

# Razdjelnik podesive sapnice

---

**Ramljak, Petar**

**Master's thesis / Diplomski rad**

**2019**

*Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj:* **University of Zagreb, Faculty of Mining, Geology and Petroleum Engineering / Sveučilište u Zagrebu, Rudarsko-geološko-naftni fakultet**

*Permanent link / Trajna poveznica:* <https://um.nsk.hr/um:nbn:hr:169:066703>

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

*Download date / Datum preuzimanja:* **2024-07-23**



*Repository / Repozitorij:*

[Faculty of Mining, Geology and Petroleum Engineering Repository, University of Zagreb](#)



SVEUČILIŠTE U ZAGREBU  
RUDARSKO-GEOLOŠKO-NAFTNI FAKULTET  
Diplomski studij naftnog rudarstva

## **RAZDJELNIK PODESIVE SAPNICE**

Diplomski rad

Petar Ramljak

N 267

Zagreb, 2019.

## RAZDJELNIK PODESIVE SAPNICE

PETAR RAMLJAK

Diplomski rad izrađen na: Sveučilište u Zagrebu  
Rudarsko-geološko-naftni fakultet  
Zavod za naftno inženjerstvo  
Pierottijeva 6, 10000 Zagreb

### Sažetak

Bušenje je kompleksan tehnološki proces, često popraćen brojnim problemima, a jedan od njih je i dotok, koji može dovesti do erupcije. Ukoliko se dotok pojavi, tada je potrebno isključiti isplačne pumpe, zatvoriti bušotinu pomoću preventera, iscirkulirati dotok kroz vod za prigušivanje bušotine, te ugušiti bušotinu utiskivanjem otežane isplake u svrhu vraćanja bušotine pod kontrolu. Vod za prigušivanje bušotine vodi prema razdjelniku podesive sapnice, na kojemu se nalaze ventili i podesive sapnice, a služi za smanjenje tlaka dotoka na atmosferski tlak, a nakon toga se fluid, otvaranjem i zatvaranjem ventila, usmjerava kroz tlačne vodove prema isplačnoj jami, vibracijskim sitima, separatoru plina ili baklji, ovisno o potrebi.

Ključne riječi: dotok, razdjelnik, vodovi za gušenje i prigušivanje, zasun, ventil, sapnica

Diplomski rad sadrži: 36 stranica, 1 tablicu, 35 slika, 24 reference.

Jezik izvornika: hrvatski

Diplomski rad pohranjen: Knjižnica Rudarsko-geološko-naftnog fakulteta  
Pierottijeva 6, Zagreb

Mentor: Dr. sc. Zdenko Krištafor, redoviti profesor RGNF-a

Ocjenjivači: Dr. sc. Zdenko Krištafor, redoviti profesor RGNF-a

Dr. sc. Nediljka Gaurina-Međimurec, redovita profesorica RGNF-a

Dr. sc. Borivoje Pašić, docent RGNF-a

Datum obrane: 18. siječnja 2019., Rudarsko-geološko-naftni fakultet, Sveučilište u Zagrebu

## CHOKES MANIFOLD

PETAR RAMLJAK

Thesis completed at: University of Zagreb  
Faculty of Mining, Geology and Petroleum Engineering  
Department of Petroleum Engineering  
Pierottijeva 6, 10000 Zagreb

### Abstract

Well drilling is a demanding technological process, usually followed by many problems, and one of those problems is the entry of the formation fluid into the wellbore, known as kick, which can eventually lead to blowout. If the kick occurs, it is necessary to shut down the mud pump(s), close the well by activating blowout preventers, circulate the fluid out through choke line, and kill the well by pumping heavy drilling mud into the wellbore. Choke line, connected to the drilling spool, leads to the choke manifold, on which valves and chokes are located, and its purpose is to reduce the fluid pressure to atmospheric one. After that, by opening and closing certain valves on the choke manifold, the fluid is directed through pressure lines either to the mud pit, shakers, gas separator or flare.

Keywords: kick, manifold, kill lines, choke lines, gate valve, check valve, choke valve

Thesis contains: 36 pages, 1 table, 35 pictures, 24 references.

Original in: Croatian

Thesis deposited at: Library of Faculty of Mining, Geology and Petroleum Engineering  
Pierottijeva 6, Zagreb

Supervisor: PhD Zdenko Krištafor, Full Professor

Reviewers: PhD Zdenko Krištafor, Full Professor

PhD Nediljka Gaurina-Međimurec, Full Professor

PhD Borivoje Pašić, Assistant Professor

Defence date: January 18., 2018., Faculty of Mining, Geology and Petroleum Engineering, University of Zagreb

## SADRŽAJ

POPIS TABLICA .....	I
POPIS SLIKA .....	I
POPIS KRATICA .....	II
POPIS OZNAKA .....	II
<b>1. UVOD .....</b>	<b>1</b>
<b>2. BUŠAĆA PRIRUBNICA .....</b>	<b>3</b>
<b>3. VODOVI ZA GUŠENJE I PRIGUŠIVANJE BUŠOTINE .....</b>	<b>6</b>
<b>3.1. Konstrukcijskih zahtjevi i preporuke određene specifikacijom API Spec 16C .....</b>	<b>8</b>
<b>3.2. Vodovi za gušenje i prigušivanje kod plutajućih odobalnih postrojenja .....</b>	<b>9</b>
<b>4. KONFIGURACIJA RAZDJELNIKA PODESIVE SAPNICE .....</b>	<b>10</b>
<b>4.1. Konstrukcijski zahtjevi određeni API Standardom .....</b>	<b>12</b>
<b>4.2. Razdjelnici podesive sapnice za odobalna postrojenja .....</b>	<b>13</b>
<b>4.3. Cilindrični spremnik .....</b>	<b>15</b>
<b>5. ZASUNI I VENTILI U SUSTAVU RAZDJELNIKA PODESIVE SAPNICE .....</b>	<b>16</b>
<b>5.1. Konstrukcijski zahtjevi i preporuke određene API Standardom .....</b>	<b>17</b>
<b>5.2. Protupovratni ventil .....</b>	<b>18</b>
<b>5.3. Mehanički zasun .....</b>	<b>20</b>
<b>5.4. Daljinski upravljivi zasun .....</b>	<b>21</b>
5.4.1. Aktuatori .....	22
5.4.1.1. Hidraulički aktuator .....	23
5.4.1.2. Pneumatski aktuator .....	24
<b>6. PODESIVA SAPNICA .....</b>	<b>26</b>
<b>6.1. Zahtjevi i preporuke određene API Standardom .....</b>	<b>27</b>
<b>6.2. Sapnica sa zapornim elementom u obliku kratke cijevi .....</b>	<b>28</b>
<b>6.3. Sapnica s konusnim zapornim elementom i sjedištem .....</b>	<b>29</b>
<b>6.4. Sapnica s rotirajućim diskom .....</b>	<b>30</b>
<b>7. UPRAVLJAČKA PLOČA .....</b>	<b>31</b>
<b>8. ZAKLJUČAK .....</b>	<b>34</b>
<b>9. LITERATURA .....</b>	<b>35</b>

## POPIS TABLICA

Tablica 6-1. Nominalni promjeri, radni tlakovi i promjeri otvora sapnice .....	27
--	----

## POPIS SLIKA

Slika 2-1. Bušaća prirubnica .....	4
Slika 2-2. Konfiguracija preventerskog sklopa s bušaćom prirubnicom za radni tlak od 13,8 MPa (2 000 psi) .....	4
Slika 2-3. Konfiguracija preventerskog sklopa s bušaćom prirubnicom za radni tlak od 20,7/34,5 MPa (3 000/5 000 psi) .....	5
Slika 2-4. Konfiguracija preventerskog sklopa s bušaćom prirubnicom za radni tlak od 69/103,5 MPa (10 000/15 000 psi) .....	5
Slika 3-1. Vod za gušenje bušotine za radni tlak od 13,8/20,7 MPa (2 000/3 000 psi) .....	7
Slika 3-2. Vod za gušenje bušotine za radni tlak od 34,5 MPa (5 000 psi) .....	7
Slika 3-3. Vod za gušenje bušotine za radni tlak od 69 MPa (10 000 psi) ili više .....	7
Slika 3-4. Podvodni preventerski sklop .....	9
Slika 4-1. Konfiguracija razdjelnika podesive sapnice za radni tlak od 13,8/20,7 MPa .....	10
Slika 4-2. Konfiguracija razdjelnika podesiva sapnice za radni tlak od 34,5 MPa .....	11
Slika 4-3. Konfiguracija razdjelnika podesiva sapnice za radni tlak od 69/103,5 MPa .....	11
Slika 4-4. Razdjelnik podesive sapnice za kopнено postrojenje .....	13
Slika 4-5. Razdjelnik podesive sapnice za odobalno postrojenje Labin .....	14
Slika 4-6. Konfiguracija razdjelnika podesive sapnice za odobalna postrojenja .....	14
Slika 4-7. Razdjelnik podesive sapnice s ugrađenim cilindričnim spremnikom .....	15
Slika 5-1. Zasun s pomičnim vrataščima .....	17
Slika 5-2. Protupovratni ventil .....	18
Slika 5-3. Protupovratni ventil u sustavu razdjelnika podesive sapnice .....	18
Slika 5-4. Protupovratni ventil s diskom pričvršćenim na gornjem kraju .....	19
Slika 5-5. Protupovratni ventil s podižućim zapornim elementom i oprugom .....	19
Slika 5-6. Zasun proizvođača National .....	20
Slika 5-7. Presjek zasuna proizvođača National .....	21
Slika 5-8. HCR zasun .....	22
Slika 5-9. Presjek HCR zasuna .....	22
Slika 5-10. Hidraulički aktuator .....	23
Slika 5-11. Princip rada dvoradnog hidrauličkog aktuatora .....	24
Slika 5-12. Pneumatski aktuator .....	25

Slika 6-1. Presjek podesive sapnice .....	26
Slika 6-2. Sapnica sa zapornim elementom u obliku kratke cijevi .....	28
Slika 6-3. Zaporni element u obliku skraćene cijevi sa suženim ulazom .....	28
Slika 6-4. Sapnica s konusnim zapornim elementom u obliku igle .....	29
Slika 6-5. Oblici otvora na diskovima .....	30
Slika 7-1. Upravljačka ploča .....	31
Slika 7-2. Shematski prikaz upravljačke ploče za jednu sapnicu .....	32
Slika 7-3. Shematski prikaz upravljačke ploče za dvije sapnice .....	33

## **POPIS KRATICA**

API - američki naftni institut (*engl. American Petroleum Institute*)

BOP - preventer (*engl. Blowout Preventer*)

HCR - ventil s hidrauličkim aktuatorom (*engl. Hydraulic Control Remote valve*)

ROP - brzina bušenja (*engl. Rate Of Penetration*)

