zcela odstranit rizika. Dbát tak na kvalitní výcvik, neustálou edukaci a kvalitní vybavení se zázemmím je v podstatě nutnost.

Díky dlouholeté praxi v oblasti rekreačního potápění a zároveň praxi v oblasti potápění u Policie České republiky tato práce poukazuje na rizika spojená s výstrojí a v úzké souvislosti s ní, což bylo hlavním cílem této práce. Po vymezení problematiky a výstroje potřebné k potápění u PČR jsou zde následně identifikována rizika v návaznosti na jednotlivé součásti výstroje a ve spojení s metodou PNH analyzována jejich rizikovost. V kapitole č. 10 jsou navržena opatření a ošetření všech popsaných rizik a také navrženy podpůrné prostředky v podobě plánu ponoru a checklistů pro OC a pro CCR. Kazuistika jednotlivých potápěčských nehod v této práci názorně ukazuje a dokresluje, jak ignorace technických rizik, bezpečnostních postupů, zanedbání edukace v teoretické i praktické rovině může dopadnout. Je patrné, že všem těmto uvedeným rizikům se potápěči Policie České republiky snaží vyhnout nebo je eliminovat na minimum. Vymezením používané techniky a komparací vybavení jednotlivých potápěčských útvarů došlo ke zhodnocení stavu technické vybavenosti. Z výše uvedeného vyplývá, že práce naplňuje jak hlavní tak dílčí cíle práce.

V rámci potápěčského vzdělávání jsou nastaveny potápěčům procesy a mechanismy, které je vedou k minimalizaci rizik. Zároveň jsou připraveni na vznik rizikových situací a jejich řešení pomocí nouzových postupů. Je důležité klást důraz na jejich prvotní proškolení, ale i následné cvičení mimo vzdělávací kurzy, což je jedna z cest, jak snížit riziko při potápění. Dalšímu snížení rizika přispívá právě v této práci zmiňovaná znalost techniky a celé její problematiky. Ačkoliv je spousta principů fungování výstroje známa již několik desítek let, propracovanost jejího provedení je čím dál složitější a mnohdy doplněna i o elektronické

součástí. S tímto je třeba držet krok a neustále rozvíjet vědomosti o fungování, servisu a rizicích souvisejících s používáním.

Vývoj technologií ve spojitosti s umělou inteligencí v budoucnu jistě přinese nové možnosti v oblasti potápění, ale zároveň třeba i nová rizika, na která se bude potřeba řádně připravit. Nicméně je možný i opak v podobě minimalizace rizik díky novým zařízením snižující potřebu nutnosti nasazení potápěče pro vykonání činnosti pod vodní hladinou tak, jako tomu bylo v případě zařazení do výzbroje ROV a sonaru. Poznatky této práce v oblasti rizik budou využívány při edukaci potápěčů Police české republiky.

**SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY**

ABRAINI, JH; GARDETTE-CHAUFFOUR, MC; MARTINEZ, E; ROSTAIN, JC a LEMAIRE, C, 1994. Psychophysiological reactions in humans during an open sea dive to 500 m with a hydrogen-helium-oxygen mixture. *Journal of Applied Physiology*. Roč. 76, č. 3, s. 1113-1118. ISSN 8750-7587.

BENNETT, Peter B a ELLIOTT, David H, 2003. *Physiology and medicine of diving*. 5rd edition. Philadelphia: Elsevier Limited. ISBN 978-0-7020-2571-6.

BIRD, Victoria Y.; CHASTAIN-GROSS, Ryan; SUTKOWSKI, Raymond; BIRD, Vincent G.; VYAS, Paulas et al., 2017/01/01. Pseudomonas aeruginosa as an Etiologic Agent of Nephrolithiasis in Deep Water Divers. *Journal of Endourology Case Reports*. Roč. 3, č. 1, s. 4-6. Dostupné z: <https://doi.org/10.1089/cren.2016.0117>.

BOVE, Alfred A. a DAVIS, Jefferson C., 2004. *Bove and Davis' diving medicine*. 4th ed. Philadelphia: W.B. Saunders. ISBN 9780721694245.

COMMAND, United States. Naval Sea Systems, December 2016. *U.S. Navy diving manual*. Revision 7. [Washington, D.C.]: Naval Sea Systems Command, December 2016. Dostupné také z: <https://search.library.wisc.edu/catalog/9912893679202121>.

