

Izolacijski aparati sa stlačenim zrakom

Koški, Saša

Undergraduate thesis / Završni rad

2016

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

Permanent link / Trajna poveznica: <https://um.nsk.hr/um:nbn:hr:128:390170>

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

Download date / Datum preuzimanja: **2025-01-10**



VELEUČILIŠTE U KARLOVCU
Karlovac University of Applied Sciences

Repository / Repozitorij:

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



zir.nsk.hr



DIGITALNI AKADEMSKI ARHIVI I REPOZITORIJI

Veleučilište u Karlovcu
Odjel Sigurnosti i zaštite

Stručni studij sigurnosti i zaštite

SAŠA KOŠKI

IZOLACIJSKI APARATI SA STLAČENIM ZRAKOM

ZAVRŠNI RAD

Karlovac, 2016.

Karlovac University of Applied Sciences

Safety and Protection Department

Professional undergraduate study of Safety and Protection

SAŠA KOŠKI

BREATHING APPARATUS WITH COMPRESSED AIR

Final work

Karlovac, 2016

Veleučilište u Karlovcu
Odjel Sigurnosti i zaštite

Stručni studij sigurnosti i zaštite

SAŠA KOŠKI

IZOLACIJSKI APARATI SA STLAČENIM ZRAKOM

Završni rad

Mentor:

mr.sc. Đorđi Todorovski,
dipl. ing.

Karlovac, 2016.



VELEUČILIŠTE U KARLOVCU
KARLOVAC UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES
Trg J.J. Strossmayera 9
HR-47000, Karlovac, Croatia
Tel. +385 - (0)47 - 843 - 510
Fax. +385 - (0)47 - 843 - 579



VELEUČILIŠTE U KARLOVCU

STUDIJ: Stručni studij sigurnosti i zaštite

USMJERENJE: Zaštita od požara

ZADATAK ZAVRŠNOG RADA

Student: Saša Koški

Naslov: IZOLACIJSKI APARATI SA STLAČENIM ZRAKOM

Opis zadatka:

- Općenito o izolacijskim aparatima sa stlačenim zrakom i princip rada
- Održavanje izolacijskih aparata sa stlačenim zrakom
- Ispitivanje izolacijskih aparata sa stlačenim zrakom
- Kompresori zraka za disanje i punjenje boca zrakom za disanje
- Primjena izolacijskog aparata sa stlačenim zrakom pri vatrogasnoj intervenciji

Zadatak zadan:

Rok predaje rada:

Predviđeni datum obrane:

05/2016.

08/2016.

09/2016.

Mentor:

Predsjednik Ispitnog povjerenstva:

mr.sc. Đorđi Todorovski, dipl. ing.

dr.sc. Zlatko Jurac, prof. v. š.

PREDGOVOR

Zahvaljujem svome mentoru i voditelju moga završnog rada mr.sc. Đorđiju Todorovskom, dipl. ing. koji je svojim znanstvenim i stručnim savjetima oblikovao ideju i pomogao mi u izradi ovoga završnog rada, bez kojega ovo sve ne bi bilo moguće.

Posebno se želim zahvaliti svojoj obitelji koja mi je pružala bezuvjetnu podršku tijekom čitavog perioda studiranja. Stručni studij je predstavljao dodatni izazov uz posao i ostale obaveze koje nameće svakodnevni život.

Želim se zahvaliti i svim djelatnicima Veleučilišta u Karlovcu koji su mi svojim radom pomogli u stjecanju znanja o zaštiti na radu i zaštiti od požara te životu u struci i oko nje.

SAŽETAK

Završni rad govori o izolacijskim aparatima sa stlačenim zrakom koji su vrlo bitni vatrogascima zaposlenim u vatrogasnim postrojbama. Spomenuti aparat je uvelike olakšao posao vatrogascima diljem svijeta.

Tijekom pisanja rada obrađene su teme poput ispitivanja i održavanja izolacijskih aparata sa stlačenim zrakom te sve popratne dijelove i uređaje koje izolacijski aparat sa stlačenim zrakom koristi. Također su obrađene teme punjenja boca uz pomoć kompresora koji se koriste kao izvor zraka za disanje iz izolacijskog aparata sa stlačenim zrakom kao i održavanje, rukovanje, posluživanje kompresora zraka za disanje i primjena izolacijski aparata pri vatrogasnoj intervenciji.

Ključne riječi: Izolacijski aparat sa stlačenim zrakom, kompresori zraka za disanje, vatrogastvo, boce sa stlačenim zrakom

SUMMARY

This final paper focuses on the subject of breathing apparatus with compressed air, which is very important for firefighters employed in fire-fighting brigades. The aforementioned device has largely facilitated the work of firefighters around the world.

The topics processed in this paper are testing and maintenance of breathing apparatus with compressed air and all supporting parts and devices that breathing apparatus with compressed air uses. The paper deals also with the subject of using a compressor for filling the cylinders namely a source of breathable air from breathing apparatus with compressed air as well as maintenance, operation service of mentioned compressors and application of breathing apparatus in firefighting.

Key words: breathing apparatus with compressed air, breathable air compressors, fire fighting, compressed air cylinders

ZAVRŠNI ZADATAK	I
PREDGOVOR	II
SAŽETAK	III
SADRŽAJ	IV
1. UVOD	1
1.1. Predmet i cilj rada	1
1.2. Izvori podataka i metode prikupljanja	2
2. FIZIOLOGIJA DISANJA	3
2.1. Proces disanja	3
2.2. Regulacija disanja	4
3. IZOLACIJSKI APARAT SA STLAČENIM ZRAKOM	5
3.1. Dijelovi izolacijskog aparata sa stlačenim zrakom	5
3.1.1. Boca sa stlačenim zrakom	6
3.1.2. Ventil boce	7
3.1.3. Ventil za redukciju	7
3.1.4. Visokotlačna cijev sa manometrom	7
3.1.5. Maska za cijelo lice	8
3.1.6. Plućni automat	9
3.1.7. Signalna zviždaljka	9
3.1.8. Leđni nosač	10
3.2. Princip rada izolacijskog aparata sa stlačenim zrakom	10
4. ODRŽAVANJE IZOLACIJSKOG APARATA SA STLAČENIM ZRAKOM	11
4.1. Održavanje maske za cijelo lice	12
4.2. Provjera ispravnosti izolacijskog aparata sa stlačenim zrakom	14
4.3. Intervali održavanja izolacijskog aparata sa stlačenim zrakom	15
5. ISPITIVANJE IZOLACIJSKIH APARATA SA STLAČENIM ZRAKOM	17
5.1. Univerzalni uređaj za testiranje izolacijskih aparata sa stlačenim zrakom ..	18
5.2. Ispitivanje maske za cijelo lice	19
5.3. Ispitivanje redukcijskog ventila	20
5.4. Ispitivanje boce	21

5.5. Kvarovi i neispravnosti izolacijskog aparata sa stlačenim zrakom i njihovo otklanjanje.....	22
6. VJEŽBALIŠTE ZA RAD SA IZOLACIJSKIM APARATIMA.....	24
7. KOMPRESORI ZRAKA ZA DISANJE.....	26
7.1. Vrste kompresora.....	26
7.2. Pogon kompresora.....	27
7.3. Princip rada kompresora zraka za disanje.....	28
7.4. Banke zraka za disanje.....	30
7.4.1. Booster metoda punjenja zraka.....	32
7.4.2. Kompresor – booster metoda punjenja zraka.....	32
7.5. Priklučenje i punjenje boca.....	33
7.5.1. Punjenje boca preko gipkih visokotlačnih cijevi.....	34
7.5.2. Punjenje boca direktno na rampi.....	35
7.5.3. Postupak punjenja boca.....	36
7.6. Održavanje kompresora.....	37
8. PRIMJENA IZOLACIJSKIH APARATA SA STLAČENIM ZRAKOM PRI VATROGASNOJ INTERVENCIJI.....	40
8.1. Štetne tvari kod vatrogasnih intervencija.....	40
8.1.1. Fizikalna klasifikacija štetnih tvari.....	41
8.1.2. Fiziološka klasifikacija štetnih tvari.....	42
8.2. Opremanje vatrogasca izolacijskim aparatom sa stlačenim zrakom.....	43
8.3. Požari zatvorenog prostora.....	44
8.3.1. Flashover.....	45
8.3.2. Backdraft.....	46
8.4. Gašenje požara zatvorenog prostora.....	48
8.4.1. Unutarnja i vanjska navala.....	49
8.5. Orijentacija vatrogasaca u zadimljenom prostoru.....	50
8.6. Taktički nastup pretraživanja i spašavanja u zadimljenom prostoru.....	51
9. ZAKLJUČAK.....	53
10. LITERATURA.....	54
11. PRILOZI.....	56
11.1. Popis simbola.....	56

11.2. Popis slika	56
11.3. Popis tablica	57

1. UVOD

U ovom radu ću obraditi izolacijske aparate sa stlačenim zrakom koji se koriste u vatrogastvu. Uz glavnu temu, također ću obraditi i punjenje boca zrakom za disanje preko kompresorskih uređaja i banaka zraka, te primjena izolacijskih aparata sa stlačenim zrakom pri vatrogasnoj intervenciji.

Zaštita organa za disanje jedno je od najvažnijih područja vatrogastva. Vatrogasci koriste izolacijske aparate sa stlačenim zrakom na intervencijama gdje je atmosfera nepovoljna za disanje ili njen sastav nije poznat. Porastom uporabe novih materijala znači da će u današnje vrijeme čak i požar u domaćinstvu često proizvesti gusti, crni i otrovni dim za koji će biti potrebno nositi zaštitnu napravu za disanje da bi se zaštitili dišni organi.

Da bi pravilno uporabili zaštitne naprave za disanje, njihovi korisnici moraju ispunjavati neke važne preduvjete. Ti preduvjeti su: zdravstveno stanje korisnika, tjelesna kondicija korisnika, dobro poznavanje naprava za disanje, prepoznavanje štetnih i otrovnih tvari te dobra i pravovremena orijentacija u zadimljenim prostorima.

Osim navedenih preduvjeta, bitno je naglasiti da korisnici naprava za zaštitu dišnih organa moraju biti osposobljeni i dobro uvježbani tako da potpuno razumiju proces rada tijekom akcije jer uspjeh neke intervencije ovisi upravo o tome.

1.1. Predmet i cilj rada

Predmet ovog rada su izolacijski aparati sa stlačenim zrakom koji se koriste pri vatrogasnim intervencijama, kompresori zraka za disanje te održavanje i ispitivanje spomenutih izolacijskih aparata. Cilj je pokazati važnost izolacijskih aparata sa stlačenim zrakom pri vatrogasnim intervencijama, te bitnost održavanja i pravilnog rukovanja istim.

1.2. Izvori podataka i metode prikupljanja

U ovom završnom radu korištena je stručna literatura za obuku vatrogasaca i stručna literatura iz područja zaštite od požara. Neki podaci su preuzeti sa interneta, a neki su preuzeti iz skripti vatrogasnih postrojbi koje služe za stručnu obuku vatrogasaca.

2. FIZIOLOGIJA DISANJA

Da bi se razumio način djelovanja i značaj zaštitnih naprava za disanje potrebno je razumjeti proces disanja ljudskog organizma. Općenito se uzima da čovjek može živjeti bez kisika oko 3 minute, što nam govori koliko je kisik potreban da bi čovjek mogao živjeti. Tijelu se potreban kisik u normalnim okolnostima dovodi udisanjem zraka iz atmosfere. Sastav udisajnog zraka je 21% kisika, 78% dušika i 1% ostalih plinova. Čovjekova potreba za zrakom ovisi o njegovoj aktivnosti (tablica 1.). Što je čovjekova aktivnost veća to je i potreba za zrakom, odnosno kisikom veća. [1]

Tab. 1. Potrošnja zraka ovisno o aktivnosti [1]

Aktivnost	Potrošnja zraka u minuti
Spavanje	5 l/min
Mirovanje	10 l/min
laki fizički posao	30 l/min
srednji fizički posao	50 l/min
teški fizički posao	70 l/min
najveća aktivnost	100 l/min

2.1. Proces disanja

Disanje je izmjena plinova između organizma i njegove okoline. Bitna karakteristika disanja je primanje kisika i otpuštanje ugljikovog dioksida.

Kod čovjeka postoje tri procesa disanja organizma: vanjsko, unutarnje i stanično disanje. Čovjekov dišni sustav sastoji se od: nosne i usne šupljine, grkljana, dušnika, dviju dušnica i pluća. Iz nosne, odnosno usne šupljine, zrak prolazi kroz grkljan te dušnikom i dušnicama dolazi do pluća.

Prije nego što dođe do pluća, udahnuti zrak se pomoću organa za disanje zagrijava i vlaži, te čisti od stranih čestica. Stezanjem i opuštanjem, međurebrenih i trbušnih mišića zrak ulazi i izlazi iz pluća. Pluća su načinjena od plućnih mjehurića (alveola) koji su okruženi krvnim kapilarama. Kisik se iz zraka unosi u plućne mjehuriće, a iz njih preko krvnih kapilara u krv. Izmjenom plinova između krvi u plućnim kapilarama i zraka u alveolama nazivamo vanjsko disanje

Protok krvi tijelom omogućuje srce koje radi kao tlačna crpka. Većim fizičkim naporom povećava se frekvencija srca, a time i količina krvi koja se tlači u krvožilni sustav u minuti. Krv zasićena kisikom dolazi do tjelesnih stanica gdje difuzijom kisik prelazi u stanice. Taj proces se naziva unutarnjim disanjem.

Staničnim disanjem nazivaju se oksidativni procesi u stanicama, u kojima se oslobađa energija. Pritom se istovremeno produkt tog izgaranja, ugljikov dioksid, ponovno predaje krvi, te ga ona prenosi do pluća u kojima se pomoću plućnih mjehurića ugljikov dioksid predaje izdahnutom zraku.

2.2. Regulacija disanja

Disanje se sastoji od dvije tjelesne radnje a to su udisanje i izdisanje. Udisanje nastaje zbog povećanja prsne šupljine, prilikom koje zrak ulazi u pluća. Udisanje je mišićna reakcija koja podiže rebra, a u isto vrijeme smanjuje dijafragmu. Na taj način nastaje povećanje kapaciteta prsnog koša i stvara se prazan prostor koji potiče zrak da ga ispuni. Izdisanje se izvodi stezanjem prsnog koša kojim se izbacuje zrak iz pluća. Izdisanje ne zahtjeva nikakav mehanički rad, zbog toga jer se oslobađanjem zraka rebra spuštaju i dijafragma se diže, povećavajući kapacitet prsnog koša i prisiljava zrak da izađe van.