## **POPIS OZNAKA**

A - prstenasti preventer

A\*\* - prstenasti preventers nižeg radnog tlaka

C - prirubnica zaštitnih cijevi

G - rotacijska glava

G\*\* - rotacijska glava nižeg radnog tlaka

R - čeljusni preventer

S - bušaća prirubnica

S\* - položaj bušaće prirubnice u preventerskom sklopu nije striktno definiran

## 1. UVOD

Tijekom procesa bušenja opasnost od pojave dotoka, a ponekad i erupcije, stalno je prisutna, što u slučaju zakašnjelog uočavanja pokazatelja dotoka i izostanka pravovremene reakcije može dovesti do katastrofe. Najčešći uzroci dotoka i erupcije su nedovoljna gustoća isplake, smanjenje hidrostatskog tlaka zagađenjem isplake naftom, vodom ili plinom, smanjenje tlaka uslijed klipnog efekta (*engl. swab pressure*) tijekom izvlačenja alatki iz bušotine pri čemu dolazi do smanjenja hidrostatskog tlaka stupca isplake, hidraulički udar na formaciju uzrokovan tlakom pulziranja (*engl. surge pressure*) uslijed kretanja alata prema dolje, pri čemu zbog nastanka frakture može doći do gubitka isplake te dotoka iz plićih formacija, smanjenje hidrostatskog tlaka zbog djelomičnog ili potpunog gubitka optoka isplake, smanjenje hidrostatskog tlaka zbog nedovoljnog punjenja bušotinja tijekom vađenja alatki, te nailazak na sloj s povišenim tlakom. Često do indikacije dotoka dolazi nakon povećanja mehaničke brzine bušenja (*engl. Rate of Penetration - ROP*). Potrebno je provjeriti isječe li fluid iz bušotine nakon isključenja sisaljki (*engl. flow check*). Nakon potvrde da se radi o dotoku potrebno je zaustaviti rotaciju alatki, zadignuti alat na visinu na kojoj će se spojnica bušaćih šipki nalaziti izvan zahvata preventerske gume, isključiti isplačnu sisaljku te zatvoriti bušotinu aktiviranjem nekog od preventera (*engl. Blowout Preventer - BOP*). Zatvaranje je omogućeno korištenjem hidrauličkog fluida iz jedinice za kontrolu i upravljanje preventerskim sklopom (*engl. Koomey unit*). Nakon analize stanja, provjere ustaljenih tlakova na ušću, i to u bušaćim šipkama i u prstenastom prostoru, odabiru metode za vraćanje bušotine pod primarnu kontrolu te izradi isplake odgovarajuće gustoće, dotok je potrebno iscirkulirati kroz vod za prigušivanje (*engl. choke line*), a zatim ugušiti bušotinu utiskivanjem otežane isplake kroz bušaće šipke ili vod za gušenje (*engl. kill line*). Vodovi za prigušivanje i gušenje bušotine su visokotlačne cijevi spojene na bušaću prirubnicu (*engl. drilling spool*) koja se, ovisno o konfiguraciji preventerskog sklopa, nalazi u sklopu bušotinske glave (*engl. wellhead*), najčešće ispod radnog preventera. Kod odobalnih postrojenja, vod(ovi) za prigušivanje i vod(ovi) za gušenje bušotine su izvedeni kao visokotlačna gibljiva crijeva radi kompenzacije gibanja postrojenja uzrokovanih djelovanjem vjetra, valova i morskih struja, konstrukcijski spojena izravno na preventere bez dodatnih bušaćih prirubnica. Bez obzira na izvedbu, svi vodovi za prigušivanje i gušenje bušotine moraju zadovoljiti kriterije određene specifikacijama Američkog naftnog instituta, API Spec 16C. Vod za prigušivanje vodi prema razdjelniku podesive sapnice (*engl. choke manifold*) o kojem će se najviše govoriti u ovome radu. Funkcije razdjelnika podesive



sapnice su kontroliranje tlaka u bušotini zatvaranjem ili otvaranjem podesive sapnice te, ovisno o potrebi, usmjeravanje dotoka na vibracijska sita, u isplačnu jamu obloženu nepropusnom folijom, u separator plina ili na baklju, a čini ga sustav visokotlačnih cijevi, prirubnica, zasuna, ventila, manometara te podesivih sapnica. Konfiguracija razdjelnika podesive sapnice ovisi o tipu i veličini postrojenja, maksimalnom radnom tlaku preventerskog sklopa i samog razdjelnika, o zahtjevima kupca te o zahtjevima koji su propisani standardom API 53 te specifikacijama API Spec 6A i API Spec 16C. Standard API STD 53 (*engl. API Standard 53: Blowout Prevention Equipment Systems for Drilling Wells*) odnosi se na opremu za prevenciju dotoka i erupcije na kopnenim i odobalnim postrojenjima, a u njemu su, između ostaloga, određeni načini odabira i količina potrebnih ventila i sapnica na kontrolnom razdjelniku. Specifikacija API Spec 6A (*engl. API Specification 6A: Wellhead and Christmas Tree Equipment*) odnosi se na bušotinsku glavu i opremu ušća bušotine, točnije na vrstu materijala, načinu zavarivanja, testiranju, dimenzioniranju, redovnim inspekcijama, transportu i skladištenju, te servisiranju navedene opreme. Specifikacija API Spec 16C (*engl. API Specification 16C: Choke and Kill Equipment*) odnosi se na opremu za prigušivanje i ugušivanje bušotine, a govori o generalnoj konstrukciji razdjelnika podesive sapnice, tvorničkim ispitivanjima, te konstrukcijskim zahtjevima za vodove za prigušivanje i gušenje bušotine kao i za upravljačke konzole za upravljanje ventilima i sapnicama.

## 2. BUŠAĆA PRIRUBNICA

Bušaća prirubnica (*engl. drilling spool*) je dio opreme ušća bušotine koji predstavlja fizičku vezu između ušća bušotine i vodova za gušenje i prigušivanje bušotine, koji su spojeni na bočne otvore na samoj prirubnici. Koristi se ovisno o konfiguraciji preventerskog sklopa, a nalazi se unutar bušotinske glave, ispod radnog preventera. Na slici 2-1 prikazana je bušaća prirubnica, a na slikama 2-2, 2-3 i 2-4 prikazani su položaji bušaće prirubnice u različitim konfiguracijama preventerskog sklopa, gdje su (Well Control for the Rig-Site Drilling Team, 2002):

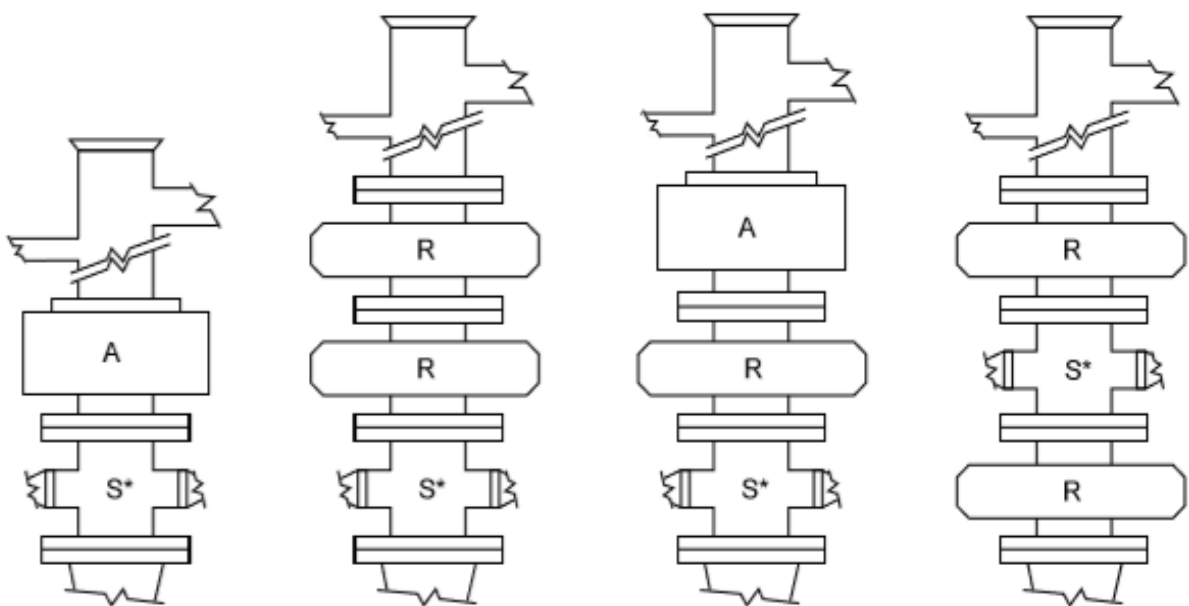
- A – prstenasti preventer,
- C – prirubnica zaštitnih cijevi,
- G – rotacijska glava/preventer,
- R – čeljusni preventer i
- S – bušaća prirubnica.

Treba napomenuti da oznaka S\* znači da položaj bušaće prirubnice u preventerskom sklopu nije striktno definiran, a oznake A\*\* i G\*\* znače da prstenasti preventer i rotacijska glava mogu imati niži radni tlak. Razlozi za korištenje bušaće prirubnice su lokalizacija moguće erozije u njoj jer je jeftinija od prirubnica preventera, te osiguravanje dodatnog prostora između čeljusti preventera kako bi se olakšao proces spuštanja alatki u bušotinu dok su preventeri zatvoreni (*engl. stripping*). Sve bušaće prirubnice dizajniraju se i proizvode u skladu sa specifikacijama API Spec 6A i API Spec 16C (Well Control for the Rig-Site Drilling Team, 2002):

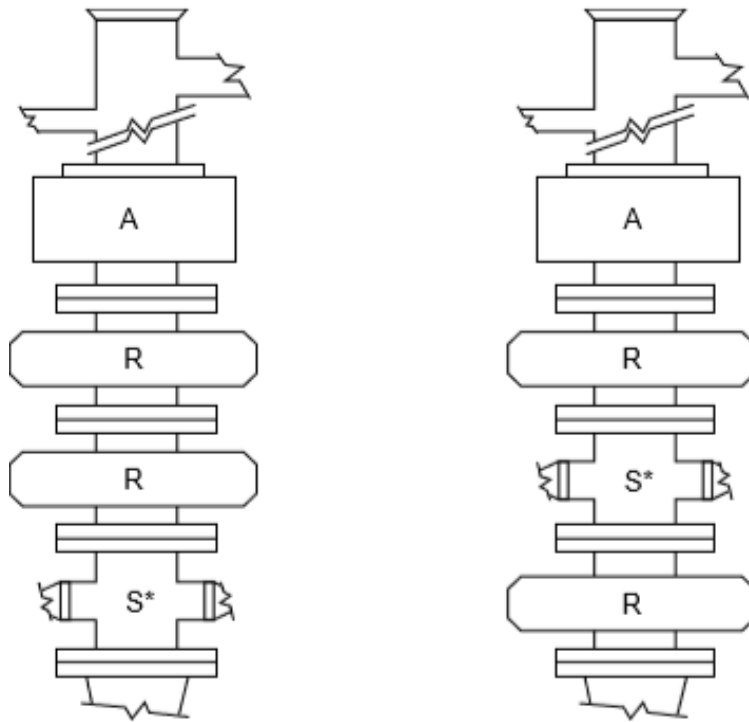
- bočni otvori moraju imati promjer 0,0508 m (2") ili više;
- bušaće prirubnice unutar preventerskih sklopova za radni tlak od 69, 103,5 ili 138 MPa (10 000, 15 000 ili 20 000 psi) moraju imati najmanje dva bočna otvora, pri čemu jedan mora imati minimalan promjer 0,0762 m (3"), a drugi minimalan promjer 0,0508 m (2");
- promjer unutrašnjeg otvora bušaće prirubnice mora biti najmanje jednak unutrašnjem promjeru otvora preventera na koji je spojena;
- radni tlak bušaće prirubnice mora biti jednak radnom tlaku preventera na koji je spojena.



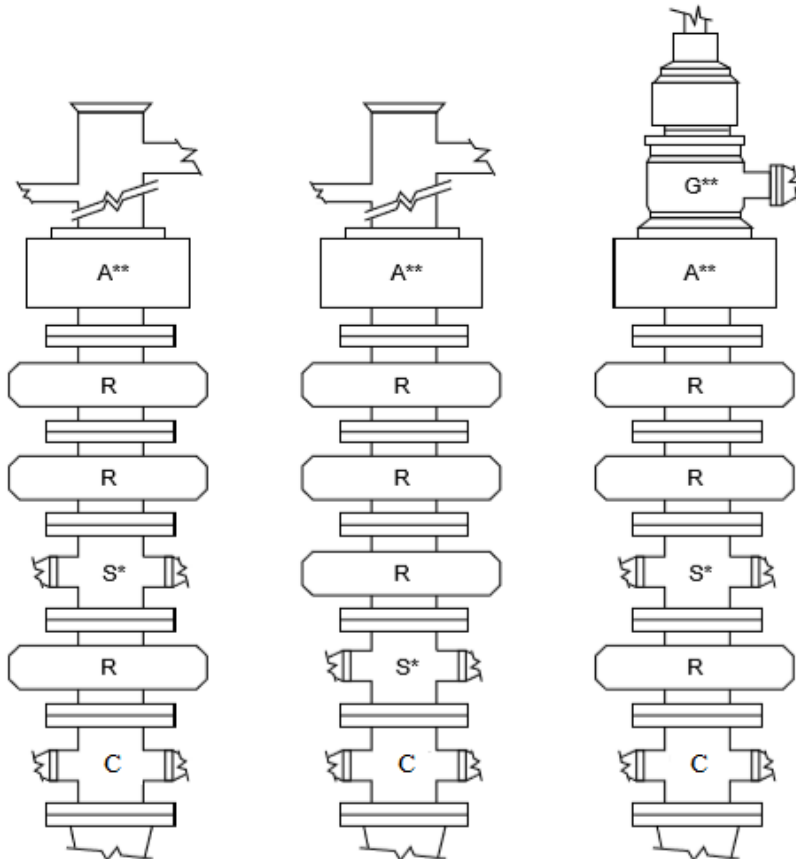
**Slika 2-1.** Bušaća prirubnica (Tasman Oil Tools, 2018)