ČESKÁ AGENTURA PRO STANDARDIZACI, 2024. ČSN online pro firmy s více uživateli. Online. *ČSN online pro firmy s více uživateli*. Dostupné z: <https://csnonlinefirmy.agentura-cas.cz/Vysledky.aspx>. [cit. 2024-03-16].

ČESKO. § 158 odst. 3 zákona č. 141/1961 Sb., o trestním řízení soudním (trestní řád) - znění od 1. 4. 2024. In: [Zákony pro lidi.cz](http://www.zakonyprolidi.cz) [online]. © AION CS 2010–2024 [cit. 15. 4. 2024]. Dostupné z: <https://www.zakonyprolidi.cz/cs/1961-141#p158-3>

GRUNDEMANN, Janneke; VRIJDAG, Xavier CE; WONG, Nicole YE; GANT, Nicholas; MITCHELL, Simon J et al., 2023. Full-face snorkel masks increase the incidence of hypoxaemia and hypercapnia during simulated snorkelling compared to conventional snorkels. *Diving and Hyperbaric Medicine*. Roč. 53, č. 4, s. 313.

HÁJEK, Michal, 2017. *Hyperbarická medicína*. Aeskulap. Praha: Mladá fronta. ISBN 978-80-204-4235-2.

HZS ČR, 2001. *Dokumentace IZS*. Online. Hasičský záchranný sbor České republiky. 2016. Dostupné z: <http://www.hzscr.cz/clanek/dokumentace-izs-587832.aspx>. [cit. 2024-03-25].

- HZS ČR, 2009. *O IZS*. Online. Hasičský záchranný sbor České republiky. Dostupné z: <https://www.hzscr.cz/clanek/integrovaný-zachranný-system.aspx>. [cit. 2024-03-25].
- HATÁK, Miloslav, 2008. *Znalecký posudek ve věci utonulého potápěče lom Leštinka*. Močovice.
- HATÁK, Miloslav, 2015. *Znalecký posudek ve věci utonulého potápěče lom Orlik*. Močovice.
- HATÁK, Miloslav, 2016. *Znalecký posudek ve věci utonulého pracovního potápěče*. Močovice.
- HATÁK, Miloslav, 2018. *Znalecký posudek ve věci utonulého potápěče, Barbora, Oldřichov*. Močovice.
- HATÁK, Miloslav, 2022. *Znalecký posudek ve věci utonulého potápěče Rozkoš*. Močovice.
- HONG, S.; CHUNG, D. a KIM, J., 2017. Development of a hover-capable AUV system for automated visual ship-hull inspection and mapping. In: *OCEANS 2017 - Anchorage*. S. 1-5.
- HOVORKA, Jiří, 2011. *Potápění pod ledem*. 5. vydání. Praha: Svaz potápěčů České republiky.
- JAHNS, Jan, 2008a. *Fyzika*. Praha: Svaz potápěčů České republiky.
- JAHNS, Jan, 2008b. *Potápění s trimixem*. 2nd edition. Hlučín: Svaz potápěčů České republiky.
- JAHNS, Jan, 2012. *Úvod do potápění s rebreathery*. Hlučín: Svaz českých potápěčů.
- JAHNS, Jan, 2013a. *Míchání dýchacích směsí (nitrox, trimix)*. 2nd edition. Hlučín: Svaz potápěčů České republiky.
- JAHNS, Jan, 2013b. *Potápěčské dýchací přístroje (principy)*. 2. doplněné vydání. Hlučín: Svaz potápěčů České republiky.
- JAHNS, Jan, 2013c. *Potápění s nitroxem II*. 2. doplněné vydání. Hlučín: Svaz potápěčů České republiky.
- JAHNS, Jan; RŮŽIČKA, Arnošt a VRBOVSKÝ, Vladimír, 2013. *Přístrojové potápění: Odborné texty pro potápěčský výcvik v systému CMAS*. Praha: Svaz potápěčů České republiky.