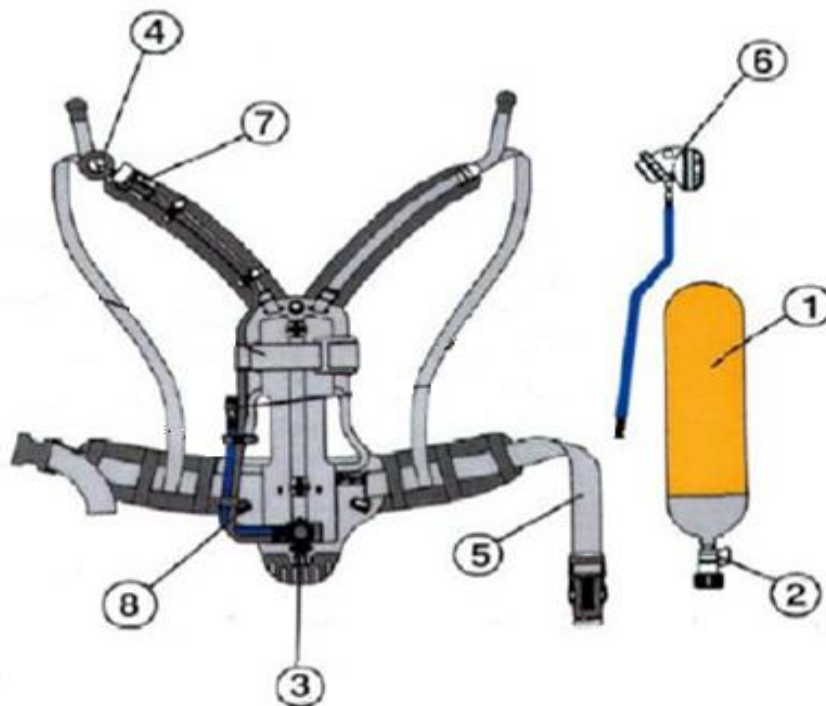
Za regulaciju disanja zadužena su središta za disanje u mozgu. U stanju mirovanja frekvencija disanja je 12 do 16 puta u minuti. Kada se javlja potreba za većom količinom energije zbog obavljanja određenog rada i mentalnih napora, disanje se pojačava i može se povećati do 30, a ponekad čak i više puta u minuti.

3. IZOLACIJSKI APARAT SA STLAČENIM ZRAKOM

Izolacijski aparat sa stlačenim zrakom upotrebljava se za zaštitu dišnih organa korisnika. Korisnik je izoliran od vanjske atmosfere tj. djelovanja kontaminirane atmosfere. Upotrebljava se svugdje gdje je koncentracija kisika u zraku premala ili je koncentracija štetnih plinova iznad dozvoljene granice. U slučaju da izolacijski aparat sa komprimiranim zrakom ima priključak za spašavanje, možemo ga upotrebljavati i za spašavanje ugroženih osoba.

3.1. Dijelovi izolacijskog aparata

Osnovni dijelovi izolacijskog aparata sa stlačenim zrakom (slika 1.) su: 1) boca sa stlačenim zrakom, 2) Ventil boce, 3) ventil za redukciju, 4) manometar, 5) pojas, 6) Plućni automat, 7) signalna zviždaljka i 8) leđni nosač.



Sl. 1. Dijelovi IA sa stlačenim zrakom [2]

3.1.1. Boca sa stlačenim zrakom

Izolacijski aparati mogu biti opremljeni s jednom ili rjeđe s dvije boce cilindričnog oblika. Također, izolacijski aparati mogu biti opremljeni i s tri boce u obliku kugle. Primjer takovog aparata je DraegerMan PSS 500. Boce se izrađuju od specijalnih čelika, aluminijskih legura, a u novije vrijeme od kompozitnih materijala (karbonska vlakna). Kompozitna boca može imati, ali i ne mora, osnovu od tankog aluminijskog, a po cijeloj površini je ojačana karbonskim vlaknima. Boca još može biti i zaštićena PVC staklenim vlaknima, te vlaknima od kevlar. Kompozitne boce su i do 50% lakše od čeličnih boca. Svaka boca za stlačeni zrak (slika 2.) mora biti označena s osnovnim podacima (radni tlak, volumen, godina proizvodnje, serijski broj). Radni tlak boce je 200 ili 300 bara, dok im je volumen različit, a najčešće 4,6 ili 6,8 litara. Količina zraka za disanje ovisi o tlaku punjenja boce. Primjerice, boca od 6 litara pod tlakom od 300 bara sadrži 1800 litara zraka, što kod potrošnje od 60 l/min iznosi 30 minuta neprekidne uporabe izolacijskog aparata.



Sl. 2. Čelična boca za stlačeni zrak [3]

3.1.2. Ventil boce

Ventili boca na izolacijskim aparatima moraju biti lako okretljivi, tako da se mogu otvarati i zatvarati rukom bez upotrebe alata. Ventili se međusobno mogu razlikovati prema priključnom spoju sa bocom (navoji M 18x1,5: M 25x2 ili E 17) koji može biti cilindričan ili konusni prema izlaznom spoju (različit za radne tlakove boca od 200 ili 300 bara). Na ventilu se nalazi filter koji sprječava prolaz vlage i krutih čestica koje se mogu nalaziti u stlačenom zraku.

3.1.3. Ventil za redukciju

Zrak iz boce pod visokim tlakom prolaskom kroz ventil za redukciju, smanjuje se na tlak od maksimalno 10 bara. To je prvi stupanj redukcije izolacijskog aparata. Na ventil za redukciju se može priključiti T-komad koji služi za istovremeno spajanje dviju kompozitnih boca sa stlačenim zrakom. Također postoji ventil za redukciju na koji je priključen sustav brzog punjenja. Taj sustav omogućuje punjenje boca bez skidanja izolacijskog aparata s korisnika. U slučaju neispravnosti ventila za redukciju, otvara se sigurnosni ventil koji propušta višak zraka tako da do korisnika ne može doći zrak pod visokim tlakom. Sigurnosni ventil otvara se između 11 i 15 bara.

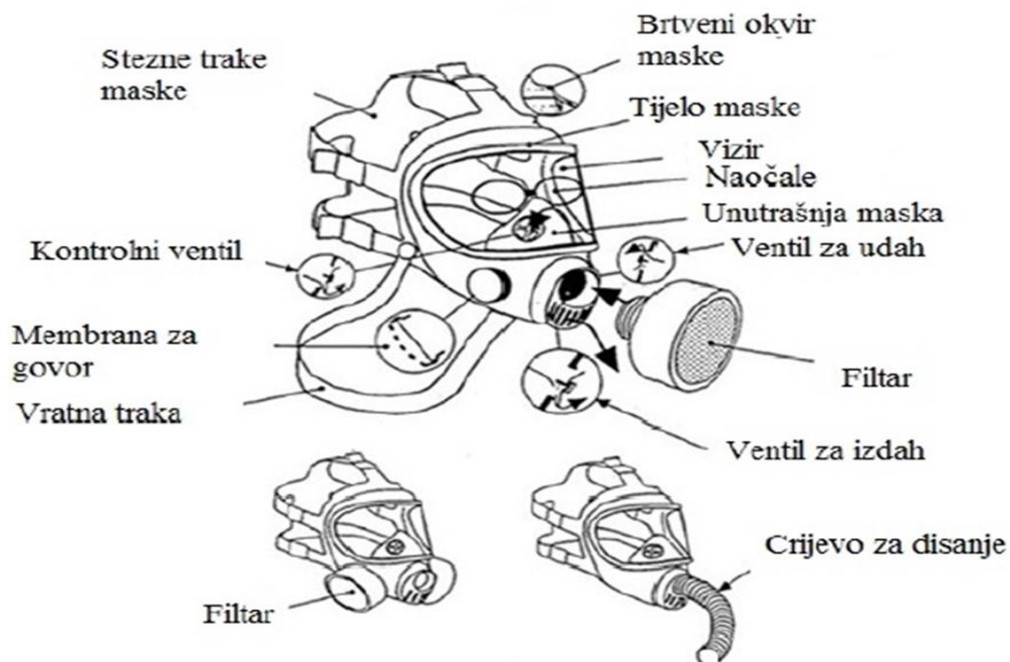
3.1.4. Visokotlačna cijev s manometrom

Manometar pokazuje tlak zraka u boci. Umnoškom očitanoj tlaka na manometru i volumena boce moguće je u svako vrijeme dobiti podatak koliko je zraka u boci. Prilikom korištenja aparata manometar mora biti na vidljivom mjestu da bi korisnik mogao češće provjeravati stanje tlaka u boci. U najnovije vrijeme umjesto manometra na visokotlačnoj cijevi može se nalaziti automatski kompjuterizirani uređaj za kontrolu zalihe zraka u boci (npr. Draeger Body Guard ili Auer ICU). Osim kontrole zalihe zraka, taj uređaj ima i druge mogućnosti, kao što su izračun preostalog vremena ovisno o stvarnoj potrošnji, alarm nekretanja, manualni alarm u slučaju opasnosti, zvučni i svjetlosni signal

u slučaju niskog tlaka u boci, prikaz temperature, mogućnost memoriranja podataka itd. U slučaju otkazivanja elektronike uređaj ima i mehaničku pneumatsku zviždaljku koja se aktivira kod nastanka niskog tlaka, te mogućnost analognog očitavanja tlaka.

3.1.5. Maska za cijelo lice

Maska za cijelo lice (slika 3.) štiti dišne organe korisnika, na nju se priključuje plućni automat. Razlikujemo maske normalnog tlaka i povišenog tlaka (maske s nadtlakom). Maske se pričvršćuju oko glave pomoću steznih traka ili u novije vrijeme pomoću metalnih kopči direktno na vatrogasnu kacigu. Kod rada s pretlačnim izolacijskim aparatima ispod obrazine maske stalno se održava pretlak što je prednost stoga što se sprječava ulazak okolnog onečišćenog zraka, ako maska nije dobro priljubljena uz lice. Maska ima zadatak štitići oči i lice od okoline. Prednost joj je veliko vidno polje, odmagljivanje stakla te govorna membrana.



Sl. 3. Maska za cijelo lice sa dijelovima [4]

Tip maske (normalnog ili povećanog tlaka) i priključni spoj maske uvijek moraju biti usklađeni s tipom plućnog automata. Priključni spoj maske, a ujedno i plućnog automata može biti: navojni Rd 40 (obli) za maske normalnog tlaka i M 45x3 – maske povećanog tlaka te utični – maske povećanog tlaka

3.1.6. Plućni automat

Pomoću elastične membrane i mehanizma s polugom, snagom pluća kod udisaja, jače ili slabije se otvara sapnica kroz koju se korisnik aparata opskrbljuje zrakom. Plućni automat je drugi stupanj redukcije izolacijskog aparata. Protok zraka traje toliko dugo koliko traje period udisaja, odnosno dok je u udisnoj cijevi podtlak. Kako postoje dvije vrste maski za cijelo lice, tako postoje i dvije vrste plućnih automata a to su plućni automat sa podtlakom i plućni automat sa nadtlakom. Plućni automat s nadtlakom mora biti opremljen ručnim (automatskim) prekidačem. Pri izdisaju, plućni se automat pomoću poluge zatvara i izdahnuti zrak kroz izdišni ventil izlazi u okolnu atmosferu. Plućni je automat ugrađen u kućište redukcijuskog ventila ili je izveden kao poseban dio. U obje izvedbe zrak se iz boce dovodi preko plućnog automata do maske armiranom gumenom cijevi.

3.1.7. Signalna zviždaljka

Signalna zviždaljka signalizira minimalnu rezervu zraka. Smještena je na visokotlačnoj strani ventila za redukciju. Njenim aktiviranjem korisnik izolacijskog aparata mora napustiti zagađenu atmosferu odnosno prostor zagađen dimom ili prostor u kojem je koncentracija kisika ispod 17%. Zviždaljka se mora aktivirati pri tlaku zraka u boci između 60 i 50 bara. Prilikom aktiviranja javlja se prodoran zvuk jačine od 90 dB koji može biti kontinuiran ili s prekidima do potpune potrošnje zraka u boci.

3.1.8. Leđni nosač sa naramenicama

Na njega se priključuje boca (jedna ili dvije) sa stlačenim zrakom. Omogućuje udobno i sigurno nošenje aparata. Neki modeli leđnih nosača imaju mogućnost aksijalnog pomaka boce što omogućuje lakše nošenje samog aparata. Izrađuje se od materijala otpornog na toplinsko zračenje. Naramenice i opasač moraju biti prilagodljivi, te moraju omogućiti korisniku da brzo i bez tuđe pomoći stavi i odloži aparat. Na leđnom nosaču se nalazi pločica s osnovnim podacima o aparatu npr. tip, serijski broj itd. Razvojem novih tehnologija i novih materijala, izolacijski aparati dobivaju sve veće mogućnosti, kompaktnost te sigurnost (npr. veći protok zraka na ventilu za redukciju, te time i mogućnost spajanja dva plućna automata ili jednu cijev; tlačno-visokotlačnu, od ventila za redukciju do manometra i plućnog automata, brže mijenjanje boca pomoću adaptera (klik spoj), odašiljanje elektronskog signala – sustav nadzora itd.).

3.2. Princip rada izolacijskog aparata sa stlačenim zrakom

Način rada ovih aparata zasniva se na opskrbi korisnika čistim zrakom za disanje iz boce. Zrak pod visokim tlakom iz boce prolazi kroz ventil za redukciju i dolazi preko tlačne cijevi do plućnog automata za reguliranje dovoda potrebne količine zraka za disanje. Izdahnuti zrak preko izdisajnog ventila na zaštitnoj masci izlazi u atmosferu, što osigurava potpunu sigurnost pri kontaktu s vrlo toksičnim ili radioaktivnim materijalima. Vrijeme rada izolacijskog aparata s komprimiranim zrakom ovisi o volumenu spremnika, o tlaku u spremniku, o težini rada koji korisnik obavlja kao i o individualnim osobinama korisnika (masa, uvježbanost, psihička spremnost). Izolacijski aparat sa stlačenim zrakom izrađuje se u dvije verzije: aparat s nadtlakom i aparat bez nadtlaka. Ukupna masa aparata spremnog za uporabu, s maskom za cijelo lice i potpuno napunjenom bocom za stlačeni zrak ne smije prelaziti 18 kg.