**Slika 2-2.** Konfiguracija preventerskog sklopa s bušaćom prirubnicom za radni tlak od 13,8 MPa (2 000 psi) (Well Control for the Rig-Site Drilling Team, 2002)



**Slika 2-3.** Konfiguracija preventerskog sklopa s bušaćom prirubnicom za radni tlak od 20,7/34,5 MPa (3 000/5 000 psi) (Well Control for the Rig-Site Drilling Team, 2002)



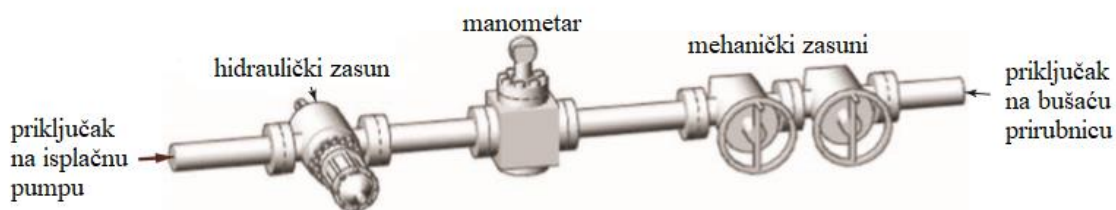
**Slika 2-4.** Konfiguracija preventerskog sklopa s bušaćom prirubnicom za radni tlak od 69/103,5 MPa (10 000/15 000 psi) (Well Control for the Rig-Site Drilling Team, 2002)

### 3. VODOVI ZA GUŠENJE I PRIGUŠIVANJE BUŠOTINE

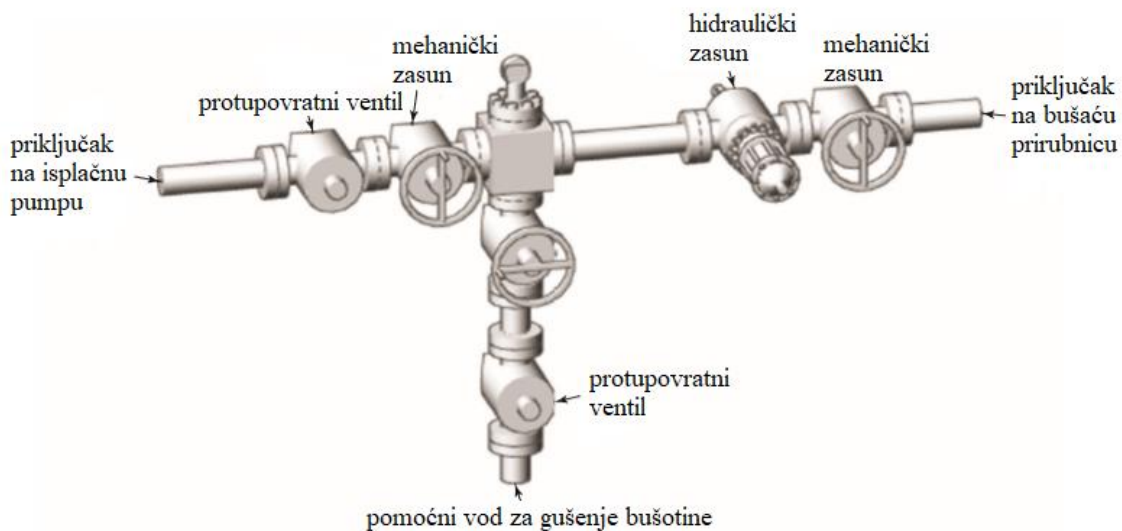
Vod za prigušivanje bušotine (*engl. choke line*) je visokotlačna cijev koja je spojena na bočni otvor bušaće prirubnice i vodi prema razdjelniku podesive sapnice, a služi za usmjeravanje dotoka fluida prema podesivoj sapnici, gdje se tlak smanjuje na atmosferski. Vod za gušenje bušotine (*engl. kill line*) je visokotlačna cijev koja je također spojena na bočni otvor bušaće prirubnice, a povezana je s visokotlačnim isplačnim pumpama. Na slici 3-1 prikazan je vod za gušenje bušotine za radni tlak od 13,8/20,7 MPa (2 000/3 000 psi), na slici 3-2 vod za gušenje bušotine za radni tlak od 34,5 MPa (5 000 psi), a na slici 3-3 vod za gušenje bušotine za radni tlak od 69 MPa (10 000 psi) ili više (API Specification 16C, 2015). Kada se bušotina zbog dotoka zatvori, a u njoj se nalazi bušaći alat i moguća je cirkulacija isplake, tada se isplaka potrebne gustoće utiskuje kroz bušaći alat i vraća se kroz vod za prigušivanje prema sapnici, što znači da se u ovakvim slučajevima vod za gušenje bušotine ne koristi. U slučaju da bušaći alat nije na dnu bušotine ili je izvan bušotine, da je začepljen ili odlomljen, te u svim slučajevima kada nije moguće postići normalnu cirkulaciju isplake, bušotina se pod primarnu kontrolu (uspostavljanje hidrostatičkog tlaka stupca isplake koji je veći od slojnog tlaka) dovodi korištenjem voda za gušenje bušotine primjenom volumetrijske metode. Isplaka se utiskuje ispod preventera kroz vod za gušenje bušotine u cilju dovođenja dotoka do ušća bušotine pri čemu isplaka gravitacijski pada kroz plinski jastuk. Uslijed utiskivanja isplake dolazi do povećanja tlaka na ušću bušotine i na njenom dnu. Zatim se taj suvišak tlaka na ušću bušotine kontrolirano ispušta kroz sapnicu za vrijednost hidrostatičkog tlaka stupca utisnute isplake. Kada se, uz određen broj koraka utiskivanja isplake i ispuštanja plina, kompletan dotok dovede do ušća bušotine, tada se kroz vod za gušenje, također kroz potrebni broj koraka utiskuje otežana isplaka, a pritom se plin doveden do ušća buštone ispušta. Tijekom normalnih bušaćih operacija tok isplake je od isplačnih pumpi preusmjeren na stojku, a vod za gušenje je zatvoren. To se postiže zatvaranjem mehaničkog i hidrauličkog zasuna na vodu.



**Slika 3-1.** Vod za gušenje bušotine za radni tlak od 13,8/20,7 MPa (2 000/3 000 psi) (API Specification 16C, 2015)



**Slika 3-2.** Vod za gušenje bušotine za radni tlak od 34,5 MPa (5 000 psi) (API Specification 16C, 2015)



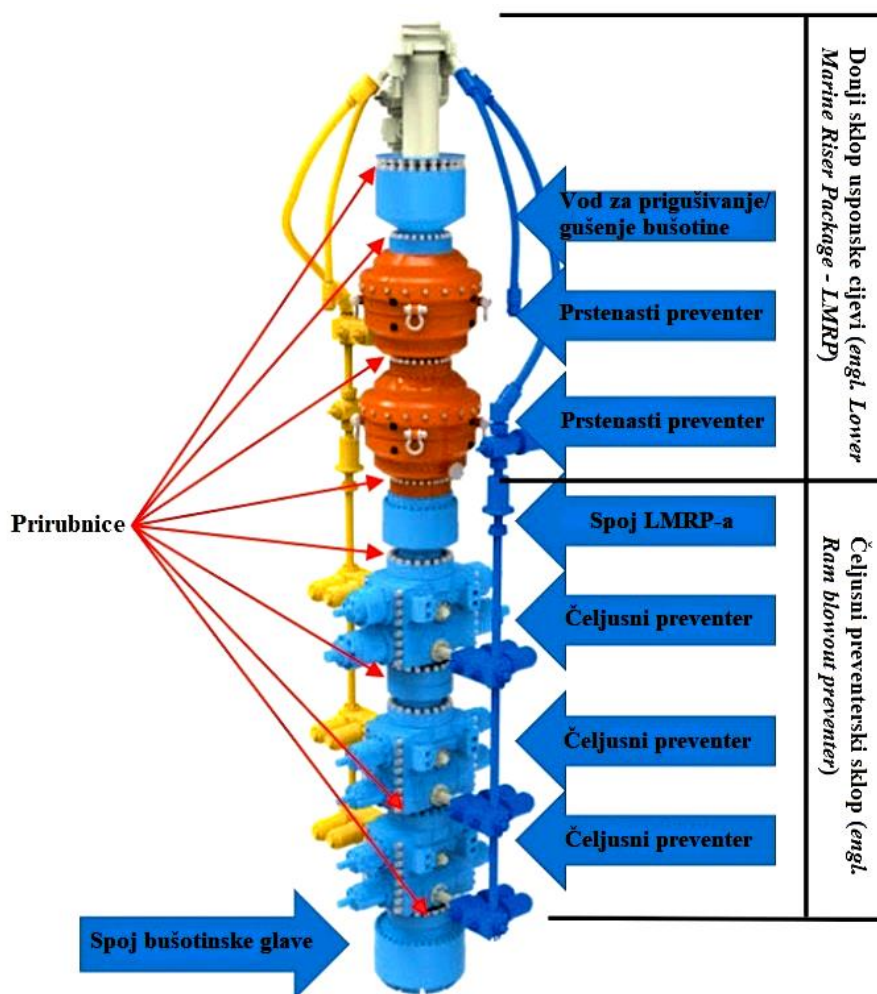
**Slika 3-3.** Vod za gušenje bušotine za radni tlak od 69 MPa (10 000 psi) ili više (API Specification 16C, 2015)

### 3.1. Zahtjevi i preporuke određene specifikacijom API Spec 16C

Vodovi za gušenje i prigušivanje bušotine bi trebali biti postavljeni što je moguće pravocrtnije kako bi se izbjegli pretjerani gubici tlaka u koljenima. Nadalje, moraju biti čvrsto pričvršćeni za podlogu radi izbjegavanja pretjeranih pulzacija i vibracija. Također, promjer otvora vodova mora biti dovoljan kako bi se izbjegla pretjerana erozija unutrašnje stjenke vodova i gubitak tlaka uslijed trenja fluida o unutrašnju stjenku vodova. Drugim riječima, minimalan promjer otvora voda za prigušivanje bušotine mora biti 0,0508 m (2") za radne tlakove od 20,7 i 34,5 MPa (3 000 i 5 000 psi), odnosno 0,0762 m (3") za radne tlakove od 69, 103,5 i 138 MPa (10 000, 15 000 i 20 000 psi). Minimalan promjer otvora voza za gušenje bušotine mora biti 0,0508 m (2"). Kod bušačkih operacija gdje se kao medij za čišćenje kanala bušotine koristi zrak ili plin, preporuča se korištenje vodova za prigušivanje s promjerom otvora 0,1016 m (4"). Rasteretni tlačni vod (*engl. bleed line*) mora imati promjer otvora najmanje jednak promjeru otvora voda za prigušivanje bušotine. Između otvora na bušačkoj prirubnici i voda za gušenje bušotine, za instalacije s radnim tlakom od 34,5 MPa (5 000 psi) ili više, zahtjeva se ugradnja dvaju ručno upravljivih zasuna punog otvora te sigurnosnog ventila (*engl. check valve/non-return valve*), ili dvaju zasuna punog otvora, od kojih je jedan daljinski upravljiv. Sigurnosni ventil služi za sprječavanje povratnog toka isplake u slučaju pojave pukotina na vodu za gušenje bušotine ili puknuća istog zbog visokih tlakova pri protiskivanju isplake u bušotinu. Vod za gušenje bušotine nije preporučljivo koristiti za nadopunjavanje bušotine kod normalnih bušačkih operacija jer stalna uporaba voda za gušenje može dovesti do erozije voda i pripadajućih zasun i ventila (Scagliarini, 2006).