- KASÍŇSKI, Andrzej, 2007. *Problem z manifoldem Lola*. Online. KASÍŇSKI, Andrzej. NURKOMANIA. Dostupné z: [https://www.nurkomania.pl/nurkowanie\\_testy\\_lola.htm](https://www.nurkomania.pl/nurkowanie_testy_lola.htm). [cit. 2024-03-20].
- KLEINOVÁ, Karolína, 2017. *Analýza smrtelných nehod při potápění s přístrojem na území ČR od roku 1997 do současnosti*. Diplomová práce, vedoucí Vondrášek, David. Praha: Univerzita Karlova, Fakulta tělesné výchovy a sportu, Technické a úpolové sporty.
- KMOŠEK, Petr, 2023. *PNH metoda*. Online. KMOŠEK, Petr. Petr Kmošek. 30. 1. 2023. Dostupné z: <https://www.kmosek.com/slovník/pojem/pnh-metoda/>. [cit. 2024-03-26].
- Interview s Josefem KOTLANEM, potápěč Policie České republiky v letech 1967 – 1999, Brno: OSPČV PP ČR 1. 2. 2024.
- LEINVEBER, Jiří a VÁVRA, Pavel, 2021. *Strojnické tabulky: učebnice pro školy technického zaměření*. Sedmé vydání. Úvaly: Albra. ISBN 9788073611248.
- LÍŠKA, Antonín a NOVÁK, Pavel, 1999. *Technika stlačeného vzduchu*. Praha. ISBN 80-01-01947-0.
- LUKŠ, Oldřich, 2017. *Tlakové láhve, uzavírací ventily a plnění dýchacích směsí potápěčských dýchacích přístrojů*. Online. 2017. Praha: Svaz českých potápěčů. Dostupné z: <https://www.cmas.cz/soubor-novelizace-2017-326-.pdf>. [cit. 2023-12-10].
- MIKULČÁK, Jiří; KLIMEŠ, Bohdan; ŠIROKÝ, Jaromír; ŠŮLA, Václav a ZEMÁNEK, František, 2023. *Matematické, fyzikální a chemické tabulky pro střední školy*. 7. vydání. Praha: Prometheus. ISBN 978-80-7196-551-0.
- MV-GŘ HZS ČR, 2007. *Typová činnost složek IZS při společném zásahu, Záchrana pohřešovaných osob-pátrací akce v terénu*. Online. Hasičský záchranný sbor České republiky. 1.7.2007. Dostupné z: <http://www.hzscr.cz/soubor/stc-zpat07-final-pdf.aspx>. [cit. 2024-03-27].
- NOVOMESKÝ, František, 2013. *Potápěčská medicína*. Martin: Osveta, spol s r.o. ISBN 978-80-8063-397-4.
- OSPČV PČR, 2024. *Interní materiály*. Brno.
- PROCHÁSKA, Aleš, 2009. *Nebezpečné kombinace závitů*. Online. 20.05.2009. Dostupné z: <https://www.stranypotapecke.cz/vystroj/nebezpecne-zavity.asp>. [cit. 2024-04-21].

SELLERS, Steven H, 2015. An Overview of Rebreathers in Scientific Diving 1998–2013. *Rebreathers and Scientific Diving*. Roč. 5.

SLÁDEK, Tomáš, 1999. *Dekompresní teorie a praxe*. Online. SLÁDEK, Tomáš. Strany potápěčské. 02.03.1999, 2004. Dostupné z: <https://www.stranypotapecske.cz/teorie/deco.asp?str=200410102342300>. [cit. 2024-03-14].

SMEJKAL, Vladimír a RAIS, Karel, 2013. *Řízení rizik ve firmách a jiných organizacích*. 4., aktualiz. a rozš. vyd. Expert (Grada). Praha: Grada. ISBN 978-80-247-4644-9.

ŠIMÁNEK, Jakub; PROCHÁSKA, Adam; PROCHÁSKA, Aleš a HEČKO, Jakub, 2020. *Liberty UŽIVATELSKÁ PŘÍRUČKA*. Online. Divesoft.

ŠPALEK, Jiří, 2018. *Výstroj pro rekreační, technické, vrakové a jeskynní potápění*. V Praze: Restart project. ISBN 978-80-270-4238-8.

VRBOVSKÝ, Vladimír; JAHNS, Jan; , Jiří Štětina; RŮŽIČKA, Arnošt; NACHTIGAL, Milan et al., 1998. *Potápění s přístrojem*. Praha: Svaz potápěčů České republiky.

VRIJDAG, Xavier CE; VAN OOIJ, Pieter-Jan AM a VAN HULST, Robert A., 2013. Argon used as dry suit insulation gas for cold-water diving. *Extreme Physiology & Medicine*. Roč. 2, č. 1, s. 17. ISSN 2046-7648. Dostupné z: <https://doi.org/10.1186/2046-7648-2-17>.

**SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK**

BCD	Kompenzátor vztlaku, žaket
CCR	Closed Circuit Rebreather – uzavřený okruh
ČSLA	Československá lidová armáda
MV-GŘ HZS ČR	Ministerstvo vnitra-Generální ředitelství Hasičského záchranného sboru České republiky
HBZS	Hlavní báňská záchranná stanice
HPNS	High Pressure Nervous Syndrom
HZS ČR	Hasičský záchranný sbor České republiky
IZS	Integrovaný záchranný systém
MOD	Maximální operační hloubka
OC	Open Circuit – otevřený okruh
OSPČV	Odbor speciálních potápěčských činností a výcviku
PA	Plicní automatika
PO	Poříční oddělení
PČR	Policie České republiky
SVAZARM	Svaz pro spolupráci s armádou
ÚRN	Útvar rychlého nasazení
ZJ	Zásahová jednotka
ZJ KRPC	Zásahová jednotka Krajského ředitelství policie Jihočeského kraje
ZJ KRPH	Zásahová jednotka Krajského ředitelství policie Královéhradeckého kraje
ZJ KRPP	Zásahová jednotka Krajského ředitelství policie Plzeňského kraje
ZJ KRPS	Zásahová jednotka Krajského ředitelství policie Středočeského kraje
ZJ KRPU	Zásahová jednotka Krajského ředitelství policie Ústeckého kraje



**SEZNAM OBRÁZKŮ**

Obrázek 1: Schéma eCCR (Šimánek et al., 2020).....	24
Obrázek 2: Popis CCR Liberty (Šimánek et al., 2020).....	25
Obrázek 3: Závit 3/4 NPSM vs. M 25 × 2 (Procháska, 2009).....	50
Obrázek 4: Defekt při plnění (Kasiński, 2007).....	51
Obrázek 5: Zamrzání dýchacího přístroje - kritická místa (Hovorka, 2011).....	52
Obrázek 6: Snímek dna sonarem KONSBERG MS 1000 (zpracování vlastní dle OSPČV PČR, 2024).....	80
Obrázek 7: Checklist předponorová kontrola (zpracování vlastní dle zdrojů Divesoft s.r.o.) .....	84
Obrázek 8: Plán ponoru č. 1 (zpracování vlastní).....	85
Obrázek 9: Plán ponoru č. 2 (zpracování vlastní dle software Divesoft.APP).....	86
Obrázek 10: Plán ponoru 3 (zpracování vlastní dle software Divesoft.APP).....	87
Obrázek 11: Plán ponoru 4 (zpracování vlastní dle software Subsurface).....	87
Obrázek 12: Plán ponoru 5 (zpracování vlastní dle software Divesoft.APP).....	88

**SEZNAM TABULEK**

Tabulka 1: Složení vzduchu (Liška a Novák, 1999).....	28
Tabulka 2: Vybavení OSPČV (zpracování vlastní).....	45
Tabulka 3: Vybavení ZJ (zpracování vlastní).....	46
Tabulka 4: Vybavení PO (zpracování vlastní).....	47
Tabulka 5: Vybavení ÚRN (zpracování vlastní) .....	48
Tabulka 6: Pravděpodobnost vzniku (zpracování vlastní).....	68
Tabulka 7: Hodnoty následků (zpracování vlastní) .....	68
Tabulka 8: Názor hodnotitele (zpracování vlastní).....	69
Tabulka 9: Celkové hodnocení rizika (zpracování vlastní) .....	69
Tabulka 10: Analyzování rizik PNH – výstroj (zpracování vlastní) .....	70
Tabulka 11: Analyzování rizik PNH – ponor (zpracování vlastní) .....	71
Tabulka 12: Checklist otevřený okruh (zpracování vlastní).....	81
Tabulka 13: Checklist sestrojení výstroje (Šimánek et al., 2020) .....	82
Tabulka 14: Checklist - Pre dive check (zpracování vlastní dle zdrojů Divesoft s.r.o.).....	83
Tabulka 15: Spotřeba plynu (zpracování vlastní).....	85
Tabulka 16: Srovnání plánů ponoru (zpracování vlastní).....	89

## SEZNAM GRAFŮ

Graf 1: Potápěčská akce v roce 2022 a 2023 (zpracování vlastní dle OSPČV PČR, 2024) 16

## SEZNAM PŘÍLOH

## **PŘÍLOHA P I:**