4. ODRŽAVANJE IZOLACIJSKOG APARATA SA STLAČENIM ZRAKOM

Sve naprave za zaštitu dišnih organa moraju biti ispravne i spremne za uporabu, jer o njihovoj ispravnosti ovisi i sigurnost korisnika. Zaštitne naprave za disanje moraju se održavati prema uputama proizvođača. Odgovornost za ispravnost tj. ispravan rad zaštitnih naprava za disanje prenosi se na vlasnika ili rukovatelja u slučaju kad naprave za disanje nestručno servisiraju ili popravljaju osobe koje nisu ovlaštene za to, te ako je riječ o načinu rukovanja koji ne odgovara namijenjenoj primjeni. [5]

Nakon svake upotrebe treba pažljivo očistiti, osušiti i dezinficirati zaprljane dijelove, napuniti boce, kompletirati aparat te provjeriti njegovu ispravnost. Provjera ispravnosti izolacijskog aparata obuhvaća sljedeće funkcionalne radnje:

- vizualni pregled kompletnog aparata
- provjera napunjenosti boce
- provjera nepropusnosti visokog tlaka
- provjera plućnog automata
- provjera signalne zviždaljke
- provjera nepropusnosti maske za cijelo lice

U slučaju da korisnici imaju uređaje za ispitivanje izolacijskih aparata i da su ovlašteni od proizvođača, provjera ispravnosti radi se na spomenutim uređajima. Aparati spremni za uporabu spremaju se u vatrogasna vozila na posebno ugrađene nosače (u samoj kabini vozila – integrirani nosači u naslonima sjedala ili u pretincu vatrogasne nadogradnje) da bi se vatrogasci što prije mogli opremiti njima (slika 4.).

Ako se aparati spremaju u prostorije objekta, skladište se na suha i hladna mjesta, bez prašine i prljavštine. Gumeni dijelovi moraju biti zaštićeni od izravnog utjecaja sunca. Potrebno je voditi evidenciju o održavanju aparata.



Sl. 4. Unutrašnjost navalnog vozila sa integriranim nosačima IA sa stlačenim zrakom u naslonima sjedala [6]

4.1. Održavanje maske za cijelo lice

Maske za cijelo lice se pakiraju pojedinačno, a ako nisu uporabljene, ambalaža mora biti plombirana. Čuvaju se u prostoriji zagrijanoj na sobnu temperaturu. Ne smiju se čuvati na mjestima koja su neposredno izložena suncu, niti u prostorijama u kojima se nalaze materijali i uvjeti koji mogu štetno djelovati na kvalitetu maske.

Nakon svake uporabe, masku treba temeljito očistiti i dezinficirati. Čišćenje i dezinfekcija vrši se u posudama s otopinom. Intervali održavanja maske za cijelo lice su navedeni u dolje navedenoj tablici (tablica 2.).

Pri uporabi sredstva za čišćenje i dezinfekciju potrebno je poštivati upute proizvođača tj. potrebno je obratiti pažnju na koncentraciju i vrijeme reakcije. Za čišćenje gumenih ili silikonskih dijelova ne smiju se koristiti organska otapala kao što su npr. aceton ili alkohol. Nakon čišćenja i dezinfekcije masku treba

detaljno isprati u tekućoj vodi. Osim ručnog pranja, maske se mogu prati i strojno. Maska se suši u visećem položaju u prostoriji sa prirodnim strujanjem zraka ili u ormaru za sušenje (izbjegavati temperaturu veću od 60 stupnjeva). Nakon čišćenja, dezinfekcije i sušenja masku treba ispitati.

Tab. 2. Intervali održavanja maske za cijelo lice [5]

Komponenta	Radnja koju treba izvršiti	nakon svake uporabe	svakih 6 mjeseci	jednom godišnje	svake 2. godine	svake 6. godine
Maska (komplet)	Čišćenje	X		X ^C		
	Dezinfekcija	X		X ^C		
	Test funkcionalnosti i propuštanja	X	X ^A			
Govorna membrana	Vizualna inspekcija membrane i O-prstena	X ^D		X		
	Zamjena O-prstena					X ^B
Izdišni i udišni ventil te upravljački ventili unutrašnje maske	Vizualna inspekcija diskova ventila	X	X ^A			
	Zamjena diskova ventila				X	X ^B

A - samo testiranje uzorka ako su maske pakirane vakumirano

B - isto treba provesti i na uređajima u skladištu

C - ne provodi se na maskama pakiranim vakumirano

D - samo ako je maska bila korištena u vrlo agresivnom mediju, npr. klor ili amonijak

4.2. Provjera ispravnosti izolacijskog aparata sa stlačenim zrakom

Izolacijski aparati sa stlačenim zrakom moraju biti ispravni prije upotrebe, jer o njihovoj ispravnosti ovisi sigurnost vatrogasca. Razlikujemo provjeru koju radi vatrogasac i provjeru ispravnosti tj. ispitivanje aparata koje rade ovlaštene osobe u servisu na ispitnim uređajima.

Provjera ispravnosti aparata koju radi vatrogasac prije, odnosno, poslije uporabe sastoji se od sljedećih postupaka:

- vizualni pregled kompletnog aparata
- provjera napunjenosti boce
- provjera nepropusnosti visokog tlaka
- provjera plućnog automata i sigurnosne zviždaljke
- provjera nepropusnosti maske za cijelo lice

Vizualni pregled kompletnog aparata vrši se tako da se aparat i njegovi sastavni dijelovi pregledaju i uoče eventualni nedostaci. Pregledava se je li koji dio oštećen ili slomljen, datum ispitivanja boce, pričvršćenost boce za leđni nosač i ventil za redukciju, otpuštenost naramenica i steznih traka na leđnom nosaču, spojenost antivibracijskog remena (ako ga ima) na ventil za redukciju.

Provjera napunjenosti boce radi se tako da otvorimo i zatvorimo ventil boce te na manometru očitamo tlak zraka u boci. Boca je napunjena ako odstupanje nije veće od 10% nazivnog radnog tlaka. U slučaju većeg odstupanja skidamo bocu i nadopunjujemo je ili stavljamo novu, te ponovno ponovimo postupak.

Provjera nepropusnosti visokog tlaka ili hermetičnost aparata radi se tako da, nakon što otvorimo i zatvorimo ventil boce, pogledamo na manometar i utvrdimo koliki je tlak. Aparat pod tlakom ostavimo neko vrijeme i za to vrijeme na manometru ne bi smjelo biti većih odstupanja. Maksimalno dozvoljeni pad tlaka je 10 bara u jednoj minuti.

Provjera plućnog automata i signalne zviždaljke. Nakon što je aparat pod tlakom i ventil boce zatvoren, polagano počnemo propuštati zrak kroz plućni

automat. Ako zrak prolazi kroz plućni automat i nisu preveliki otpori strujanja plućni automat je ispravan. Istovremeno gledamo i manometar. Kada kazaljka na manometru spusti između 60 i 50 bara mora se oglasiti signalna zviždaljka. Zvuk zviždaljke ne smije biti prigušen.

Provjera nepropusnosti maske za cijelo lice. Masku stavimo na lice, stegnemo je u udahnemo i izdahnemo. Ako zrak ulazi i izlazi iz maske znači da maska ispravno radi i da se ventili u maski otvaraju i zatvaraju. Zatim rukom zatvorimo otvor za plućni automat i naglo udahnemo. Ako se u maski stvorio podtlak (vrijedi za maske normalnog tlaka) to znači da maska dobro brtvi i da je ispravna.

4.3. Intervali održavanja izolacijskog aparata sa stlačenim zrakom

Dolje navedena tablica (tablica 3.) nam pokazuje intervale održavanja kompletnog izolacijskog aparata sa stlačenim zrakom i pojedine njegove dijelove.

Tab. 3. Intervali održavanja izolacijskog aparata sa stlačenim zrakom [6]

	Opis	Nakon uporabe	Svaki mjesec	Svake godine	Svake 3. godine	Svake 6. Godine
Kompletan aparat	Čišćenje i dezinfekcija	X				
	Vizualni pregled	X				
	Test ispravnosti i propuštanja prema Uputama za rad	X				

	Test protoka i statički test prema uputama proizvođača			X		
Plućni automat	Čišćenje i dezinfekcija prema potrebi	X				
	Zamjena membrane				X	
Redukcijski ventil	Provjera srednjeg tlaka			X		
	Zamjena O-prstena priključka visokog tlaka			X		
	Osnovni remont					X
Boca za stlačeni zrak	Napuniti na radni tlak	X				
	Provjera tlaka punjenja i datuma ispitiv. boce		X			
	Ispitivanje boce (prema nacionalnim normama)					
Ventil boce	Osnovni remont prema potrebi ili za vrijeme ispitivanja boce					
Sve gumene dijelove mjesečno kontrolirati i po potrebi zamijeniti						

5. ISPITIVANJE IZOLACIJSKIH APARATA SA STLAČENIM ZRAKOM

Ispitivanja zaštitnih naprava za disanje mogu biti: ispitivanje u svrhu certificiranja proizvoda, ispitivanje u svrhu provjere usklađenosti proizvoda s certificiranim tipom, priznavanje izvještaja o ispitivanju izdanih u inozemstvu u svrhu izdavanja potvrda o sukladnosti i periodično ispitivanje. [5]

Nositelj aktivnosti nad prva tri ispitivanja je Državni zavod za mjeriteljstvo. Naime, temeljem Zakona o normizaciji (N.N. 55/96 i 163/03) donijeti su slijedeći podzakonski propisi: Naredba o obaveznom atestiranju aparata za zaštitu dišnih organa (N.N. 55/96 i 131/00) i Pravilnik o uvjetima i načinu priznavanja izvještaja o ispitivanju izdanih u inozemstvu i izdavanja potvrda o sukladnosti (N.N. 69/97), koji definiraju ta ispitivanja.

Državni zavod za mjeriteljstvo ovlašćuje pravnu osobu za provedbu navedenih ispitivanja. Ovlaštena pravna osoba nakon obavljenog ispitivanja izdaje zapisnik o obavljenom ispitivanju ili zapisnik o provedenom postupku za priznavanje izvještaja o ispitivanju izdanih u inozemstvu i izdavanja potvrda ili produljuje certifikate za zaštitne naprave za disanje. Valjanost certifikata se produljuje svake godine.

Periodično ispitivanje zaštitnih naprava za disanje se vrši prema uputama proizvođača, a vrše ga ovlašteni serviseri proizvođača. Također, i sami korisnici zaštitnih naprava za disanje mogu vršiti periodično ispitivanje ako završe usavršavanje kod proizvođača i redovito ga obnavljaju izobrazbom, te ako posjeduju ispitne uređaje i rezervne dijelove proizvođača.

Periodično ispitivanje, te intervali toga ispitivanja nisu striktno propisani zakonskom regulativom, ali u Zakonu o zaštiti na radu (N.N. 59/96 i 114/03) između ostalog piše:

- poslodavac je dužan osigurati da sredstva rada i osobna zaštitna sredstva u svakom trenutku budu u ispravnom stanju

- poslodavac ne smije staviti u uporabu sredstva rada i osobna zaštitna sredstva ako nisu izrađena u skladu s propisima zaštite na radu i ako nisu ispravna
- poslodavac je dužan isključiti iz uporabe sredstva rada i osobna zaštitna sredstva na kojima nastanu promjene zbog kojih postoji opasnost po sigurnost i zdravlje korisnika
- poslodavac je dužan redovito obavljati preglede svih sredstva rada i osobnih zaštitnih sredstava koja koristi radi utvrđivanja da li su na njima primijenjeni propisi zaštite na radu i da li zbog nastalih promjena tijekom uporabe ugrožavaju sigurnost i zdravlje zaposlenika.

5.1. Univerzalni uređaj za testiranje izolacijskih aparata sa stlačenim zrakom

Univerzalni uređaj za testiranje izolacijskih aparata sa stlačenim zrakom služi za ispitivanje i kontrolu svih vrsta i tipova spomenutih aparata. Izborom odgovarajućeg programa lako kontroliramo pojedine dijelove izolacijskog aparata. Upotreba je jednostavna i skoro u cijelosti isključuje moguće greške. Uređaj omogućuje simulirano disanje pomoću tzv. umjetnih pluća. Za rad treba veću količinu komprimiranog zraka. Najčešće su to čelične boce volumena 50 litara s tlakom 300 bara, tzv. banke zraka. Testiranje na uređaju rade osobe zadužene za održavanje izolacijskog aparata, koje su osposobljene za rukovanje uređajem. Na spomenutom uređaju izvode se kontrolni pregledi u sljedećim vremenskim intervalima: kratki test pred uporabu, testovi po uputama proizvođača, testovi nakon popravka te testovi svakih 6 godina po napravljenom generalnom remontu.

Zrak za disanje mora zadovoljiti sljedeće granične vrijednosti po normi DIN 3188:

- CO: max. 30 ml/m³
- CO₂: max 800 ml/m³
- vodena para u tlačnoj posudi: max. 50 mg/m³ kod tlaka od 300 bar

- vodena para na izlazu iz kompresora: max. 25 mg/m³
- mineralna ulja: max. 0,3 mg/m³

5.2. Ispitivanje maske za cijelo lice

Ispitivanje maske za cijelo lice (tablica 4.) se vrši posebnom opremom u posebnim uvjetima. Prilikom ispitivanja kontrolira se brtvljenje i izdisajni ventil te provjera brtvljenja ispod vode.

Tab. 4. Vrste ispitivanja maske za cijelo lice [7]

Vrsta ispitivanja	Odstupanje (mbar)
Ispitivanje brtvljenja zaštitne maske kod tlaka od 7,5 mbara u vremenu od jedne minute.	< 0,5
Ispitivanje izdisajnog ventila pri podtlaku 10 mbara u vremenu od jedne minute	<1

Kod provjere izdisajnog ventila potrebno je skinuti zaštitnu kapu priključka maske i izvući pločicu ventila. Pločica ventila i njezino sjedište moraju biti čisti i neoštećeni. Ukoliko je potrebno, pločicu očistiti ili promijeniti tako da se prije ugradnje namoči u vodu.

Prilikom provjere brtvljenja brtveći okvir je potrebno namočiti vodom i montirati na glavu za ispitivanje. Napumpati glavu za ispitivanje tako da dobro prijanja. Nakon toga potrebno je zatvoriti priključak maske s adapterom i proizvesti 10 mbara podtlaka. Maska dobro brtvi ako razlika u podtlaku iznosi manje od 1 mbara u jednoj minuti.

Kod provjere brtvljenja ispod vode ispitnu glavu zajedno s maskom pod 10 mbar podtlaka treba uroniti u vodu i lagano okretati. Pojava mjehurića pokazuje mjesta na kojima maska ne brtvi dobro. [7]

5.3. Ispitivanje redukcijuskog ventila

Kontroliranje redukcijuskog ventila se vrši prema preporuci proizvođača. Kontrolu redukcijuskog ventila mogu provoditi samo ovlašteni serviseri koji su osposobljeni za rad. Probne vrijednosti na kojima se redukcijuski ventil ispituje se nalaze u sljedećoj tablici (tablica 5.).