### 3.2. Vodovi za gušenje i prigušivanje kod plutajućih odobalnih postrojenja

Kod pokretnih odobalnih postrojenja, gdje se preventerski sklop nalazi na morskom dnu, vodovi za gušenje i prigušivanje bušotine su izvedeni kao visokotlačna gibljiva tlačna crijeva radi kompenzacija gibanja postrojenja uzrokovanih djelovanjem vjetera, valova i morskih struja, a pričvršćena su za usponske cijevi (*engl. marine riser*) koje vode prema površini, gdje je vod za prigušivanje spojen na razdjelnik podesive sapnice, a vod za gušenje na isplačnu pumpu. Kod ovakvih su izvedbi vodovi za gušenje i prigušivanje bušotine konstruktivno spojeni direktno na preventere (ispod čeljusti preventera), bez uporabe bušaće prirubnice (Schlumberger, 2018). Ono što je bitno napomenuti jest da je nakon nesreće u Meksičkom zaljevu na platformi The Deepwater Horizon zbog erupcije bušotine Macondo 2010. godine zakonski uvedeno pravilo da na svim odobalnim postrojenjima za bušenje moraju postojati dva voda za prigušivanje bušotine i dva voda za gušenje bušotine. Na slici 3-4 prikazan je podvodni preventerski sklop s vodovima za gušenje i prigušivanje bušotine.

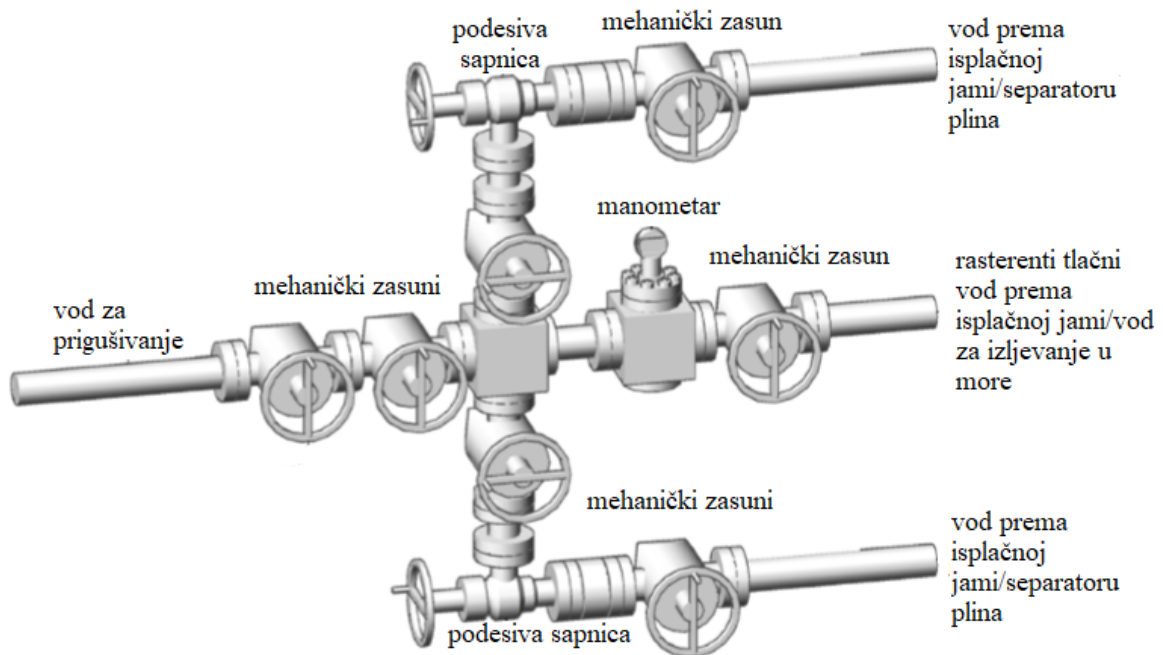


Slika 3-4. Podvodni preventerski sklop (GrabCAD, 2018)

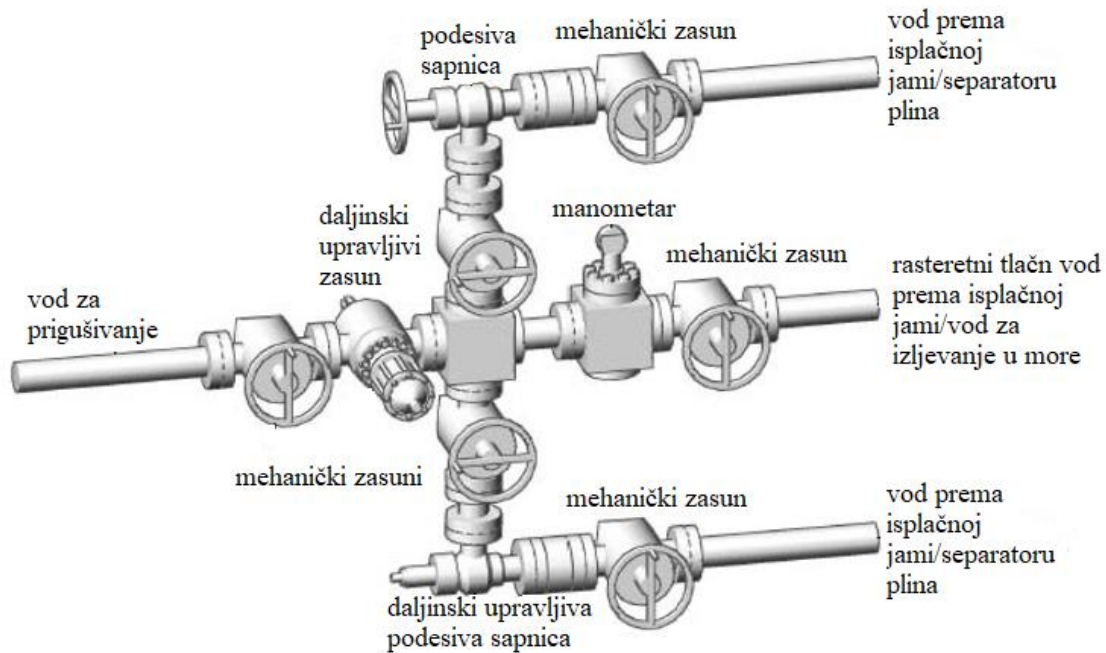


#### 4. KONFIGURACIJA RAZDJELNIKA PODESIVE SAPNICE

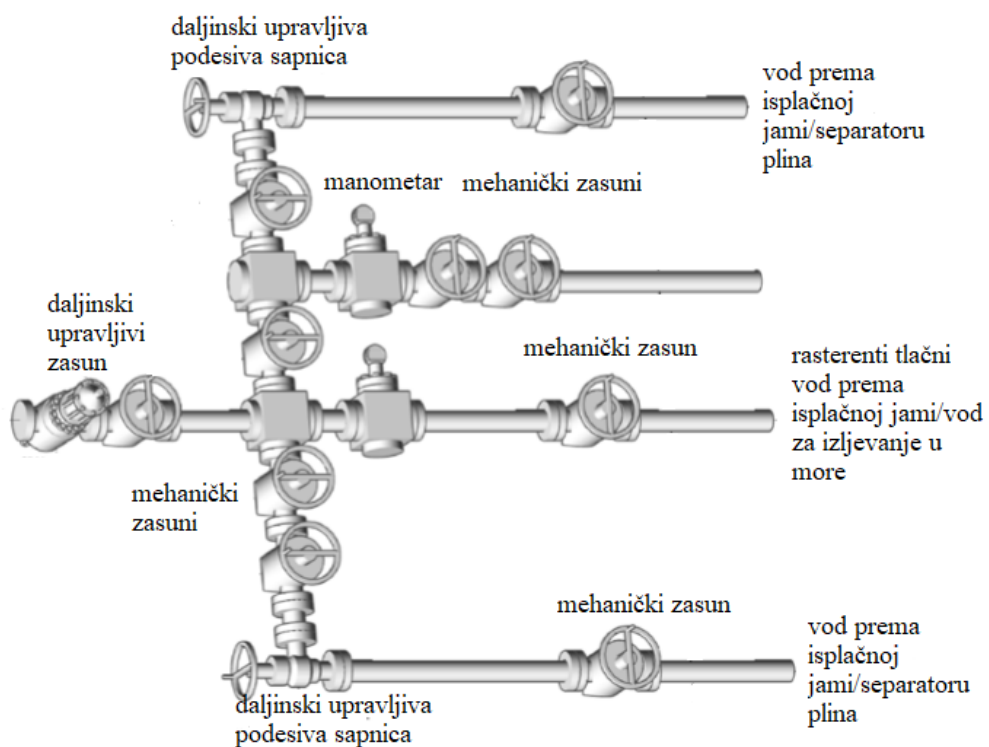
Kao što je već spomenuto, razdjelnik podesive sapnice čine visokotlačne cijevi, prirubnice, zasuni, ventili, manometri i podesive sapnice. Međutim, sama konfiguracija razdjelnika podesive sapnice, kao i njegova veličina, uvelike će ovisiti o radnome tlaku. Pritom je nužno da svaki dio razdjelnika podesive sapnice zadovoljava zahtjeve određene standardom API STD 53, i specifikacijama API Spec 6A i API Spec 16C. Na slikama 4-1, 4-2 i 4-3 prikazane su tipične konfiguracije razdjelnika podesive sapnice za radne tlakove od 13,8/20,7 MPa (2 000/3 000 psi), za radni tlak od 34,5 MPa (5 000 psi), te za radne tlakove od 69/103,5 MPa (10 000/15 000 psi).



**Slika 4-1.** Konfiguracija razdjelnika podesive sapnice za radni tlak od 13,8/20,7 MPa (2 000/3 000) psi (API Standard 53, 2012)



**Slika 4-2.** Konfiguracija razdjelnika podesiva sapnice za radni tlak od 34,5 MPa (5 000 psi) (API Standard 53, 2012)



**Slika 4-3.** Konfiguracija razdjelnika podesiva sapnice za radni tlak od 69/103,5 MPa (10 000/15 000 psi) (API Standard 53, 2012)

#### 4.1. Zahtjevi određeni API Standardom

Jedan od najvažnijih zahtjeva API Standarda 53 jest da bi svaki element razdjelnika podesive sapnice izložen tlaku u bušotini i/ili tlaku isplachne pumpe trebao imati radni tlak veći ili jednak unutrašnjem tlaku kojeg čeljusni preventeri ili bušotinska glava (odabire se manji) na određenom postrojenju mogu zadržati i kontrolirati. Za radne tlakove od 20,7 MPa (3 000 psi) ili više, svi elementi izloženi bušotinskom tlaku međusobno trebaju biti povezani prirubnicama, zavarenim spojevima, stezaljkama ili nekakvim drugim oblikom veze, pri čemu je bitno naglasiti da spomenute veze moraju zadovoljavati zahtjeve specifikacija API Spec 6A i API Spec 16C. Nadalje, razdjelnik podesive sapnice mora biti smješten na lokaciji do koje se može doći u najbržem mogućem roku kako bi se istim moglo manipulirati, a da pritom sam smještaj razdjelnika podesive sapnice ne ometa druge tehnološke procese. Nominalni unutrašnji promjeri tlačnih vodova iza sapnice (*engl. downstream of choke*) moraju biti jednaki ili veći od nominalnog promjera cijevi kojima je podesiva sapnica povezana s konstrukcijom razdjelnika. Za konfiguracije razdjelnika podesive sapnice za radni tlakove od 34,5 MPa do 69 MPa (od 5 000 psi do 10 000 psi) potrebno je ugraditi minimalno jednu daljinski upravljivu sapnicu, a za konfiguracije razdjelnika podesive sapnice za radni tlak od 69 MPa ili više (10 000 psi ili više) potrebno je ugraditi minimalno dvije daljinski upravljive podesive sapnice. Materijali korišteni za izradu cjelovite konstrukcije razdjelnika podesive sapnice i svih popratnih elemenata moraju biti otporni na koroziju, koja se javlja zbog prisustva korozivnih medija u fluidu (npr. ugljikov dioksid i sumporovodik), moraju biti dovoljne čvrstoće kako bi izdržali tlakove za koje je razdjelnik namijenjen, te moraju biti otporni na smrzavanje, što je naročito važno kod postrojenja koja rade u polarnim i arktičkim uvjetima (API Standard 53, 2012). Razdjelnik podesive sapnice kao cjelina može imati jedinstveni radni tlak, ali nije neobično da sustav ima dvostruki radni tlak, pri čemu je bitno naglasiti da se niži radni tlak odnosi na elemente iza prvog izolacijskog zasuna koji se nalazi iza sapnice. Sama konfiguracija razdjelnika, bez obzira na radni tlak, bi u slučaju erozije, začepljenja ili kvarova pojedinih elemenata razdjelnika trebala omogućiti preusmjeravanje toka fluida bez gubljenja kontrole nad tokom fluida (Schlumberger, 2006).