Tab. 5. Vrste ispitivanja redukcijuskog ventila [7]

Vrsta ispitivanja	Odstupanje (bar)
Pad nazivnog tlaka od 300 bara u 1 minuti	< 10
Vrijednosti srednjeg tlaka	>6 < 7.5
Dopušteno odstupanje srednjeg tlaka od 6 bara i 7.5 bara	>-0.3 < 0.5
Tlak uključivanja zviždaljke kod disanja 25x2 1/min	55 ± 5
Točnost pokazivanja manometra	300 ± 10 200 ± 10 100 ± 10
Visina glasnosti zviždaljke	> 90

5.4. Ispitivanje boce

Prema Zakonu o zaštiti na radu u sredstva rada s povećanim opasnostima spadaju i posude pod tlakom, te je poslodavac dužan čuvati upute i isprave o obavljenim ispitivanjima.

Pravilnikom o tehničkim normativima za pokretne zatvorene posude za komprimirane, tekuće i pod tlakom otopljene plinove propisano je da se boce za stlačeni zrak moraju podvrgavati redovitim pregledima. Pod redovitim pregledom podrazumijeva se prvi pregled prije uporabe i pregledi koji se obavljaju u slijedećem vremenskom periodu: svake 3 godine za boce od legiranih čelika i kompozitne boce i svakih 5 godina za čelične boce.

Pravilnik se provodi u praksi tako da je vlasnik ili korisnik boca za stlačeni zrak dužan bocu podvrgnuti redovnom pregledu kod ovlaštene pravne osobe. Pregled se vrši pod nadzorom inspektora posuda pod tlakom Državnog inspektorata. Nakon obavljenog pregleda inspektora posuda pod tlakom, izdaje se rješenje o pregledu boce za slijedeće vrijeme (3 ili 5 godina), te ukucava pečat inspekcije, mjesec i godinu pregleda (za boce od legiranih čelika ili čelične boce). Prema odluci Inspekcije, posude pod tlakom (boce) starije od 40 godina stavljaju se van uporabe.

Za boce od kompozitnih materijala (karbonska vlakna) ne stavlja se pečat nego lijepi naljepnica na kojoj je otisnut pečat inspekcije te mjesec i godina ponovnog pregleda.

Prema pravilniku o stručnoj spremi i drugim uvjetima za obavljanje poslova u radnim organizacijama gdje se koriste posude pod tlakom, osoba koja puni boce mora imati položene ispite za punitelja posuda tehničkim plinovima i rukovatelja kompresorom. Spomenuti ispiti se polažu pred ispitnom komisijom Državnog inspektorata nakon čega se dobiva uvjerenje o položenom ispitu.

5.5. Kvarovi i neispravnosti izolacijskog aparata sa stlačenim zrakom i njihovo otklanjanje

Dolje navedena tablica nam pokazuje moguće pojave neispravnosti, koji je uzrok neispravnosti te kako tu neispravnost efikasno ukloniti (tablica 6.).

Tab. 6. Kvarovi i neispravnosti IA sa stlačenim zrakom i njihovo otklanjanje [8]

	Pojava neispravnosti	Uzrok neispravnosti	Način uklanjanja neispravnosti
1.	Maska ne brtvi, ispitivanje nepropusnosti dok je maska na čovjeku.	Nedostaje brtveni prsten utičnog priključka ili je oštećen. Govorna membrana je oštećena Trake maske nisu dovoljno pritegnute.	Brtveni prsten zamijeniti odnosno staviti novi. Očistiti, odnosno zamijeniti ventil za izdisaj. Zamijeniti govornu membranu. Zategnuti stezne trake.
2.	Pretlak se ne može isključiti odnosno uključiti.	Žlijeb čahure za uključivanje pretlaka ne leži u graničniku; prst za uključenje pretlaka slomljen.	Uređaj za pretlak ispravno sastaviti prema pisanoj uputi. Čahuru za ukopčavanja izmijeniti.
3.	Pretlak previsok.	Membrana previše kruta. Srednji tlak prenizak. Čahura za uključivanje pretlaka se zaglavljuje. Ventil poluge za preklop neispravan.	Ispitati otpor otvaranja plućnog automata i ako je potrebno izmijeniti membranu. Ispitati srednji tlak, eventualno ga ponovno podesiti. Uređaj za pretlak rastaviti, očistiti i zamijeniti oštećene dijelove. Rastaviti ventil poluge za preklop, neispravne dijelove zamijeniti.

4.	.Pretlak prenizak.	Opruga za pretlak preslaba. Srednji tlak previsok. Opruga u ventilu poluge za preklop prejaka. Opruga za preklop se zaglavluje.	Izmijeniti oprugu Ispitati srednji tlak, eventualno ga podesiti. Oprugu zamijeniti, uređaj za pretlak rastaviti i očistiti, oštećene dijelove zamijeniti.
5.	Plućni automat odnosno ventil za izdisaj na masci i pri uključenom pretlaku propušta.	Ventilska opruga za izdisaj oslabila. Ventil za izdisaj onečišćen. Tlak otvaranja ventila za izdisaj prenizak, pretlak previsok.	Zamijeniti oprugu, očistiti ventil za izdisaj, prije svega vodicu ventila, zamijeniti oprugu ventila za izdisaj.
6.	Govorno sporazumijevanje nejasno.	Govorna membrana oštećena.	Zamijeniti govornu membranu.

6. VJEŽBALIŠTE ZA RAD S IZOLACIJSKIM APARATIMA

Vježbalište za rad s izolacijskim aparatima je skup opreme namijenjene tjelesnoj pripravi, provjeri sposobnosti, učenju orijentacije kretanja i pretraživanja u zatvorenom prostoru uz primjenu izolacijskih aparata, u uvjetima zadimljenosti, nevidljivosti, toplinskog isijavanja i kretanja u prostoru sa različitim preprekama. Zadaća vježbališta je polaznike u što realnijim uvjetima stvarnog požara, ali uz njegovu osobnu sigurnost, naučiti koristiti izolacijske aparate u „stvarnim“ uvjetima, pri tome vodeći računa o svim zamkama koje u stvarnim uvjetima postoje. Cilj rada u vježbalištu za izolacijske aparate je stvoriti uvjete uvježbavanja i provjere sposobnosti pri radu s izolacijskim aparatima bez kojih se praktički u uvjetima zadimljenosti ne može djelovati, uz praćenje psihofizičkog stanja polaznika pri uporabi izolacijskih aparata i utvrđivanje osoba sposobnih za uporabu izolacijskih aparata. Zbog povećanog fizičkog napora preporuča se nadzor liječnika. Vježbalište za rad s izolacijskim aparatima može biti stacionarno i mobilno. Unutrašnjost vježbališta se sastoji najmanje od: prostorije za orijentaciju, prostoriju za provjeru tjelesne spreme i upravljačke (nadzorne) prostorije. [9]

Prostorija za orijentaciju (slika 5.) se sastoji od polivalentnog sklopa za kretanje (tzv. Kaveza) u više razina sa raznim preprekama i zadacima kao što su npr. zamjena ventila, provlačenje kroz cijevi, podizanje poklopca šahta, ulazak u šaht itd.



Sl. 5. Prostorija za orijentaciju u vježbalištu JVP grada Zagreba [9]

Prostorija je opremljena i uređajem za zadimljavanje, opremom za stvaranje svjetlosnih i zvučnih efekata, uređajima za povećanje temperature, te nadzornim kamerama. Oprema se nalazi u zatvorenim prostorima s vratima i prozorima određenih karakteristika.

Prostorija za provjeru tjelesne sprema se sastoji od sljedećih naprava: bicikl s ergonometrom, pokretne ljestve, pokretna staza, naprave za dizanje utega.

Preko upravljačkog pulta u upravljačkoj prostoriji vođa vježbališta vrši nadzor vatrogasaca prilikom obavljanja zadataka, te upravlja navedenim uređajima. Također postoji mogućnost memoriranja svih parametara tijekom vježbe kako bi se mogli analizirati nakon vježbe.

Osoba je uspješno obavila vježbu ako je ispunila sve navedene zadatke:

- provjeru ispravnosti izolacijskog aparata sa stlačenim zrakom
- pravilno opremanje izolacijskim aparatom sa stlačenim zrakom
- prolazak kroz vježbalište (prostorija za provjeru psihofizičkih sposobnosti i prostorija za orijentaciju
- pravilno odlaganje izolacijskog aparata sa stlačenim zrakom
- zamjena boce sa stlačenim zrakom, te ponovna provjera ispravnosti

7. KOMPRESORI ZRAKA ZA DISANJE

Kompresor je stroj koji neki plin ili paru stlačivanjem (komprimiranjem) odnosno sabijanjem prevodi iz jednog energetskog stanja u drugo, energetski vrjednije stanje, pri čemu se ne mijenja agregatno stanje, sastav plina ili pare, osim što se plin ili para “zaprljaju” česticama ulja koje služi za podmazivanje kompresora.

Dakle kompresor je volumetrijski stroj koji troši energiju na sabijanje plinova ili para pri čemu je porast temperature neželjena popratna pojava. Čistoća zraka za disanje mora odgovarati normi HRN EN 12021:2002. Ta norma utvrđuje minimalne norme kvalitete za stlačeni zrak za disanje, što uključuje razine kisika, ugljikovog monoksida, ugljikovog dioksida, maziva, vode i drugih vrsta zagađenja i mirisa. Za sad su najčešće u uporabi varijante klipnih kompresora koji tlače atmosferski zrak u različite uređaje za disanje. [10]

7.1. Podjela kompresora

Prema konstrukciji kompresore dijelimo na:

- klipne jednostupanjske kompresore radnog tlaka 10 do 15 bar
- klipne višestupanjske kompresore radnog tlaka 200 do 500 bar
- vijčane kompresore radnog tlaka 10 do 15 bar
- membranske kompresore radnog tlaka do 10 bar
- rotacijska puhalo, radnog tlaka do 2 bar
- ventilatore radnog tlaka do 1 bar

Konstrukcije kompresora mogu biti i kombinirane, kao npr. membransko – klipni ili vijčano – klipni.

Prema vrsti pogona, kompresori mogu biti pogonjeni parnim strojevima, diesel motorima, benzinskim motorima ili elektromotorima. U našoj praksi najčešće susrećemo kompresore pogonjene elektromotorima, benzinskim ili

diesel motorima. Prema namjeni, kompresore možemo podijeliti na stacionarne ili prijenosne.

Stacionarni kompresori zbog svoje mase, volumena i ovisnosti o izvoru pogonske energije moraju biti fiksirani na jednom mjestu, a karakteristika im je da imaju velike radne kapacitete 200 do 800 i više l/min, te mogu napuniti u kratkom vremenu veliki broj boca za zrak.

Prijenosni kompresori, zbog svoje male mase, volumena i kapaciteta, mogu se lako prenositi, služe za punjenje boca za zrak na terenu, a nisu zavisni o izvoru energije, jer su najčešće pogonjeni benzinskim, dizel motorima ili malim elektromotorima.

7.2. Pogon kompresora

Kompresore zraka možemo podijeliti prema vrsti pogona koji ih pokreće, a to su kompresori sa pogonskim motorom na unutarnje izgaranje i kompresori sa elektromotornim pogonom.

Prednost kompresora sa motorom na unutarnje izgaranje ispred kompresora pokretanim elektromotorom je ta da se punjenje boca može obavljati na lokacijama gdje nije dostupna električna energija. Nedostatak tog istog pogona je što je puno nepovoljniji za rad kompresora, kao i za kvalitetu dobavljenog zraka, pa stvara puno veće zahtjeve rukovatelju. Nedostaci pogona motora sa unutarnjim izgaranjem su: održavanje pogonskog motora, kompliciranije puštanje kompresora u pogon, potreba za rezervoarom goriva i maziva, vibracije uzrokovane radom motora, neujednačena vrtnja kompresora, buka te opasnost od zagađenja zraka. Najveći problem i opasnost kod ovakvog tipa kompresora je njegovo postavljanje. Prilikom postavljanja treba paziti da se cijev za usisavanje zraka okrene uz vjetar, a da cijev za ispušne plinove bude okrenuta niz vjetar tako da struja vjetra odvodi ispušne plinove dalje od uređaja.

Pogon kompresora elektromotorom jednostavniji je za rukovanje i povoljniji glede kvalitete zraka. Za električni pogon kompresora mogu se koristiti

monofazni i trofazni motori. Takvi kompresori mogu raditi i u zatvorenom i na otvorenom prostoru, bez veće opasnosti zagađenja zraka kojeg stlačuju. Vibracija i buka su svedeni na minimum. Pri radu u zatvorenim prostorijama potrebno je osigurati prikladno hlađenje uređaja što se ostvaruje strujanjem zraka ventilatora. Također je potrebno osigurati usisavanje što hladnijeg i čistijeg zraka.

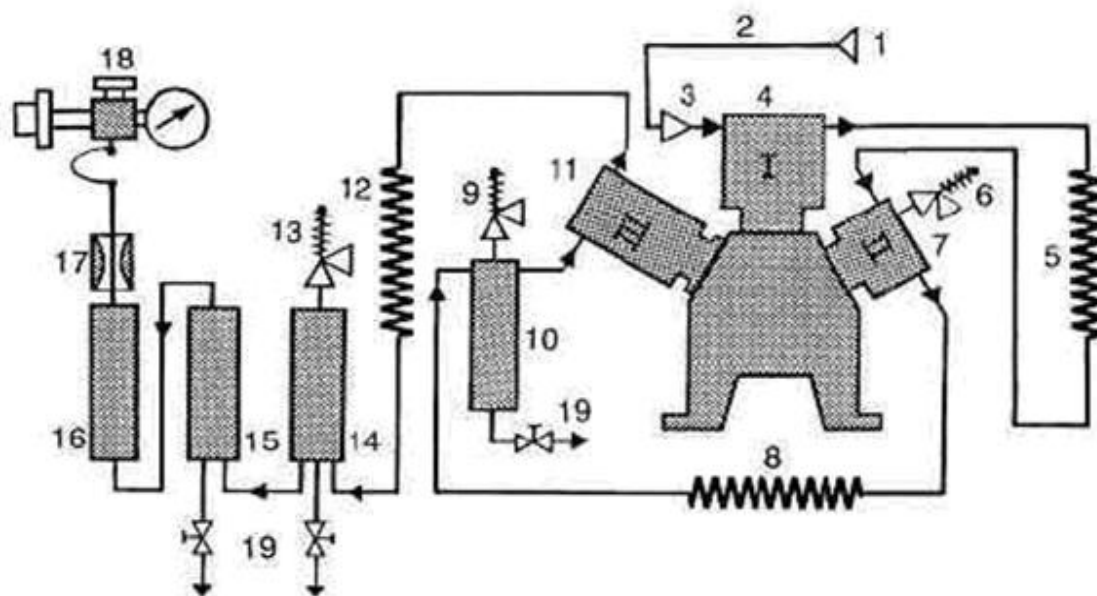
7.3. Princip rada kompresora

Kod kompresora zraka za disanje (slika 6.) usis zraka iz atmosfere omogućen je kroz predfilter koji zadržava nečistoće i krute čestice. Prečišćeni zrak se kroz fleksibilnu cijev dovoljnog presjeka dovodi do usisa kompresora. Kod dovoljno čiste sredine ova cijev nije neophodna, osim ako su u pitanju pogonski motori sa unutarnjim izgaranjem. Fini filter sa papirnatim uloškom štiti od najsitnijih krutih čestica, a smješten je na samom usisu prvog stupnja. Dopušta se rotiranje papirnato uloška za 90°, nakon što smo utvrdili da je uložak na jednom mjestu zaprljan. Rotiranje uloška dopušteno je samo četiri puta, nakon čega je isti potrebno zamijeniti.

Prvi stupanj sa usisnim i tlačnim ventilima za vrijeme faze kompresije propušta određenu količinu usisanog zraka (5 – 10 %), pored klipnih prstena u kućište kompresora (blowby). Ovaj zrak, pomiješan sa uljnim parama u kućištu kompresora, biva ponovno usisan kroz odušak kompresora koji je spojen sa usisnom cijevi, te pomaže kvalitetnom podmazivanju ventilnih pločica i stubline prvog stupnja kompresije. Tlak sabijanja prvog stupnja iznosi približno 6 bar. Cijevni spoj između prvog i drugog stupnja izveden je u obliku hladnjaka. Zrak koji dolazi iz prvog stupnja zagrijan na temperaturu od približno 120°C, hladi se u hladnjaku na temperaturu približno 10°C višu od temperature okoline. Nadtladni (sigurnosni) ventil prvog stupnja konstrukcijski je smješten na usisnu cijev drugog stupnja. Otvaranje nadtladnog ventila uslijediti će u slučaju ako u spojnoj cijevi (hladnjaku) naglo poraste tlak (primjerice ako je usisni ventil drugog stupnja neispravan).

Drugi stupanj kompresije sa usisnim i tlačnim ventilima, sabija usisani zrak iz prvog stupnja na tlak od približno 45 bara. Na tlačnoj strani drugog stupnja dobivamo zrak temperature od približno 120°C. U hladnjaku se hladi na temperaturu od približno 10 do 15°C višu od temperature okoline.

Nadtlačni (sigurnosni) ventil drugog stupnja konstrukcijski je smješten na usisnu cijev trećeg stupnja. Otvaranje nadtlačnog ventila uslijediti će u slučaju ako u spojnoj cijevi (hladnjaku) naglo poraste tlak (primjerice ako je usisni ventil trećeg stupnja neispravan). Odvajač kondenzata nastalog iz uljnih čestica i kondenzirane atmosfere vlage, fizički odvaja čestice preko filtera od sintermetala i (ili) pomoću centrifugalnog odvajanja kondenzata.



- | | |
|-------------------------------------------|-----------------------------------------------------|
| 1 PREFILTER | 11 3. STUPANJ (225/330 bar) |
| 2 USISNO CRIJEVO | 12 MEĐUHladnjak |
| 3 FINI FILTER | 13 SIGURNOSNI VENTIL 3. STUPNJA |
| 4 PRVI STUPANJ (6,5 bar) | 14 ODVAJAČ KONDENZATA |
| 5 MEĐUHladnjak | 15 KEMIJSKI FILTER |
| 6 SIGURNOSNI VENTIL 1 STUPNJA (3 bar) | 16 DODATNI ISUŠIVAČ |
| 7 2 STUPANJ (45 / 47 bar) | 17 PRIDRŽNI VENTIL |
| 8 MEĐUHladnjak | 18 ARMATURA ZA PUNJENJE |
| 9 SIGURNOSNI VENTIL 2. STUPNJA (50 bar) | 19 ISPUST KONDENZATA (manualno
ili automatski) |
| 10 ODVAJAČ KONDENZATA | |

Sl. 6. Shema trostupanjskog visokotlačnog kompresora [10]

Treći stupanj kompresije sa usisnim i tlačnim ventilima, sabija usisani zrak iz drugog stupnja na konačni radni tlak od 220 odnosno 330 bara. Na tlačnoj strani trećeg stupnja kompresije zagrijani zrak se u hladnjaku hladi na temperaturu približno 20°C višu od temperature okoline. Sigurnosni ventil trećeg stupnja ograničava izlazni tlak na vrijednost od 200 bara. Kako se naznačeni radni tlak na boci odnosi na temperaturu od 15°C, zbog zagrijanosti izlaznog zraka sigurnosni ventil je podešen na 225 bara, jer nakon hlađenja zraka, tlak u boci padne na vrijednost od 200 bar. Odvajač kondenzata nastalog iz uljnih čestica i kondenzirane atmosfere vlage, fizički odvaja čestice preko filtera od sinter-metala i (ili) pomoću centrifugalnog odvajača kondenzata. Nakon visokotlačnog odvajača kondenzata, komprimirani zrak struji dalje kroz fini pročistač od aktivnog ugljena i molekularnog sita koji imaju funkciju odstranjivanja uljnih isparenja, mirisa uljnih para i preostalog kondenzata koji bi mogao prouzročiti zamrzavanje regulatora. Pridržni - nepovratni ventil ima funkciju zadržavati izlaz zraka iz visokotlačnog separatora kondenzata sve dok tlak u sustavu ne dosegne vrijednost od približno 150 bara, radi boljeg odvajanja kondenzata, odnosno onemogućavanja povratka zraka iz boce natrag u kompresor. Na kraju sustava se nalazi priključak za punjenje boce sa ventilom i manometrom.

7.4. Banke zraka za disanje

U slučajevima kada su potrebne velike količine zraka za disanje u kratkom vremenu, na primjer kod hiperbaričnih komora¹, u velikim vatrogasnim centrima, ne pribjegava se kompresorima velikih kapaciteta jer bi to bilo nerentabilno. Grade se banke zraka (slika 7.) za disanje. Banke zraka se sastoje od odgovarajućeg broja visokotlačnih boca velikog volumena, počevši od 40 litara, pa naviše. Radni tlak visokotlačnih boca je 200 bara ili 300 bara.

¹ Hiperbarična komora je uređaj koji osigurava ljudima boravak u sredini povišenog tlaka u odnosu na prirodnu atmosferu

Razumljivo da u boce radnog tlaka 300 bara stane 50% zraka više. Visokotlačne boce spojnim cijevima spojene su u sustav spojenih posuda, a ostalu armaturu banke čine ventili, manometri, slavine i redukcijski ventili, zavisno o namjeni banke.



Sl. 7. Visokotlačne boce banke zraka [11]

Ako se zrak iz banke radnog tlaka 300 bara koristi za svrhe punjenja dišnih aparata radnog tlaka 200 bara, razumljivo je da je povoljnije pretakati (prestrujavati) iz posude sa višim tlakom u posudu s nižim tlakom.

Drugi način pretakanja zraka iz banke radnog tlaka 200 bara je tzv. kaskadno pretakanje: ovdje se pretače na način da se boce banke otvaraju jedna po jedna. Otvori se prva boca banke i pretoči u bocu koju punimo do izjednačenja tlakova, velika boca se zatvori. Otvori se druga boca banke i opet pretače do izjednačenja tlakova, tako redom do postizanja radnog tlaka u bocu koju punimo. Ovaj način je spor i neprikladan kod punjenja većeg broja malih boca.

Punjenje većeg broja malih boca prihvatljivije je direktnim pretakanjem (prestrujavanjem) iz banke zraka i dopunjavanjem iz kompresora. Kod ove metode nadopunjavanje svake naredne male boce kompresorom traje nešto duže nego prethodne, radi pada tlaka u banci nakon što smo dio zraka pretočili u malu bocu. Brzina pada tlaka u banci ovisi svakako o broju boca (volumenu) banke zraka. Ako su u pitanju hiperbarične komore, zrak iz banke se koristi posredno, preko reduktora tlaka.

Kompresori koji služe za punjenje velikih banki zraka trebaju biti potpuno automatizirani, sa kvalitetnom obradom stlačenog zraka, bez vlage i stranih mirisa. "Skladištenjem" suhog i čistog zraka sačuvat će se unutrašnjost visokotlačnih boca i ostalih komponenti od brze korozije.

7.4.1. Booster metoda punjenja zraka

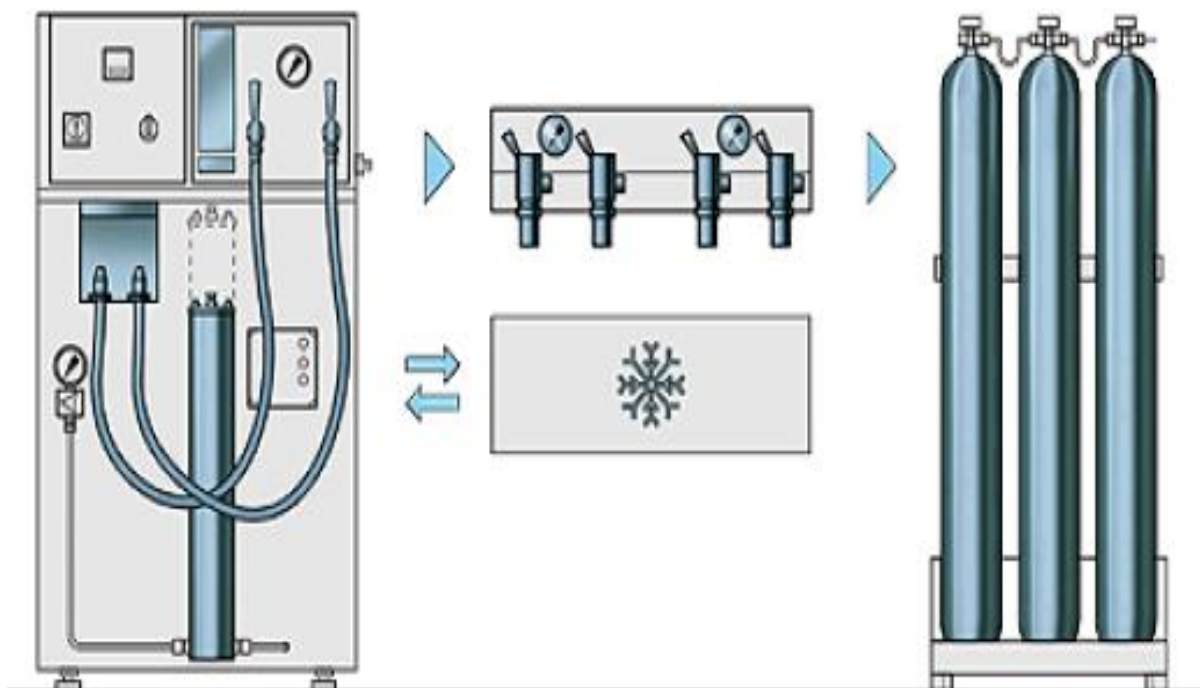
U novije vrijeme sve češće se koristi moderna metoda brzog punjenja visokotlačnih boca izolacijskih aparata namijenjenih za disanje.

Radi se o specijalnim boosterima koji imaju funkciju "ispumpavanja" komprimiranog zraka iz banke i tlačenja u boce izolacijskih aparata. Ovi kompresori mogu biti jednostupanjski ili dvostupanjski. U kompresore se dovodi zrak pod povišenim tlakom iz banke kojeg boosteri tlače u male boce. Prednosti su velike, budući da je kapacitet booster kompresora vrlo velik, od 900 l/min do nekoliko tisuća litara u minuti. Znači da banke zraka moraju imati veliki kapacitet jer ih booster može vrlo brzo "ispumpati". Negativnost je što moramo imati drugi kompresor za punjenje banke, što sigurno poskupljuje opremu.

7.4.2. Kompresor – booster metoda punjenja zraka

Ovo je najbolja metoda budući da kompresor u sebi objedinjava pozitivne značajke visokotlačnog kompresora i booster kompresora u jednom (slika 8). Ova kombinacija nadoknađuje nedostatke same booster metode, jer u pauzama

punjenja malih boca, jednostavnim pritiskom električne sklopke, kompresor s booster funkcije prelazi na funkciju punjenja banke zraka i obrnuto. Na booster funkciji kompresor puni male boce s trostrukim nazivnim kapacitetom kompresora kod normalnog punjenja. Prednosti ove metode su u samo jednom kompresoru s jednim pogonskim motorom i u samo jednoj rampi za punjenje s izborom punjenja normalnom funkcijom kompresora, pretakanje iz banke ili booster funkcija.



Sl. 8. kompresor – booster metoda punjenja [10]

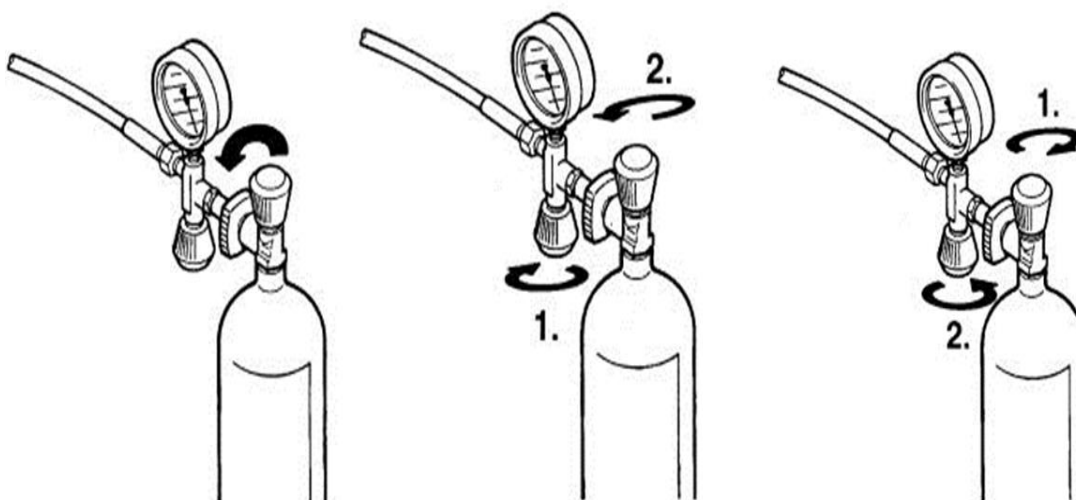
7.5. Priklučenje i punjenje boca

Priklučenje boce koju želimo puniti na kompresor, u zavisnosti od tipa ili konstrukcije kompresora te još ovisi o veličini i kapacitetu, može biti na slijedeće načine:

- preko gibljivih visokotlačnih cijevi
- direktno punjenje na rampi

7.5.1. Punjenje boca preko gibljivih visokotlačnih cijevi

Kod manjih kompresora, kapaciteta 100 – 190 l/min, boce priključujemo direktno na kompresor preko fleksibilne visokotlačne cijevi (slika 9). Ovakvi kompresori imaju ugrađene po jednu ili dvije visokotlačne (200/300 bara) priključne cijevi opremljene kontrolnim manometrom i ventilom za rasterećenje.