## 4.2. Razdjelnici podesive sapnice za odobalna postrojenja

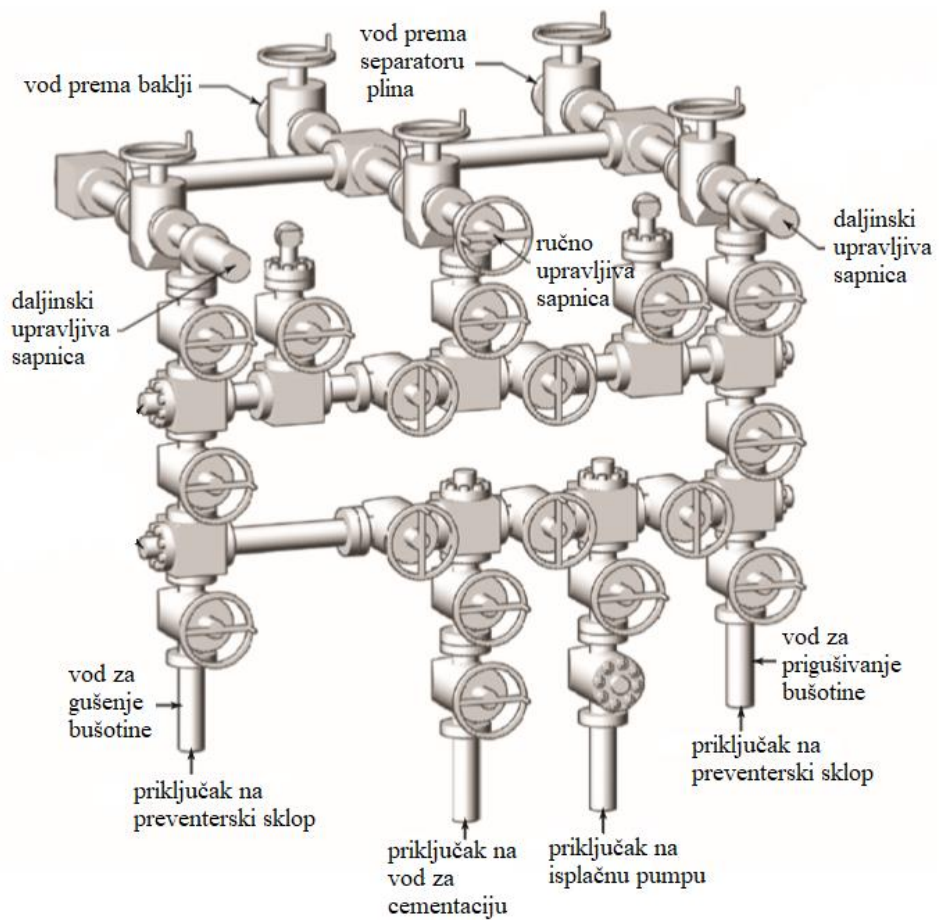
Na slici 4-4 prikazan je razdjelnik podesive sapnice za kopneno postrojenje, a na slici 4-5 razdjelnik podesive sapnice za odobalno postrojenje. Na slici 4-6 prikazana je tipična konfiguracija razdjelnika podesive sapnice za odobalna postrojenja. Iz priloženih slika se može vidjeti da većih razlika među njima nema. Ono što se razlikuje je zapravo položaj razdjelnika na platformama, koji se zbog ograničenog prostora nalaze u okomitom položaju. Također, na razdjelnicima koji se koriste na odobalnim postrojenjima se prema zahtjevima primjenjuju dodatne mjere sigurnosti kako bi se u slučaju kvara pojedinog elementa razdjelnika osigurao kontinuitet rada (npr. umjesto dvije, ugrađuju se tri daljinski upravljive sapnice).



**Slika 4-4.** Razdjelnik podesive sapnice za kopneno postrojenje (Fotodokumentacija tvrtke Croscio d.o.o.)



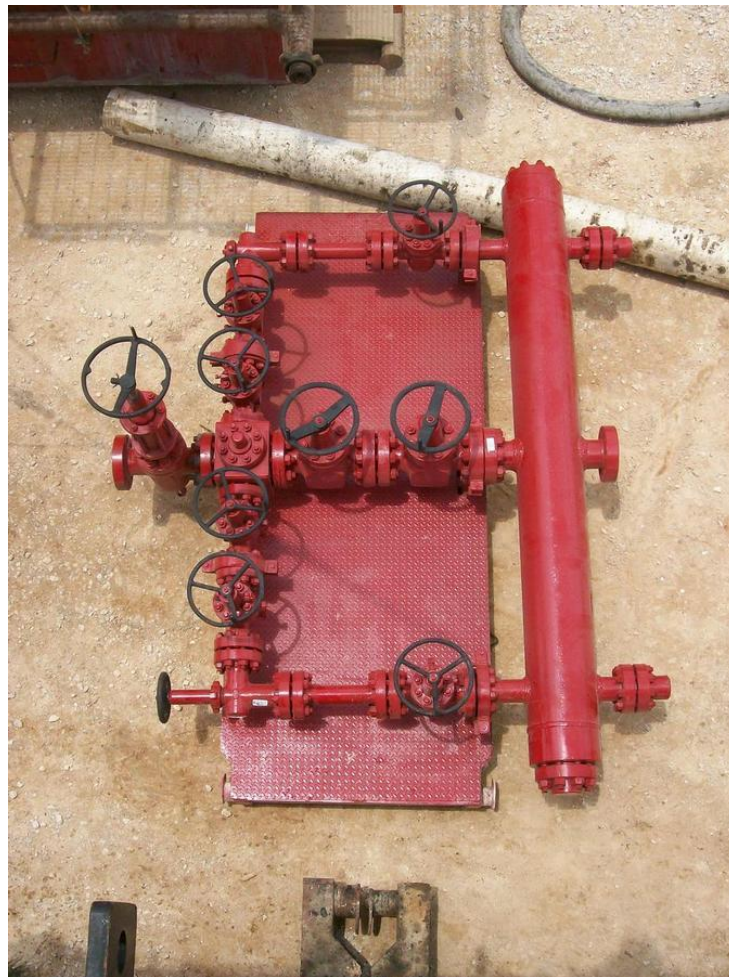
**Slika 4-5.** Razdjelnik podesive sapnice za odobalno postrojenje Labin (Fotodokumentacija tvrtke Croscio d.o.o.)



**Slika 4-6.** Konfiguracija razdjelnika podesive sapnice za odobalna postrojenja (API Specification 16C, 2015)

### 4.3. Cilindrični spremnik

Ponekad se u konfiguraciji razdjelnika podesive sapnice može nalaziti horizontalni, cilindrični spremnik (*engl. buffer tank/chamber*) prikazan na slici 4-7, koji omogućuje prikupljanje fluida iz tlačne linije od sapnice, tj. ulaza, te usmjeravanje toka fluida prema baklji, separatoru plina, isplačnoj grabi ili isplačim bazenima, tj. izlazu. Kod ovakvih konfiguracija razdjelnika podesive sapnice, nužno je poduzeti mjere kako bi se potencijalni kvarovi u sustavu izolirali, a to se postiže podjelom spomenutog spremnika u dvije sekcije međusobno odvojene izolacijskim zasunom (Scagliarini, 2006).



**Slika 4-7.** Razdjelnik podesive sapnice s ugrađenim cilindričnim spremnikom (Kruse Asset Management, 2018)

## 5. ZASUNI I VENTILI U SUSTAVU RAZDJELNIKA PODESIVE SAPNICE

Zasuni i ventili su zaporni uređaj koje se sastoje od tijela zasuna/ventila i zapornog elementa, a ukoliko se radi o daljinski upravljivim zasunima ili ventilima, onda su još u sustavu upravljanja aktuator, koji upravljački signal pretvara u potrebnu snagu za pozicioniranje zapornog elementa u određeni položaj, te položajnik čija je uloga prenošenje narinutog tlaka na aktuator. Generalna uloga zasuna i ventila, pa tako i onih u sustavu razdjelnika podesive sapnice, i općenito u industriji nafte i plina, je reguliranje protoka fluida, razine fluida, temperature i tlaka. Ovisno o potrebi, zasuni i ventili se koriste za potpuno ili djelomično propuštanje toka fluida. S razvojem industrije nafte i plina, razvijala se i potreba za učinkovitijim zasunima i ventilima, kvalitetnim materijalima od kojih se ventili izrađuju, te snažnijim aktuatorima koji služe za pomicanje zapornog elementa. Glavna razlika između zasuna i ventila jest ta da se kod zasuna zaporni element pomiče okomito na smjer protjecanja fluida, a kod ventila u smjeru protjecanja ventila. Zasuni u sustavu razdjelnika podesive sapnice su po namjeni regulacijski zasuni, što znači da njihovo djelovanje karakterizira pomicanje zapornog elementa čime se utječe na protok fluida (Bolf i Tomičak, 2017). Tip regulacijskog zasuna u sustavu kontrolnog razdjelnika jest zasun s pomičnim vratašcima (*engl. gate valve*) prikazan na slici 5-1. Pogodan je za uvjete kada je potrebno češće omogućavati ili onemogućavati protok, a u sustav razdjelnika podesive sapnice se ugrađuje pomoću prirubnica, navojnih spojeva ili zavarivanjem. Zasuni i ventili se u sustavu razdjelnika podesive sapnice nalaze na vodovima za gušenje i prigušivanje bušotine (najčešće jedan protupovratni ventil, te mehanički i hidraulički zasun), te na tlačnim vodovima prije i poslije sapnice (API Specification 16C, 2015). Tijelo i kapa zasuna i ventila, kao i zaporni element i ležaj zasuna i ventila, izrađuju se od čelika s određenim udjelom (do 5 %) primjesa, od kojih se najčešće dodaju ugljik, mangan, nikel i krom, u svrhu poboljšanja mehaničkih svojstava čelika, tj. čvrstoće, tvrdoće i elastičnosti. Također, dodavanjem spomenutih elemenata u čelik, naročito kroma i nikla, znatno se povećava otpornost čelika na koroziju i na trošenje, što je od izrazite važnosti u radu s korozivnim fluidima koji se u naftnoj i plinskoj industriji često koriste ili pojavljuje kao nusprodukti (Industrial Metal Supply Co., 2017).



**Slika 5-1.** Zasun s pomičnim vratašćima (Indiamart, 2018)

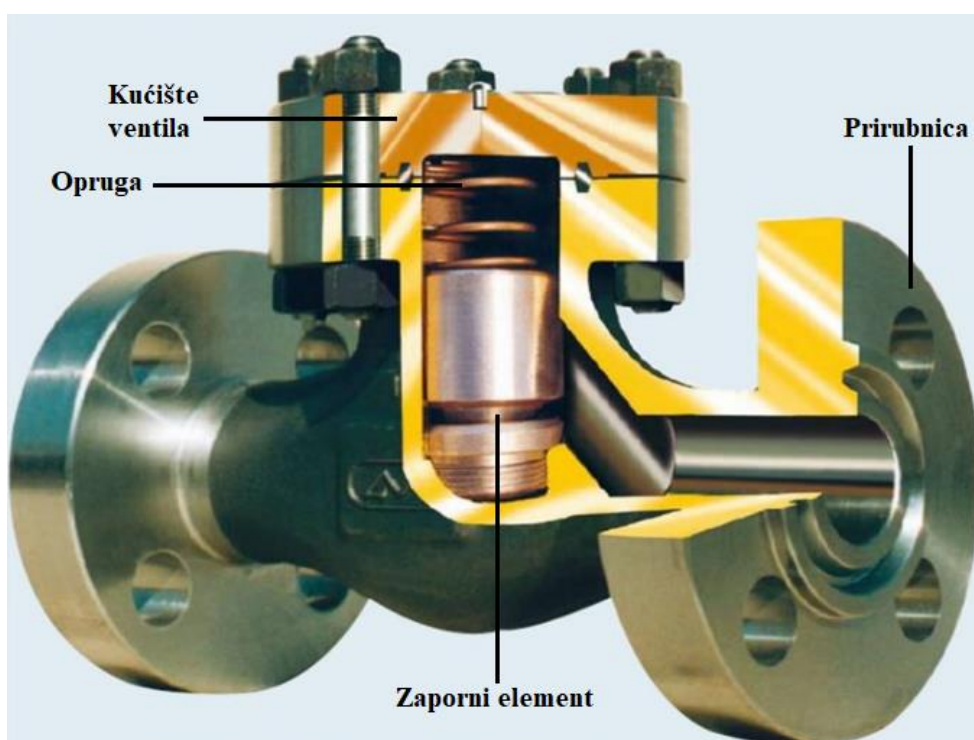
### **5.1. Zahtjevi i preporuke određene API Standardom**