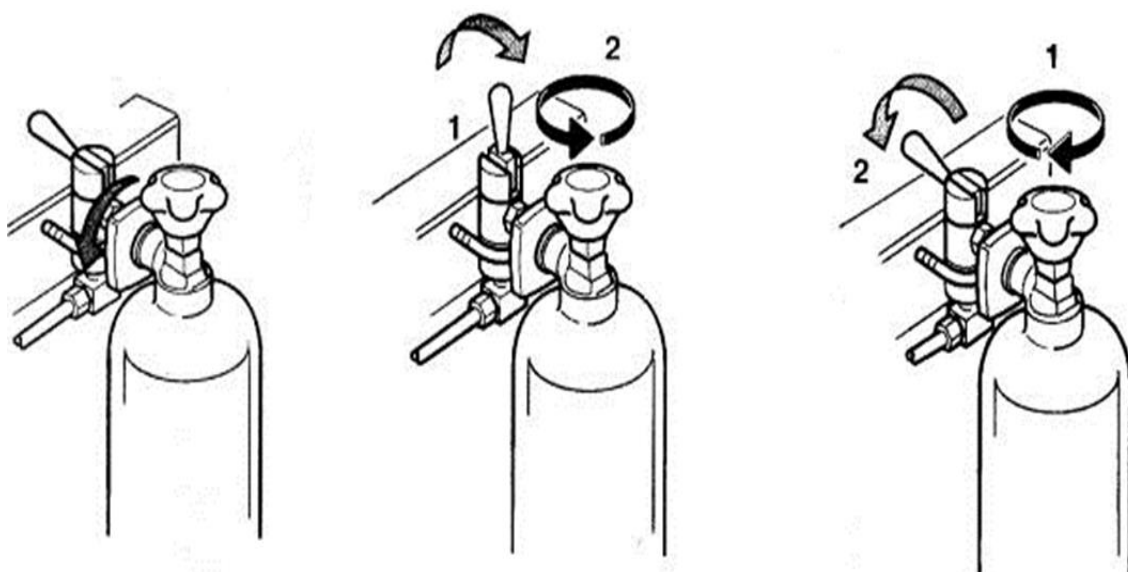
Sl. 9. po redoslijedu radnji prikazuju: priključenje boce na visokotlačnu cijev, punjenje, zatvaranje boce i rasterećenje [1]

Manometar u ovome sklopu služi za kontrolu tlaka u boci, a ventil za rasterećenje služi, da bismo nakon zatvaranja ventila boce, mogli odvojiti fleksibilnu cijev od ventila boce. Naime dok je sustav pod visokim tlakom nemoguće je odvrnuti priključni ventil, stoga je rasterećenje fleksibilne cijevi i ventila od visokog tlaka neophodno.

Važno je napomenuti da mali kompresori mogu imati i po dvije visokotlačne fleksibilne cijevi s tim da je jedna namijenjena za radne tlakove 225 bar, a druga za 330 bar. U ovom slučaju treba voditi računa o priključcima koje spajamo na ventile boce, budući da priključci nisu zamjenjivi. Sa priključkom koji je za radni tlak 330 bar ne možemo puniti bocu radnog tlaka 200 bara. Priključak za 330 bar ne paše u ventil boce radnog tlaka 200 bara.

7.5.2. Punjenje boca direktno na rampi

Veći kompresori zraka za disanje imaju priključke smještene na jednoj konzoli "rampi za punjenje" (slika 10.). Rampe za punjenje mogu biti smještene na samom ramu kompresora (interne rampe za punjenje) ili odvojeno od rama kompresora (eksterne rampe za punjenje).



Sl. 10. Po redoslijedu radnji prikazuje neposredno priključenje boce na rampu: punjenje boce, zatvaranje boce i rasterećenje [1]

Zavisno o namjeni kompresora, rampe za punjenje mogu imati priključke boca za neposredno priključenje boce na ventil za punjenje (male boce do 6 l) ili preko visokotlačne fleksibilne cijevi (za boce veće od 6 l). Rampe za punjenje mogu biti opremljene ventilima za punjenje koji se otvaraju – zatvaraju preklapanjem ili okretanjem rukohvata. Zajednička im je karakteristika, da nakon zatvaranja dotoka zraka iz kompresora, istovremeno otvaraju izlaz za rasterećenje. Ovim se stlačeni zrak iz prostora, od ventila boce do ventila za punjenje otpusti u atmosferu i time omogući demontaža priključka sa ventila boce. U slučaju kada ne bi bilo ovog rasterećenja, zbog djelovanja tlaka, demontaža priključka je gotovo nemoguća.

7.5.3. Postupak punjenja boca

Pravilan postupak punjenja boca kompresorom zraka za disanje kojeg se mora pridržavati svaki poslužitelj kompresora:

1. Proučiti upute proizvođača kompresora.
2. Provjeriti razinu ulja u kompresoru.
3. Prije startanja, rukom provjeriti pokretljivost pogonske remenice.
4. Kod pokretnih kompresora, (benzinski pogon) dignuti usis i orijentirati ga uz vjetar.
5. Odvrnuti slavine za ispuštanje kondenzata.
6. Bocu koju punimo ne hladiti u vodi jer je veća šteta od koristi.
7. Provjeriti radni tlak svih boca koje punimo. Boce radnog tlaka 200 bara ne mogu se i ne smiju priključivati na kompresor (ili priključnu cijev) radnog tlaka 330 bara.
8. Provjeriti ateste (žig inspekcije) svake boce koju punimo. Atesti ne smiju biti stariji od 3 godine.
9. Kod prvog startanja kompresora, provjeriti smjer okretanja kompresora. U slučaju pogrešnog smjera okretanja, hlađenje kompresora neće biti zadovoljavajuće.
10. Metalni udarci koji se čuju iz kompresora, normalna su pojava. Nastaju sudaranjem vodećeg klipa 3., odnosno 4. stupnja sa slobodno letećim klipom. Udarci će nestati kada se iznad slobodno letećeg klipa postigne odgovarajući tlak koji će slobodno leteći klip držati u kontaktu sa vodećim klipom.
11. Zatvoriti ventile za ispuštanje kondenzata i započeti sa dizanjem tlaka (ventil boce zatvoren). Promatrajući dizanje tlaka koji u početku raste vrlo polako do približno 150 bara, nakon čega tlak naglo poraste. To je ujedno znak da pridržni ventil ispravno funkcionira.
12. Nakon postizanja radnog tlaka otvoriti lagano ventil boce.
13. Ako tijekom punjenja primijetimo bilo kakvu neispravnost boce ili ventila boce, odmah prekidamo punjenje i neispravnu bocu odstranjujemo i praznimo.

14. Nakon postizanja radnog tlaka boce, istu prvo zatvaramo, rasterećujemo spojnu fleksibilnu cijev i priključujemo novu bocu, otvaramo slavinu za punjenje na kompresoru, a nakon toga otvaramo ventil boce i započinjemo punjenje.
15. Boce napunjene na radni tlak odlažemo u prostor zaštićen od sunca ili drugih izvora topline, vodeći računa da su boce zaštićene od oštećenja, posebice ventili boca
16. Nakon završetka punjenja, ispustiti kondenzat iz svih separatora, zatvoriti ventile za ispuštanje kondenzata. Ovim sprječavamo prodor vlažnog atmosferskog zraka u sustav za prečišćavanje kompresora. [10]

7.6. Održavanje kompresora

Svaki proizvođač kompresora daje naputak o korištenju i održavanju kojeg se obavezno moramo pridržavati.

Za ispravan rad kompresora posebnu pozornost potrebno je posvetiti podmazivanju. Osnovni je zadatak maziva spriječiti trenje i habanje pokretnih dijelova kompresora i poboljšati njegovo hlađenje. Kvaliteta ulja znatno utječe na kvalitetu dobivenog komprimiranog zraka. Neadekvatno mazivo može zbog visoke temperature koja nastaje pri tlačenju, izgarati, pri čemu se razvija otrovni ugljični monoksid i drugi otrovni plinovi, čiju prisutnost u komprimiranom zraku ne možemo otkriti našim osjetilima. Za podmazivanje koristimo isključivo ulja koja preporuča proizvođač, odnosno ulja koja odgovaraju, svojim fizikalnim i kemijskim karakteristikama, proizvodnji zraka za disanje.

Razinu ulja obvezno je kontrolirati svakodnevno prije stavljanja kompresora u pogon. Razina ulja mora se kretati unutar oznake na mjernoj šipki. Intervale zamjene ulja također određuje proizvođač kompresora svojim uputstvima za održavanje i rukovanje kompresorom. Kod kompresora s visokotlačnim sustavom za podmazivanje, neophodno je jednom godišnje kontrolirati tlak ulja u sustavu.

Zbog prisutnosti prašine, krutih čestica, insekata, vlage, uljnih para i drugih primjesa, kompresori zraka za disanje opremljeni su mehaničkim i kemijskim filtrima. Filtri počinju prerađivati usisani zrak već na samom ulazu u kompresor, pa sve dok zrak ne bude stlačen u bocu.

Moramo se pobrinuti prvo da usis kompresora bude dobro postavljen. Ne smijemo dozvoliti da usis bude postavljen u blizini izvora prašine, isparavanja različitih kemijskih tvari ili ispušnih plinova pogonskih motora.

Produkti nepotpunog izgaranja bilo kojeg goriva ili ispušni plinovi motora u praznom hodu sadrže otrovni ugljični monoksid (CO), te moramo paziti da se ne nađu u blizini usisa kompresora. Također moramo voditi računa da usis kompresora ne bude direktno izložen atmosferskim padalinama koje bi mogle vlažiti usisni filter i time umanjiti njegovu funkciju. Usisavanje zraka, ovisno o vrsti pogona kompresora, može biti direktno u usisni filter (kod pogona elektromotorom) ili preko produžne usisne cijevi (kod pogona motorom s unutarnjim izgaranjem).

Prilikom rada kompresora stvara se kondenzat. Kondenzat je mliječno bijela emulzija nastala miješanjem čestica ulja za podmazivanje kompresora i usisane vodene pare zajedno sa zrakom. Ovaj sadržaj vlage je ovisan o temperaturi. Topli zrak može sadržavati značajno više vodene pare-vlažnosti nego hladni. Primjerice, kod temperature zraka od 30 °C prostorni metar zraka može sadržavati i do 30,4 g vode, te kažemo zrak je zasićen sa 100 % relativne vlažnosti. Ista količina zraka sa sadržajem 15,2 g vode ima dakle, 50 % relativne vlažnosti.

Ako isti volumen zraka ohladimo na nižu temperaturu i prekoračimo točku rosišta², doći će do otpuštanja vodene pare iz zraka i pretvaranja u kapljice vode. Kod kompresije se volumen usisane mješavine atmosferskog zraka značajno smanjuje, raste relativna vlažnost pri čemu se sav “višak” relativne vlažnosti iznad 100 %, otpušta – ukapljuje u obliku kondenzata, a u sustavu za

²Točka rosišta je stanje vlažnosti i temperature kada vodena para iz plinovitog prelazi u tekuće stanje.

prečišćavanje ostaje i dalje zasićena mješavina sa 100% relativne vlažnosti (vodene pare). [10]

8. PRIMJENA IZOLACIJSKIH APARATA SA STLAČENIM ZRAKOM PRI VATROGASNOJ INTERVENCIJI

Izolacijski aparat sa stlačenim zrakom koristi se kad postoje ili su predviđene u radnoj atmosferi veće količine štetnih ili otrovnih tvari, ili kad je udio kisika manji od 17 vol%. Pritom se vrši zaštita (izolacija) dišnih putova, kože lica i očiju od okolne atmosfere. Izolacijski aparat omogućava potpunu neovisnost (autonomnost) o atmosferi i okruženju. Također izolacijski aparat osigurava potpunu sigurnost pri kontaktu s vrlo toksičnim materijalima zahvaljujući nadtlaku koji vlada u maski. [7]

Gotovo pri svakoj intervenciji vatrogasci su izloženi negativnom djelovanju fizikalnih, kemijskih i bioloških izvora štetnosti. Pri gašenju požara javljaju se plinovi, pare i sve ostale moguće kemijske štetnosti, što ovisi o nizu faktora, među kojima prvenstveno spadaju tvari koje su u procesu gorenja. Izolacijski aparat sa stlačenim zrakom se također koristi kod određenih tehničkih intervencija kao što su curenje plina, razne intervencije u industriji i sl. Primjena spomenutog aparata je također vrlo važna kod vatrogasnih intervencija u kojima nije poznata radna atmosfera, odnosno ima li štetnih tvari u atmosferi, u kojem volumnom postotku i koja je vrsta štetnih tvari.

8.1. Štetne tvari kod vatrogasnih intervencija

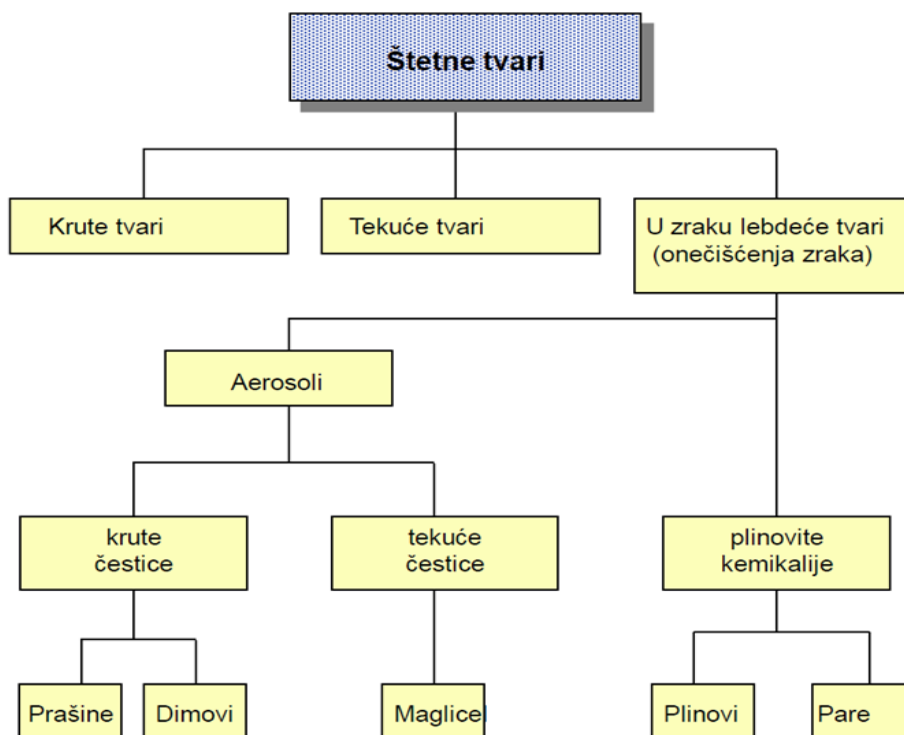
Štetnim i otrovnim tvarima smatraju se one tvari koje, kad uđu u organizam čak i u relativno malim količinama, izazivaju poremećaj normalnih funkcija organizma ili pojedinih organa. Štetne i otrovne tvari klasificiraju se prema više kriterija, ali za korisnike zaštitnih naprava za disanje najvažnija su fizikalna i fiziološka klasifikacija.

8.1.1. Fizikalna klasifikacija štetnih tvari

Pod fizikalnom klasifikacijom (slika 11.) smatramo podjelu štetnih tvari prema obliku u kojem se one nalaze u zagađenoj atmosferi, a mogu se nalaziti u obliku plinova, para ili aerosola.

Plinovi su tvari koji se pri sobnoj temperaturi i atmosferskom tlaku nalaze u plinovitom agregatnom stanju. Također se mogu nalaziti u obliku elemenata spojeva. Primjeri: kisik, dušik (plinoviti elementi) te ugljikov monoksid, sumporovodik, cijanovodik (plinoviti spojevi).

Para je plinska faza tekućine odnosno pare se uvijek pojavljuju uz prisutnost tekućine. Tekućine normalno isparavaju kod sobne temperature i iznad njih uvijek ima para. Što je temperatura veća, isparavanje je brže i intenzivnije, a time se i povećava koncentracija para u zraku. Plinovi i pare se ponašaju jednako po fizikalnim značajkama, te je i način zaštite od plinova i para isti.



Sl. 11. Fizikalna klasifikacija štetnih tvari [12]

Aerosoli su skup čvrstih ili tekućih čestica raspršenih u zraku, koji tako čine koloidne sustave³. Veličina tih čestica kreće se od 1 do 100 µm. Zavisno od veličine čestica ti sustavi mogu biti nestabilni i stabilni. Najopasnije čestice za čovjekovo zdravlje su čestice manje od 2 µm jer one prodiru u najsitnije dišne putove.

8.1.2. Fiziološka klasifikacija štetnih tvari

Pod fiziološkom klasifikacijom podrazumijevamo podjelu štetnih tvari prema njihovom načinu djelovanja na ljudski organizam. Po načinu djelovanja razlikuju se stanični otrovi, krvni otrovi, nervni otrovi, zagušljivci i nadražljivci.

Stanični otrovi oduzimaju stanicama vodu ili se vežu na važne oksidacijske enzime te tako onemogućuju stanično disanje, ishranu stanica, zgrušavaju ih i usmrćuju.

Krvni otrovi razaraju crvena krvna zrnca ili se vežu na hemoglobin, onemogućujući oksidacijski proces disanja.

Nervni otrovi razaraju živčane stanice te tako prekidaju prenošenje živčanih podražaja.

Zagušljivci svojom nazočnošću istiskuju odgovarajuću količinu kisika iz atmosfere odnosno respiratornog zraka, te oštećuju najsitnije dišne putove (dušnik i dušnica) i plućne mjehuriće (alveole). Dolazi do nakupljanja tekućine u alveolama i zbog toga kisik ne može doći do krvi.

Nadražljivci su otrovi čija primjena nema svrhu da izazove smrt, već djeluje tako da nadražuje oči, dišne putove i kožu.

Za korisnike zaštitnih naprava za disanje, u ovom slučaju vatrogasci, bitno je znati koje su opasnosti od dima i plinova koji nastaju tijekom požara.

³ Koloidni sustav je svaki sustav koji ovisi o broju čestica, a ne o njihovoj vrsti.

Dim se sastoji od plinovite faze i čestica nagorjele tvari. Dim može biti različite boje (ovisno što gori), prisutan u manjim ili većim količinama (ovisno o količini kisika). Plinska faza koja se formira tijekom razvoja požara je promjenjivog sastava i zavisi prvenstveno od kemijske građe tvari koja gori i brzine sagorijevanja. Koncentracija plinovitih produkata je veća što je proces sagorijevanja brži.

Važno je naglasiti da su gotovi svi plinoviti produkti gorenja izravno otrovni. U novije vrijeme korištenjem cijelog niza materijala u graditeljstvu, industriji kao što su npr. plastika, guma te različiti sintetički i prirodni tekstilni materijali, mnogostruko se povećava opasnost trovanja vatrogasaca u slučaju gorenja tih materijala prilikom vatrogasnih intervencija.

8.2. Opremanje vatrogasca izolacijskim aparatom sa stlačenim zrakom

Kada smo sigurni da je izolacijski aparat sa stlačenim zrakom isprava, vatrogasac se može njime i opremiti (slika 12.).

Aparat stavljamo na sebe tako da je ventil boce okrenut prema dolje. Stegnemo naramenice istovremenim povlačenjem kopči naramenica prema dolje, te zategnemo opasač. Otvorimo ventil boce do kraja, vratimo ga pola okretaja natrag i priključimo plućni automat na masku. Stavimo masku na glavu i simetrično uz glavu stegnemo trake maske.

Nakon toga na glavu stavljamo vatrogasnu kacigu koju smo prije stavljanje maske zbacili iza leđa ako je remen kacige dovoljno dugačak ili odložili sa strane. Prilikom stezanja remena kacige treba paziti da se ne ispreplete sa remenom maske i s cijevi plućnog automata. U slučaju da se vatrogasac oprema i potkapom, potkapa se stavlja nakon što se na glavu stavi maska.



Sl. 12. Pravilno opremljeni vatrogasci izolacijskim aparatom sa stlačenim zrakom [13]

Kod skidanja aparata radimo obrnutim redoslijedom. Prvo otpustimo stezne trake maske, skinemo masku, otkojimo plućni automat, opasač, otpustimo naramenice te skinemo aparat. Zatvorimo ventil boce te kroz plućni automat rasteretimo sustav aparata.

8.3. Požari zatvorenog prostora

Požarom zatvorenog prostora smatra se onaj požar koji se razvija u prostoru koji je ograničen svojom konstrukcijom - najčešće u zgradi, proizvodnom pogonu, u jednoj ili više prostorija nekog objekta ili u šupljinama konstrukcija zgrade. Razvoj požara u zatvorenom prostoru zavisi o svojstvu i količini gorive tvari, kao i o količini kisika. Često ovakvi požari, uslijed nedostatka kisika, tinjaju satima, a naglim otvaranjem vrata i ulaskom svježeg zraka dolazi do burne reakcije vrućih plinova.

U zatvorenom prostoru toplina se sakuplja u gornjim dijelovima prostorije, a dim i ostali produkti gorenja ispunjavaju gornje i donje dijelove prostora, što rezultira otežanim kretanjem i orijentacijom tokom akcije spašavanja i gašenja požara. Također, opasnost predstavlja i moguće urušavanje konstrukcijskih dijelova objekta koji nisu zaštićeni od djelovanja topline.

U ovoj vrsti požara obavezno je korištenje izolacijskog aparata sa stlačenim zrakom budući da je atmosfera u koju vatrogasac ulazi nepodobna i opasna za samostalno disanje. Postoje i intervencije gdje se ne može sa stopostotnom sigurnošću odrediti jeli atmosfera sigurna ili nije za disanje. U takvim situacijama je također obavezno korištenje izolacijskog aparata sa stlačenim zrakom. Razlog korištenja izolacijskog aparata sa stlačenim zrakom u većini vatrogasnih intervencija je zaštita unutarnjih i vanjskih dišnih organa kao i zaštita kože lica.

8.3.1. Flashover

Flashover (slika 13) se još naziva i plameni udar ventiliranog zatvorenog prostora. To je prijelaz između faze razvoja požara i njegove razbuktales faze (faze širenja), i nije specifičan za sve požare.

Tijekom flashovera karakteristika požara se značajno mijenja u kratkom vremenu. Od požara koji je ograničen na žarište, pretvara se u požar koji zahvaća cjelokupni gorivi materijal. Sloj zagrijanih plinova uz strop prostorije, koji je formiran u fazi razvoja požara, prenosi toplinsku energiju radijacijom (zračenjem) na gorivi materijal koji nije u blizini žarišta požara. Pri pojavi flashovera, prosječna energija radijacije koju uzrokuju zagrijani plinovi (dim) u višim dijelovima prostorije, značajno prelazi 20 kW/m^2 . Ovaj oblik energije, prenesen radijacijom uzrokuje pirolizu cjelokupnog gorivog materijala koji je toj energiji izložen. Plinovi nastali pirolizom gorivog materijala zagrijani su do temperature paljenja, a radijacijom se toplinska energija prenosi sa sloja vrućih požarnih plinova i dima u više dijelove prostorije.



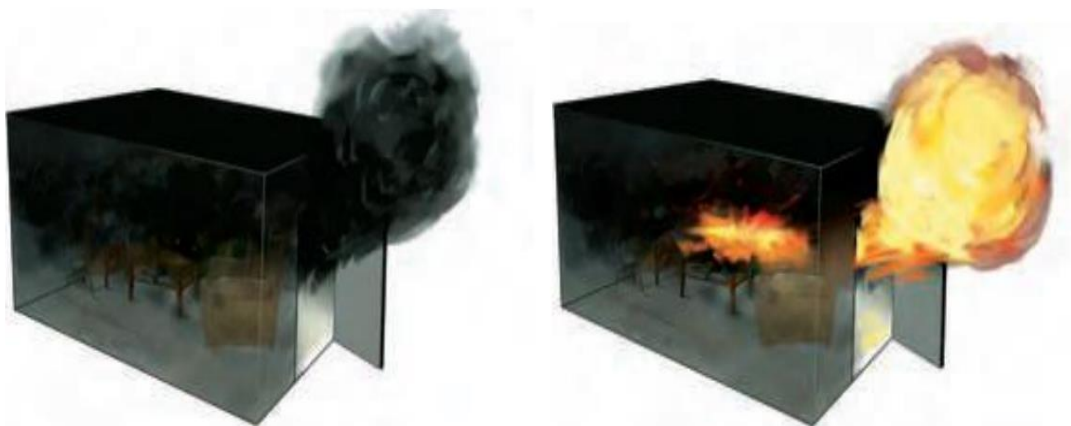
Sl. 13. Obuka vatrogasaca na flashover simulatoru [14]

Prilikom gašenja zatvorenog prostora u fazi flashovera za vatrogasca nikada nije sigurna pogotovo ako su vatrogasci zatečeni bez mlaza. U tom slučaju se mogu samo osloniti na svoju osobnu i zaštitnu opremu. U tome slučaju izolacijski aparat je neophodan kao i u svim požarima zatvorenog prostora zbog zaštite unutarnjih i vanjskih organa za disanje te kože lica.

8.3.2. Backdraft

Za razliku od flashovera, backdraft (slika 14.) je plameni udar neventiliranog zatvorenog prostora. Vatrogasci koji djeluju na požaru zatvorenog prostora, moraju koristiti velike mjere opreza pri ulasku u požarom zahvaćen prostor ili u akciji vodoravnog ventiliranja tog prostora (otvaranjem vrata ili prozora). Razvojem požara u neventiliranom prostoru dolazi do nakupljanja velikih količina vrućih, zapaljivih, plinovitih produkata pirolize iz samog procesa gorenja.

Temperatura tih plinova je iznad temperature samozapaljenja, ali zbog nedovoljne količine kisika ne može doći do njihovog zapaljenja. Bilo koje djelovanje vatrogasaca pri kojem je omogućeno miješanje tih zapaljivih plinova sa zrakom, dovodi do reakcije eksplozijskog zapaljenja nastale smjese i naziva se backdraft.



Sl. 14. Ilustracija koja prikazuje pojavu backdrafta [15]

Bilo koje djelovanje vatrogasaca pri kojem je omogućeno miješanje tih zapaljivih plinova sa zrakom, dovodi do reakcije eksplozijskog zapaljenja nastale smjese i naziva se backdraft.

Sigurnosna mjera kod moguće pojave backdrafta je uspostavljanje okomite ventilacije prije ulaska vatrogasaca u prostor (pravljenje ventilacijskog otvora na najvišoj točki na stropu ili krovu prostora zahvaćenog požarom), kako bi se omogućio nesmetan izlazak neizgorjelih zapaljivih plinova iz prostora koji imaju tendenciju uzdizanja u više razine.

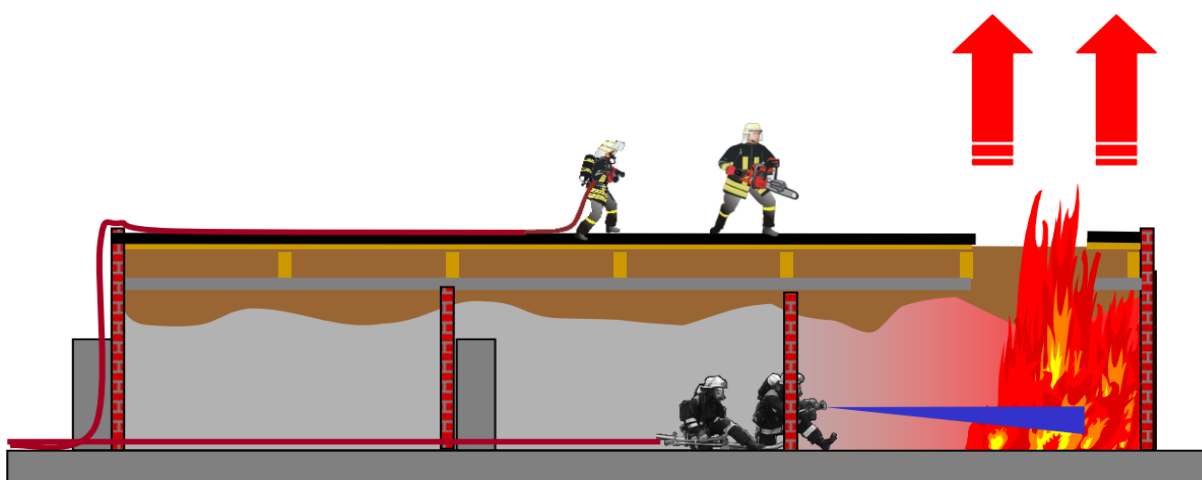
Zbog produkata pirolize iz procesa gorenja obavezna je upotreba izolacijskog aparata sa stlačenim zrakom svim vatrogascima koji neposredno sudjeluju u intervenciji gašenja i spašavanja zbog zaštite unutarnjih i vanjskih dišnih organa. Također postoji opasnost od eksplozijskog zapaljenja zapaljive

smjese nastale u opožarenom prostoru. Vatrogasci ovoj vrsti požara moraju pristupiti sa posebnom pažnjom.

Voditelj intervencije mora na vrijeme utvrditi o kojoj vrsti požara se radi, te ukoliko ima naznaka da se radi o backdraftu, upozoriti vatrogasce koji sudjeluju u intervenciji gašenja i spašavanja.