Prema API Standardu 53 svi zasuni i ventili u sustavu razdjelnika podesive sapnice moraju biti punog otvora. U sustavu razdjelnika podesive sapnice za radni tlak manji od 34,5 MPa (5 000 psi) oba zasuna na vodovima za gušenje i prigušivanje bušotine mogu biti mehanička, iako je uobičajena praksa da je jedan zasun mehanički, a drugi hidraulički. S druge strane, u sustavima razdjelnika podesive sapnice za radni tlak od 34,5 MPa (5 000 psi) ili više, jedan zasun obavezno mora biti daljinski upravljiv (Well Control for the Rig-Site Drilling Team). Ugradnja dvaju zasuna ispred sapnice na svakom tlačnom vodu, kao i ugradnja minimalno jednog zasuna iza sapnice uobičajena je praksa. Međutim, broj zasuna u sustavu razdjelnika podesive sapnice, kao i broj ostalih elemenata (npr. sapnice, manometri, mjerni uređaji) ovisi o očekivanim uvjetima u svakoj pojedinoj bušotini, a najveću ulogu u definiranju broja elemenata imaju tlak u bušotini, vrsta fluida te prisutnost krutih čestica (pijesak) (API Standard 53, 2012). Radni tlak zasuna koji se nalazi iza sapnice (izolacijski zasun) mora biti dimenzioniran na tlak jednak radnom tlaku sapnice. Preporučljivo je da se između sapnice i izolacijskog zasuna ugradi dodatna prirubnica s ciljem izbjegavanja erozije izolacijskog zasuna, osim ako se analizom toka fluida i/ili empirijski odredi da ugradnja spomenute prirubnice nije potrebna (API Specification 16C, 2015).

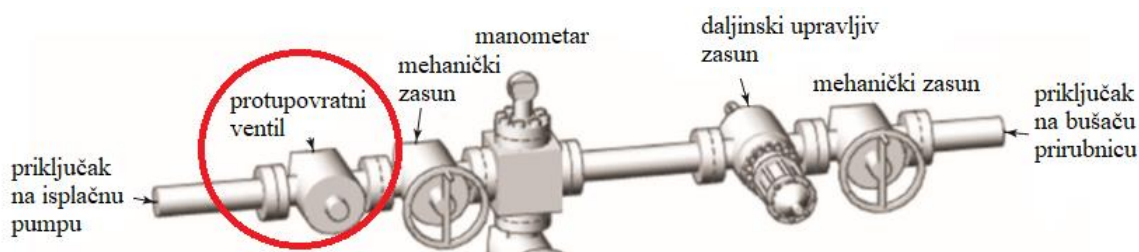


## 5.2. Protupovratni ventil

Protupovratni ventil (*engl. check valve/non-return valve*) prikazan na slici 5-2 dozvoljava protok fluida samo u jednom smjeru. Sadrži mehanizam koji se aktivira pomoću tlaka povratnog toka fluida te na taj način sprječava protok fluida u drugom smjeru. U većini slučajeva isplačne pumpe na postrojenjima imaju maksimalan radni tlak od 34,5 MPa (5 000 psi). Međutim, ponekad je moguće da se povratni tok fluida iz prstenastog prostora ostvaruje pri tlaku većem od spomenutog, što dovodi do oštećenja opreme i erupcije preko isplačnog sustava. U svrhu izbjegavanja takvog scenarija, na vodu za gušenje bušotine, prije mehaničkog i hidrauličkog ventila, ugrađuje se protupovratni ventil, kao što je prikazano na slici 5-3.

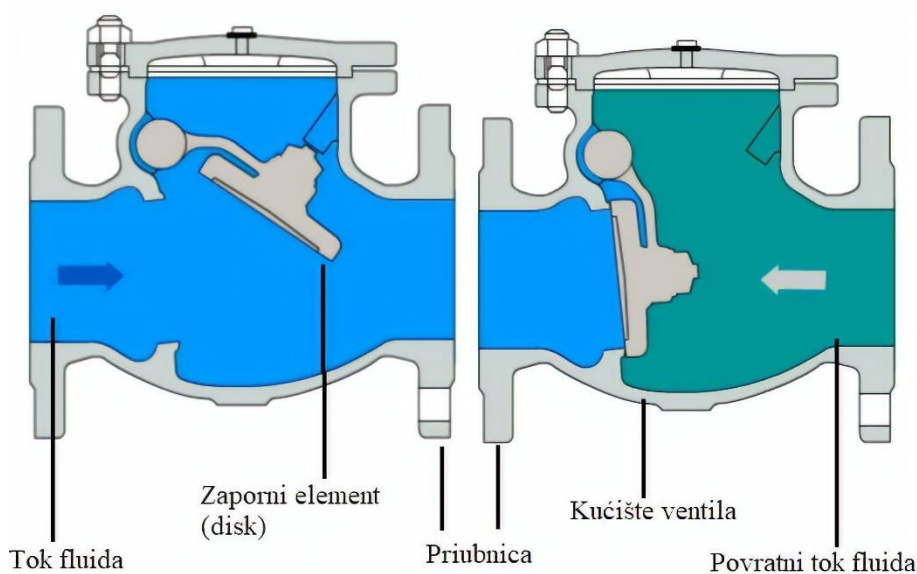


Slika 5-2. Protupovratni ventil (Flow Control Norway AS, 2018)

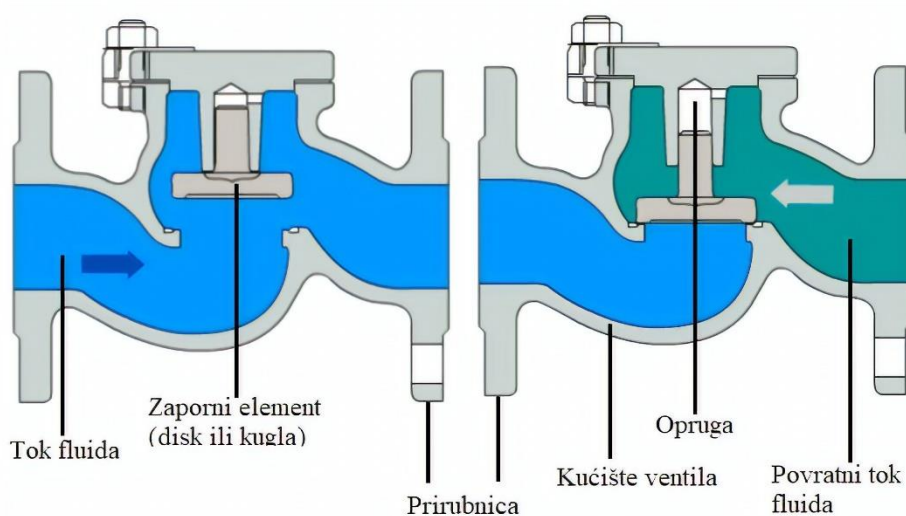


Slika 5-3. Protupovratni ventil u sustavu razdjelnika podesive sapnice (API Specification 16C, 2015)

Mehanizam propuštanja protoka fluida u jednom, odnosno sprječavanja protoka fluida u drugom smjeru određuje tip protupovratnog ventila. Tipovi protupovratnih ventila koji se najčešće upotrebljavaju su protupovratni ventil s diskom pričvršćenim na gornjem kraju (*engl. swing check valve*) prikazan na slici 5-4, te protupovratni ventil s podižućim zapornim elementom (kugla ili disk) i oprugom (*engl. lift check valve*) prikazan na slici 5-5. Kod prvog tipa su gubici tlaka zbog protjecanja fluida minimalni, a sam protok fluida je olakšan. Kod tipa s mehanizmom podižućeg zapornog elementa otpori protjecanju fluida su veći stoga se ovaj tip koristi kod cjevovoda malih promjera (Kitz Corporation, 2018).



**Slika 5-4.** Protupovratni ventil s diskom pričvršćenim na gornjem kraju (Kitz Corporation, 2018)



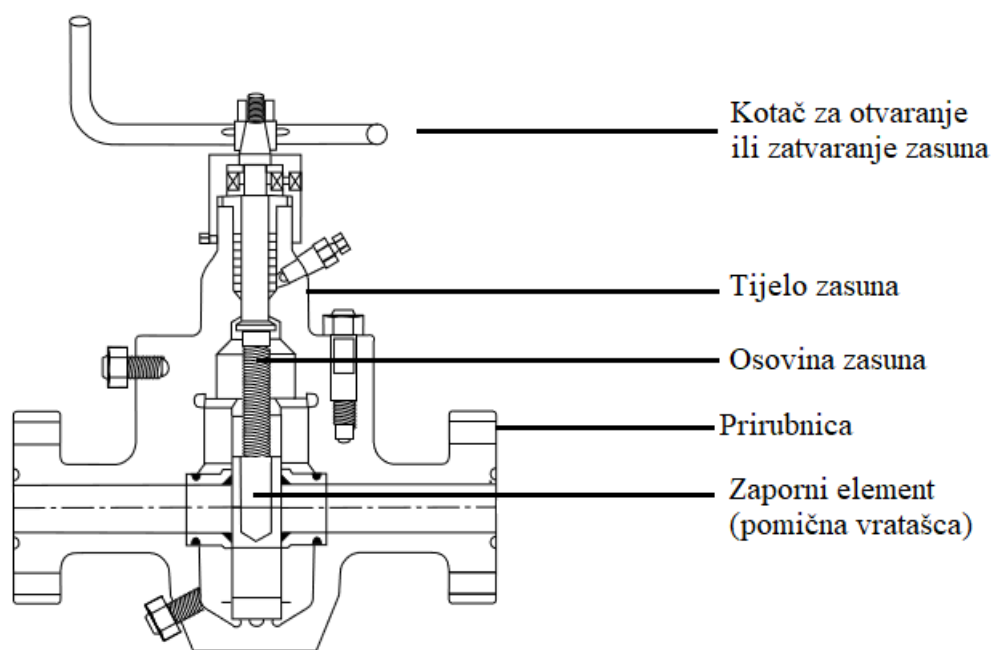
**Slika 5-5.** Protupovratni ventil s podižućim zapornim elementom i oprugom (Kitz Corporation, 2018)

### 5.3. Mehanički zasun

Mehanički zasun se u sustavu razdjelnika podesive sapnice najčešće koristi kao mjera sigurnosti u slučaju oštećenja ili otkazivanja hidrauličkog zasuna. Međutim, u razdjelniku podesive sapnice za radni tlak manji od 34,5 MPa (5 000 psi) se mehanički zasun može koristiti kao primarni zasun, ali je takva praksa sve rjeđa. Ugradnja zasuna u sustav razdjelnika podesive sapnice, kao što je spomenuto u uvodu petog poglavlja, vrši se najčešće pomoću prirubnica, a ponekad i pomoću navojnih spojeva ili zavarivanjem, ovisno o zahtjevima korisnika i uputama proizvođača. Okretanjem kotača na vrhu zasuna pomiče se osovina na koju je pričvršćen zaporni element (pomična vratašca) te se na taj način zasun otvara ili zatvara, odnosno protok fluida se omogućava ili onemogućava (API Specification 16C, 2015). Na slici 5-6 prikazan je mehanički zasun proizvođača National, a na slici 5-7 presjek istog. Osim zasuna proizvođača National, najzastupljeniji zasuni u cjelokupnoj naftnoj industriji produkti su kompanija Cameron i MI Swaco. Zasuni spomenutih kompanija izrađeni su prema propisima i kriterijima Američkog naftnog instituta (*engl. American Petroleum Institute*), a za njihovu izradu koriste se materijali visoke kvalitete i velike trajnosti (Well Control for the Rig-Site Drilling Team, 2002).



**Slika 5-6.** Zasun proizvođača National (National Oilwell Varco, 2018)



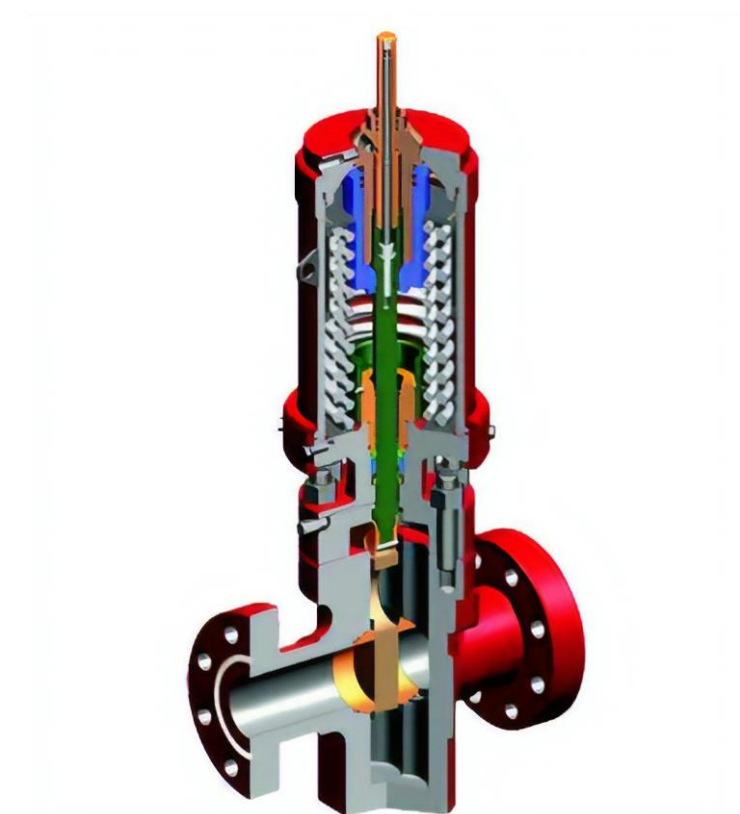
**Slika 5-7.** Presjek zasuna proizvođača National (Well Control for the Rig-Site Drilling Team, 2002)

#### 5.4. Daljinski upravljivi zasun

U sustavu kontrolnog razdjelnika podesive sapnice nalaze se i zasuni koji se otvaraju i zatvaraju putem upravljačke ploče, tzv. daljinski upravljivi zasuni. U pravilu se ovaj tip zasuna, kao što je već spomenuto, koristi u sustavu razdjelnika podesive sapnice za radni tlak od 34,5 MPa (5 000 psi) ili više, međutim može se ugrađivati i u sustave razdjelnika podesive sapnice za radni tlak manji od 34,5 MPa (5 000 psi) ukoliko je kompaniji takva praksa ekonomski isplativa ili se to traži prema zahtjevima operatorske kompanije. U praksi se daljinski upravljivi zasuni koriste kao primarna mjera sigurnosti, odnosno njima se prvo manipulira kada se dotok želi usmjeriti prema željenom izlazu na razdjelniku podesive sapnice. Zaporni element čine, kao i kod mehaničkih zasuna, pomična vratašća koja se podižu ili spuštaju djelovanjem aktuatora, koji je instaliran na vrhu kape zasuna. Kapa zasuna nalazi se na tijelu zasuna, a dva su dijela međusobno odvojena metalnom brtvom. Najzastupljeniji tip daljinski upravljivog zasuna jest zasun s hidrauličkim aktuatorom, tzv. HCR zasun (*engl. Hydraulic Control Remote valve*), kod kojeg aktuator kontrolira otvaranje i zatvaranje zasuna pomoću hidrauličkog tlaka. Na slici 5-8 prikazan je izgled HCR zasuna s promjerom otvora 0,07788 m (3 1/16 ") za radni tlak do 103,5 MPa (15 000 psi) , a na slici 5-9 presjek istog.



**Slika 5-8.** HCR zasun (Valve Stock, 2011)



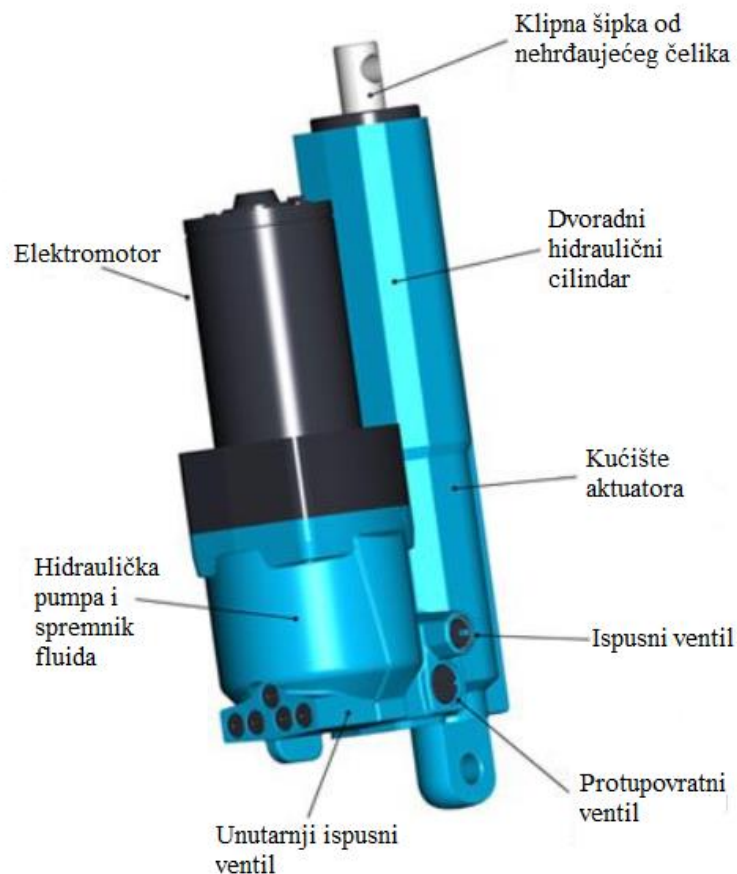
**Slika 5-9.** Presjek HCR zasuna (Valve Stock, 2011)

#### 5.4.1. Aktuatori

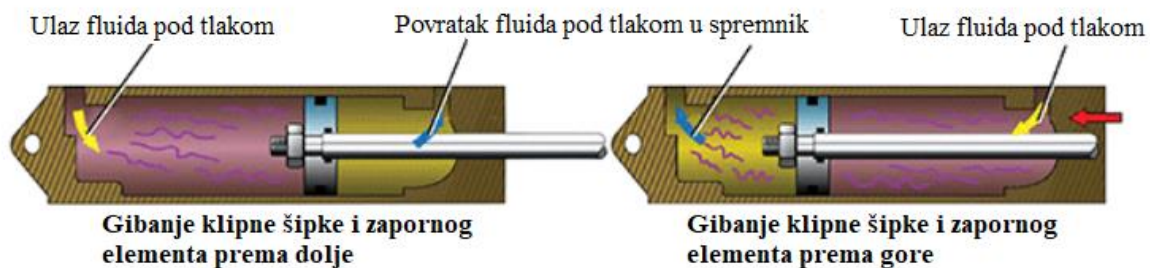
Aktuatori su uređaji koji se montiraju na zasun ili ventil, a čija je uloga pretvaranje signala koji se šalje s upravljačke ploče u linearno ili rotacijsko gibanje zapornog elementa zasuna/ventila i njegovo pozicioniranje u željeni položaj preko klipne šipke koju aktuator pokreće. Pri odabiru aktuatora, bitno je obratiti pažnju na proizvođača i na materijal izrade jer se pravilnim odabirom aktuatora povećava vrijeme neprekidnog rada, smanjuju se troškovi održavanja i povećava se sigurnost postrojenja. Većina ventilskih aktuatora trajno je podmazana i zahtjeva minimalno održavanje. U naftnoj industriji se najčešće koriste dva tipa ventilskih aktuatora, a to su hidraulički i pneumatski aktuator (VIS-trgovina d.o.o., 2014).

##### 5.4.1.1. Hidraulički aktuator

Hidraulički aktuator je najzastupljeniji tip ventilskih aktuatora u naftnoj industriji, posebno kod opreme za kontrolu tlaka u bušotini. Princip rada jest pretvaranje tlaka tekućine, koju potiskuje hidraulična pumpa, u linearno ili rotacijsko gibanje zapornog elementa ventila. U primjeni se mogu naći aktuatori s jednoradnim i dvoradnim cilindrom. Prednost u odnosu na ostale tipove aktuatora jest mogućnost ostvarenja velike sile kojom se djeluje na gibanje zapornog elementa. S druge strane, glavni nedostaci hidrauličnog aktuatora su mogućnost propuštanja između aktuatora i tijela zasun/ventila (zato se između kape i tijela zasuna/ventila ugrađuje brtva), potreba za instalacijom vanjske hidrauličke pumpe te potreba za ponavljajućom povratnom informacijom o položaju zapornog elementa ventila (VIS-trgovina d.o.o., 2014). Hidraulički aktuator prikazan je na slici 5-10, a princip rada na slici 5-11.



**Slika 5-10.** Hidraulički aktuator (Parker Hannifin Corp, 2018)



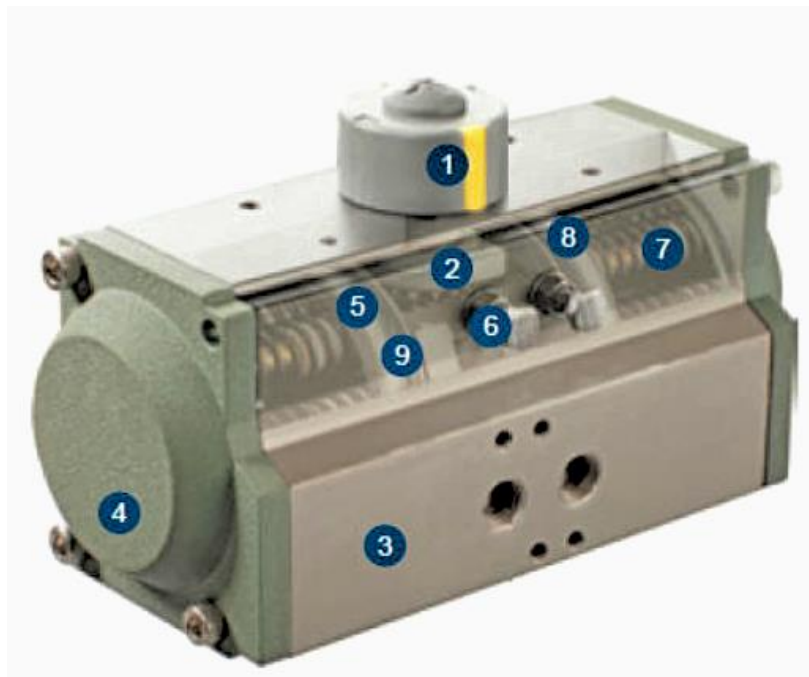
**Slika 5-11.** Princip rada dvoradnog hidrauličkog aktuatora (MachineDesign, 2018)

#### 5.4.1.2. Pneumatski aktuator

Pneumatski aktuator je tip aktuatora koji za svoj rad koristi komprimirani zrak. Pretvaranjem tlaka zraka u linearno ili rotacijsko gibanje zapornog elementa, isti se pozicionira u željeni položaj. Kao i u slučaju hidrauličnog aktuatora, u praksi se koriste jednoradni i dvoradni pneumatski aktuatori. Prednosti pneumatskog aktuatora u odnosu na druge tipove aktuatora su mogućnost ostvarivanja vrlo malih kretanja klipnjače aktuatora, a time i zapornog elementa, te korištenje u širokom rasponu radne temperature. S druge strane, glavni nedostaci ovog tipa aktuatora su, kao i kod hidrauličkog tipa, potreba za ponavljajućom

povratnom informacijom o položaju zapornog elementa zasuna/ventila, relativno mala brzina gibanja klipnjače aktuatora, visoki napon elektromotora te, u konačnici, visoka cijena (VIS-trgovina d.o.o, 2014). Na slici 5-12 prikazan je izgled pneumatskog aktuatora na kojoj brojčane oznake predstavljaju (HAITIMA Corporation, 2014):

- 1 – indikator položaja ,
- 2 – zupčanik,
- 3 – kućište aktuatora,
- 4 – aluminijske kape za zaštitu od korozivnih elemenata,
- 5 – klip,
- 6 – podešivač gibanja klipnjače aktuatora (+/- 5°),
- 7 – opruga,
- 8 – ležajevi i vodilice,
- 9 – brtve.