8.4. Gašenje požara zatvorenog prostora

Gašenje požara u zatvorenom prostoru (slika 15.) mora biti usklađeno da bi bilo uspješno. Vatrogasci moraju obavljati određene akcije u određeno vrijeme po zapovjedi voditelja intervencije. Ovisno u uvjetima na požarištu zapovjednik može narediti spašavanje i sprječavanje izlaganja unesrećenih vatri umjesto gašenja požara. Usklađenost vatrogasnih grupa je na različitim funkcijama je presudno.



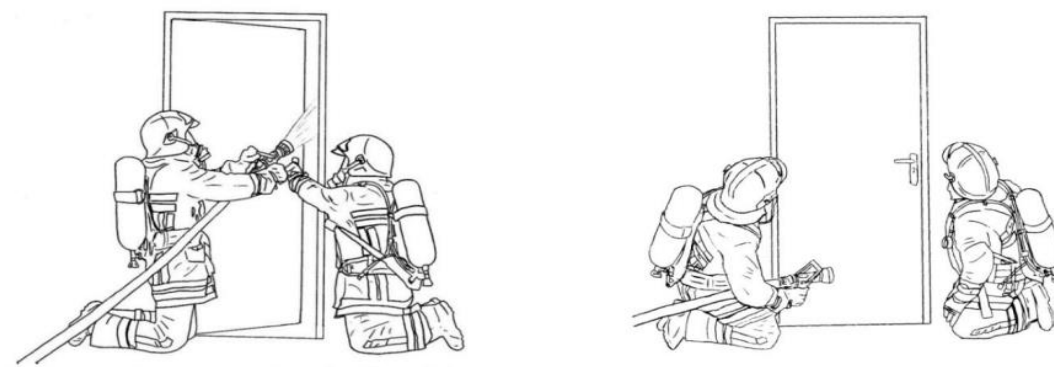
Sl. 15. Rad vatrogasnih ekipa prilikom ventilacije [15]

Ventiliranjem prije nego navalna grupa dođe do mjesta požara može rezultirati neželjenim širenjem vatre zbog povećane cirkulacije zraka u prostoru. Kada je pravilno izvedeno ventiliranje može uvelike pomoći ulazu i akciji navalne grupe.

Navalna grupa bi trebala uz zaštitnu opremu u koju obavezno spada i izolacijski aparat sa stlačenim zrakom nositi još i opremu za nasilno ulaženje obavljajući drugih nepredvidivih zadataka na intervenciji. Kako unutarnja navalna grupa tako i vanjska navalna grupa moraju biti opremljeni izolacijskim aparatima zbog opasnosti po unutarnjim i vanjskim dišnim organima. Kod požara zatvorenih prostora je opasnost za dišne putove puno veća nego kod požara otvorenih prostora zbog zadržavanja štetnih produkata pirolize u opožarenom objektu odnosno u unutarnjem prostoru u kojem djeluju vatrogasci.

8.4.1. Unutarnja i vanjska navala

Najuspješnija upotreba vode za gašenje požara je unutarnjom navalom (slika 16.) na žarište požara s punim ili raspršenim mlazom. Mlaz vode treba kratko usmjeriti na gorući materijal dok se vatra ne ugasi. Mlaz ne smijemo usmjeravati predugo jer će doći do poremećaja u temperaturnim slojevima, doći će do kondenzacije pare i dim će se brzo spustiti na pod, a kasnije će sporo nestajati. Kada uvjeti požara onemogućuju vatrogascima ulazak u građevinu oni koriste vanjsku navalu gaseći požar kroz vrata ili prozor, ili ako se radi o objektu s više katova djeluju iz autoljestve. Ova navala nije poželjna kada su žrtve zarobljene u građevini ili kad se širenje požara na nezahvaćena područja ne može zaustaviti. stlačenim zrakom.



Sl. 16. Pravilan ulazak unutarnje navalne grupe u opožarenu prostoriju [15]

Kako kod unutarnje tako i kod vanjske navale je obavezno korištenje izolacijskih aparata sa stlačenim zrakom za zaštitu dišnih organa. Kod vanjske navale opasnost za dišne organe je nešto manja ali svejedno postoji, te se iz tog razloga također moraju koristiti izolacijski aparati sa stlačenim zrakom

8.5. Orientacija vatrogasaca u zadimljenom prostoru

Vatrogasci se u zadimljenim prostorima mogu orijentirati pomoću tlačnih vatrogasnih cijevi, zidova, komunikacije i užadi.

Pomoću tlačnih vatrogasnih cijevi tj cijevne vatrogasne pruge vatrogasci se mogu orijentirati samo onda kad se vrši gašenje, pa su onda te cijevi orijentirani i smjer izlaska.

Orientacija pomoću zida je kada spasioci (grupa za pretraživanje i spašavanje) ulaze u prostoriju, te se kreću lijevo ili desno slijede zid oko prostorije sve dok ne dođu na početnu točku. Kada spasioci izlaze iz prostorije idu istim pravcem kojim su i ušli u tu prostoriju.

U većini slučajeva, najbolja metoda pretraživanja malih prostorija je kada jedan član grupe za pretraživanje i spašavanje ostane na ulaznim vratima dok drugi članovi pretražuju prostoriju. Kako ne bi došlo do dezorijentacije spasioca treba održavati dijalog između člana na vratima i člana koji pretražuje prostoriju.

Orientacija pomoću sustava užadi vrši se ako grupe ne polažu cijevnu prugu, te se tada put povlačenja mora u cijelosti obilježiti užadima. Sustav užadi sastoji se od glavnog vodećeg užeta i osobnog vodećeg užeta.

Ulaskom u svaki zadimljeni prostor vatrogasac mora koristiti izolacijski aparat sa stlačenim zrakom. Također ga mora koristiti ako se nalazi u ugroženoj atmosferi na vanjskom prostoru kako bi zaštitio dišne organe od štetnog djelovanja produkata pirolize ili nekih drugih štetnih i nepoznatih tvari koji se nalaze u ugroženoj atmosferi.

8.6. Taktički nastup pretraživanja i spašavanja u zadimljenom prostoru

Postoje dva cilja u pretraživanju objekta: pronalazak unesrećenih i sakupljanje informacija o razmjeru požara. U većini požara u objektima u potrazi za unesrećenima postoje dvije vrste pretraživanja: primarna i sekundarna.

Primarno pretraživanje je brzo ali temeljito pretraživanje koje se provodi prije ili za vrijeme lokalizacije požara. To se najčešće provodi pod vrlo opasnim i teškim uvjetima, ali se mora odvijati što brže. Za vrijeme primarnog pretraživanja članovi grupe trebaju unesrećene tražiti na poznatim ili najvjerojatnijim mjestima, brzinom koju dopuštaju uvjeti, pretražujući što je brže moguće sva zahvaćena mjesta. Grupe za pretraživanje mogu potvrditi uvjete požara i prijaviti svaku nepredviđenu situaciju u kojoj se mogu naći.

Sekundarno pretraživanje se provodi nakon što je požar lokaliziran i opasnosti smanjene. Takva pretraživanja i treba provoditi druga skupina a ne ona koja je provela primarno pretraživanje. To je vrlo temeljito, mukotrpano pretraživanje kojim se osigurava pronalazak stanara koji nisu bili nađeni primarnim pretraživanjem.

Kod nastupa navalnih grupa za pretraživanje/spašavanje i navalna grupa za gašenje požara interveniraju neovisno jedna o drugoj. Ovaj se oblik primjenjuje kada je uz brzo pretraživanje i spašavanje potrebno i istovremeno gašenje požara poglavito kod velikih objekata. Istovremeno gašenje požara tijekom takvog nastupa ima zadaću da umanjí nastajanje dima i topline, što također olakšava pretraživanje. Pritom treba ukazati da se grupe za pretraživanje i spašavanje kreću samo na mjestima, gdje se ne očekuje neposredna opasnost od požara. Rukovođenje grupama kako za pretraživanje i spašavanje tako i za gašenje požara, povjerava se vođama grupa koji su raspoređeni u istom operativnom sektoru, dakle istom zapovjedniku sektora. Kod zajedničkog nastupa obje grupe napredujemo zajedno. Zajednički se nastup primjenjuje kada je grupa za pretraživanje i spašavanje neposredno ugrožena od požara ili kad je širenje požara neizvjesno. Pretraživanje područja neposredno ugroženog od požara omogućeno je time što grupe napreduju uz

zaštitu vodenog mlaza. Budući da spašavanje ugroženih osoba ima prioritet spram ostalih radnji, gašenje požara se provodi samo na mjestima gdje je ono nužno za pretraživanje i spašavanje. Kod požara soba i stanova većina vatrogasnih postrojbi prednost daju zajedničkom nastupu, najvjerojatnije i zbog toga što na početku intervencije ionako vlada nedostatak osoblja. Prednost ovog oblika je činjenica da su grupe zaštićene vodenim mlazom i što su sve raspoložive snage uključene u gašenje požara. Kao nedostatak treba navesti veliki gubitak vremena kod postavljanja cijevi, koji otežavaju pretraživanje i spašavanje.

Sve grupe koji sudjeluju u pretraživanju i spašavanju moraju koristiti izolacijske aparate sa stlačenim zrakom kako bi zaštitili dišne organe. Prilikom spašavanja ukoliko ima potrebe postoji mogućnost da se na jedan izolacijski aparat spoji dopunski plućni automat sa maskom za cijelo lice koju može koristiti unesrećena osoba. Nedostatak u toj situaciji je povećana potrošnja zraka iz boce i samim time smanjeno vrijeme napuštanja ugrožene atmosfere.

9. ZAKLJUČAK

Izolacijski aparati sa stlačenim zrakom se najčešće koriste u vatrogasnim postrojbama kod raznih intervencija kao što su požari zatvorenog i otvorenog prostora, požari na visokim objektima i sl. Također se koriste i kod ostalih tehničkih intervencija kao što su intervencije u industrijskim pogonima kod zatvaranja, otvaranja ili saniranja ventila cjevovoda, bilo koja intervencija gdje nije poznat sastav atmosfere i sl. Pristup vatrogasnoj intervenciji je gotovo nemoguć bez spomenutog izolacijskog aparata te je uvelike olakšao vatrogascima njihov posao. Posebno je bitno da korisnik izolacijskog aparata sa stlačenim zrakom bude osposobljen te da ga pravilno koristi.

10. LITERATURA

- [1] Posavec Z.: „*Zaštitne naprave za disanje*“, Hrvatska vatrogasna zajednica, Zagreb, (2010.), ISBN 978-953-6385-24-9
- [2] Jurman S.: „*Usavršavanje za aparate za zaštitu dišnih organa*“, skripta JPVP Grada Osijeka, Osijek
- [3] <http://www.hrt-saric.hr/category/oprema-zastite-na-radu/zastita-disnih-organa-oprema-zastite-na-radu/autonomni-uredaji-disni-aparati-eebd>, pristupljeno 05.08.2016
- [4] <http://www.hzzzs.hr/images/documents/sigurnost%20na%20radu-OZO%20di%C5%A1ni%20organi.pdf>, pristupljeno 05.08.2016.
- [5] Popović Ž., Purgar S., Knežević D., Blaha J., Holjević N., Kopričanec – Matijevac LJ., Fišter S., Petek J., Karlović V., Čuje K., Vuk M., Posavec Z., Župančić I.: „*Priručnik za osposobljavanje vatrogasnih dočasnika i časnika*“, Hrvatska vatrogasna zajednica, Zagreb, (2006.), ISBN 953-6385-16-3
- [6] Tehnička služba JVP Karlovac: „*Elaborat vozila NV 050*“, JVP Karlovac, Karlovac, (2008.)
- [7] Vučinić J.: „*Osobna i zaštitna sredstva i oprema*“, Veleučilište u Karlovcu, Karlovac, (2007.), ISBN 978-953-7343-12-5
- [8] Šmejkal Z.: „*Uređaji, oprema i sredstva za gašenje i zaštitu od požara*“, SKTH/KUI, Zagreb, (1991.) ISBN 86-80907-11-1
- [9] <http://www.profesionalni-vatrogasci-zagreb.hr/vjezbaliste.htm>, pristupljeno 06.08.2016
- [10] Čop Z.: „*Ronilački kompresori*“, skripta
- [11] <http://www.ronex.hr/vtinst.htm>, pristupljeno 07.08.2016
- [12] <http://www.vatrogasci-osijek.hr/dokumenti/strucni-dokumenti/>, pristupljeno 01.09.2016.

[13] <http://www.hvz.hr/media/Pictures/Razno/SCBA.jpg>, pristupljeno 01.09.2016.

[14] http://www.ifa-swiss.ch/fileadmin/_processed_/csm_10_Flashover_800x600_faadb05d71.jpg, pristupljeno 02.09.2016.

[15] <http://media.nuvs.org.rs/2015/03/Ga%C5%A1enje-po%C5%BEara-u-zatvorenom-prostoru.pdf>, pristupljeno 02.09.2016.

[16] <http://www.upvh.hr/index.php/taktika>, pristupljeno 02.09.2016.

11. PRILOZI

11.1. Popis simbola

Simbol	Značenje
IA	izolacijski aparat
PVC	poli(vinil-klorid)
dB	Decibeli
NN	Narodne novine
JVP	Javna vatrogasna postrojba

11.2. Popis slika

Redni broj	Naziv slike	Broj stranice
1	Dijelovi IA sa stlačenim zrakom	5
2	Čelična boca za stlačeni zrak	6
3	Maska za cijelo lice sa dijelovima	8
4	Unutrašnjost navalnog vozila sa integriranim nosačima IA sa stlačenim zrakom u naslonima sjedala	12
5	Prostorija za orijentaciju u vježbalištu JVP grada Zagreba	24
6	Shematski prikaz trostupanjskog visokotlačnog kompresora	29
7	Visokotlačne boce banke zraka	31
8	Kompresor – booster metoda	33
9	Punjenje boca preko gipkih cijevi	34
10	Punjenje boca direktno na rampi	35
11	Fizikalna klasifikacija štetnih tvari	41
12	Pravilno opremljeni vatrogasci izolacijskim aparatom sa stlačenim zrakom	44
13	Obuka vatrogasaca na flashover simulatoru	46
14	Ilustracija koja prikazuje pojavu backdrafta	47

15	Rad vatrogasnih ekipa prilikom ventilacije	48
16	Pravilan ulazak unutarnje navalne grupe u opožarenu prostoriju	49

11. 3. Popis tablica

Redni broj	Naziv tablice	Broj stranice
1	Potrošnja zraka ovisno o aktivnosti	3
2	Intervali održavanja maske za cijelo lice	13
3	Intervali održavanja izolacijskog aparata sa stlačenim zrakom	15
4	Vrste ispitivanja maske za cijelo lice	19
5	Vrste ispitivanja redukcijskog ventila	20
6	Kvarovi i neispravnosti izolacijskog aparata sa stlačenim zrakom	22