**Slika 5-12.** Pneumatski aktuator (HAITIMA Corporation, 2014)



## 6. PODESIVA SAPNICA

Sapnica, čiji je presjek prikazan na slici 6-1, je uređaj koji se koristi za kontrolu protoka fluida iz bušotine, te za regulaciju tlaka u tlačnim linijama iza sapnice, točnije za smanjenje tlaka kojeg sa sobom donosi dotok fluida. Sapnica omogućava protok fluida kroz otvor čija se površina, ovisno o tlaku, regulira. S obzirom na moguću prisutnost krutih čestica u dotoku fluida, nužno je da se sapnice dizajniraju na način da budu otporne na erozivno djelovanje tih čestica (EnggCyclopedia, 2012).



**Slika 6-1.** Presjek podesive sapnice (IMI Critical Engineering, 2018)

U naftnoj industriji koriste se različiti tipovi sapnica, ovisno o namjeni, a sam tip sapnice određen je zapravo zapornim elementom. U tablici 6-1 prikazani su podaci o nominalnim promjerima, radnim tlakovima te maksimalnim promjerima otvora sapnice (Worldwide Oilfield Machine, 2011).

**Tablica 6-1.** Nominalni promjeri, radni tlakovi i promjeri otvora sapnice

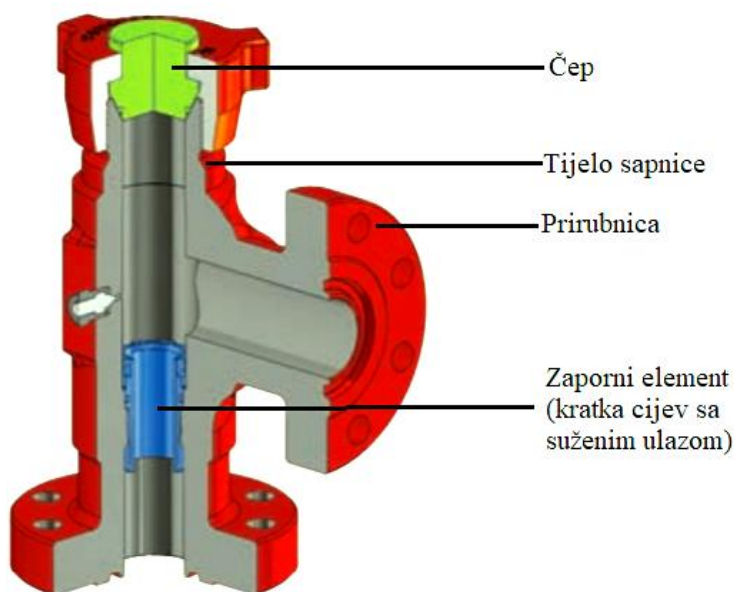
Nominalna promjer sapnice (cm)	Radni tlak (MPa)	Maksimalna veličina otvora sapnice (cm)
5,08	13,8-69	2,54
5,08	103,5	2,54
7,62	13,8-69	5,08
7,62	103,5	5,08
10,16	13,8-69	7,62
12,7	13,8-34,5	7,62

### 6.1. Zahtjevi i preporuke određene API Standardom

Sve se sapnice dizajniraju, izrađuju i ugrađuju u sustav u skladu s odrednicama specifikacija API 6A i API 16C. Za konfiguracije razdjelnika podesive sapnice za radni tlak od 34,5 MPa (5 000 psi) ili više potrebno je ugraditi minimalno jednu daljinski upravljivu podesivu sapnicu, a za konfiguracije razdjelnika podesive sapnice za radni tlak od 69 MPa (10 000 psi) ili više potrebno je ugraditi minimalno dvije daljinski upravljive podesive sapnice. Nadalje, svi daljinski upravljivi ventili i sapnice moraju biti opremljeni pomoćnim pogonskim uređajem u slučaju kvara glavnog, a ispravnost istog se mora testirati svakodnevno. Što se tiče vremena zatvaranja ili otvaranja daljinski upravljivih ventila i sapnica, ono ne smije prelaziti minimalno vrijeme zatvaranja čeljusnog preventera (30 sekundi ili manje). Inspekcija sapnica, ventila, te vodova za gušenje i prigušivanje bušotine radi utvrđivanja mogućeg zamora materijala, oštećenja uzrokovanih erozijom i korozijom, začepljena i slično, mora se vršiti prema uputama proizvođača u točno određenim vremenskim intervalima. Ukoliko se ukaže potreba za servisiranjem sapnice, ono se također mora vršiti prema uputama proizvođača. Djelotvornost i ispravnost podesivih sapnica nužno je svakodnevno testirati (API Standard 53, 2012).

## 6.2. Sapnica sa zapornim elementom u obliku kratke cijevi

Najjednostavnija konfiguracija sapnice je tip koji se sastoji od čepa na vrhu (*engl. blanking plug assembly*) i zapornog elementa u obliku kratke cijevi kojim se kontroliraju protok i tlak (*engl. flow bean*) i koji se, ovisno o spomenutim parametrima, može mijenjati. Zaporni element kod ovog tipa sapnice ima suženi ulaz kako bi se postigao hidraulički glatki protok s minimalnom turbulencijom. Treba napomenuti da prije promjene zapornog elementa protok treba obustaviti, a tlak ispustiti. Spomenuti tip sapnice prikazan je na slici 6-2, a izgled zapornog elementa na slici 6-3 (Worldwide Oilfield Machine, 2011).



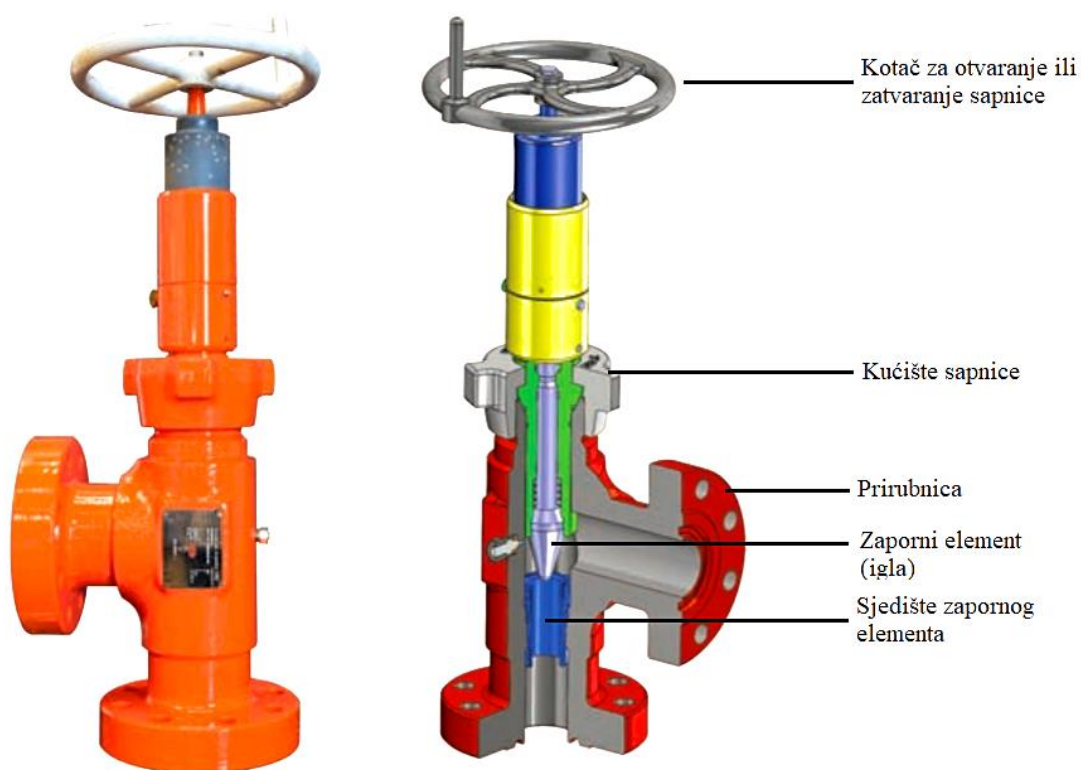
**Slika 6-2.** Sapnica sa zapornim elementom u obliku kratke cijevi (Worldwide Oilfield Machine, 2011)



**Slika 6-3.** Zaporni element u obliku kratke cijevi sa suženim ulazom (Worldwide Oilfield Machine, 2011)

### 6.3. Sapnica s konusnim zapornim elementom i sjedištem

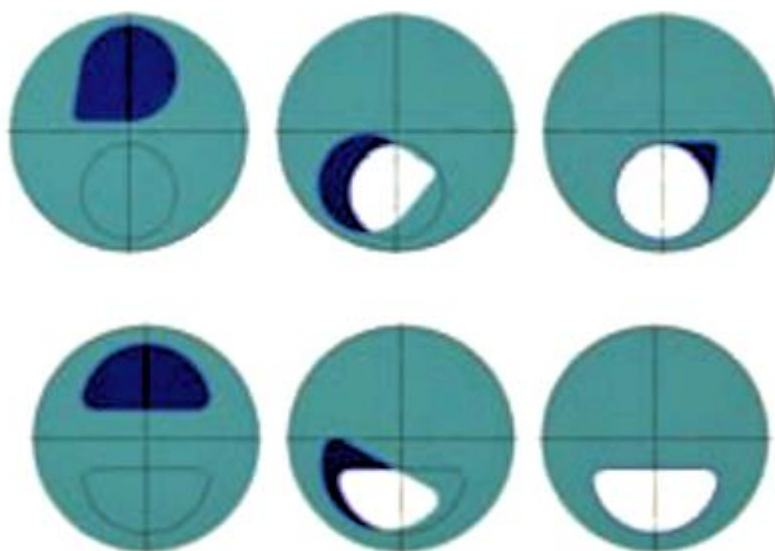
Ovaj tip sapnice jedan je od najjednostavnijih tipova trenutno dostupnih na tržištu, a prikazan je na slici 6-4. Sastoji se od tijela sapnice, metalnog kućišta koje ujedno djeluje i kao brtveni element, te kotača za mehaničku manipulaciju ili aktuatora za automatsku manipulaciju sapnicom. Unutar sapnice nalazi se konusni zaporni element u obliku igle (*engl. needle*) koji se podiže ili spušta, sjedište zapornog elementa od nehrđajućeg čelika i indikator položaja zapornog elementa kalibriran u koracima od 0,03969 cm (1/64") u svrhu postizanja učinkovitog promjera otvora za protok fluida. U uvjetima kada se radi s erozivnim i korozivnim fluidima, zaporni element i njegovo sjedište izrađuju se od volframova (*engl. tungsten*) karbida (Worldwide Oilfield Machine, 2011).



**Slika 6-4.** Sapnica s konusnim zapornim elementom u obliku igle (Worldwide Oilfield Machine, 2011)

#### 6.4. Sapnica s rotirajućim diskom

Ovaj tip sapnice se kao i prethoda dva tipa, sastoji od tijela sapnice, kućišta i mehanizma za manipulaciju. Zaporni element čine dva preklapajuća diska izrađena od volframova karbida (dulji radni vijek s obzirom na povećanu otpornost na koroziju i eroziju), od kojih je donji disk nepomičan, a gornji pomičan. Na oba diska nalaze se ekscentrični otvori određenih dimenzija i oblika, a dizajnirani su na način da brtve međuprostor. Rotiranjem gornjeg diska u odnosu na donji postiže se određeni promjer otvora za protok fluida, čime se regulira tlak. Raspon rotacije gornjeg diska u odnosu na donji je od  $0^\circ$  (protok je u potpunosti onemogućen) do  $180^\circ$  (maksimalan protok). Otvor na diskovima je najčešće u obliku polumjeseca, a može biti i u obliku kapljice (slika 6-5). U praksi se ovaj tip sapnice najčešće koristi za radne tlakove od 34,5 MPa (5 000 psi) do 103,5 MPa (15 000 psi), a maksimalan promjer otvora na disku za tlak od 34,5 MPa (5 000 psi) iznosi 2,54 cm (1"), za tlak od 69 MPa (10 000 psi) iznosi 3,81 cm (1 1/2"), a za tlak od 103,5 MPa (15 000 psi) iznosi 7,62 cm (3") (Worldwide Oilfield Machine, 2011).



**Slika 6-5.** Oblici otvora na diskovima (Worldwide Oilfield Machine, 2011)

## 7. UPRAVLJAČKA PLOČA

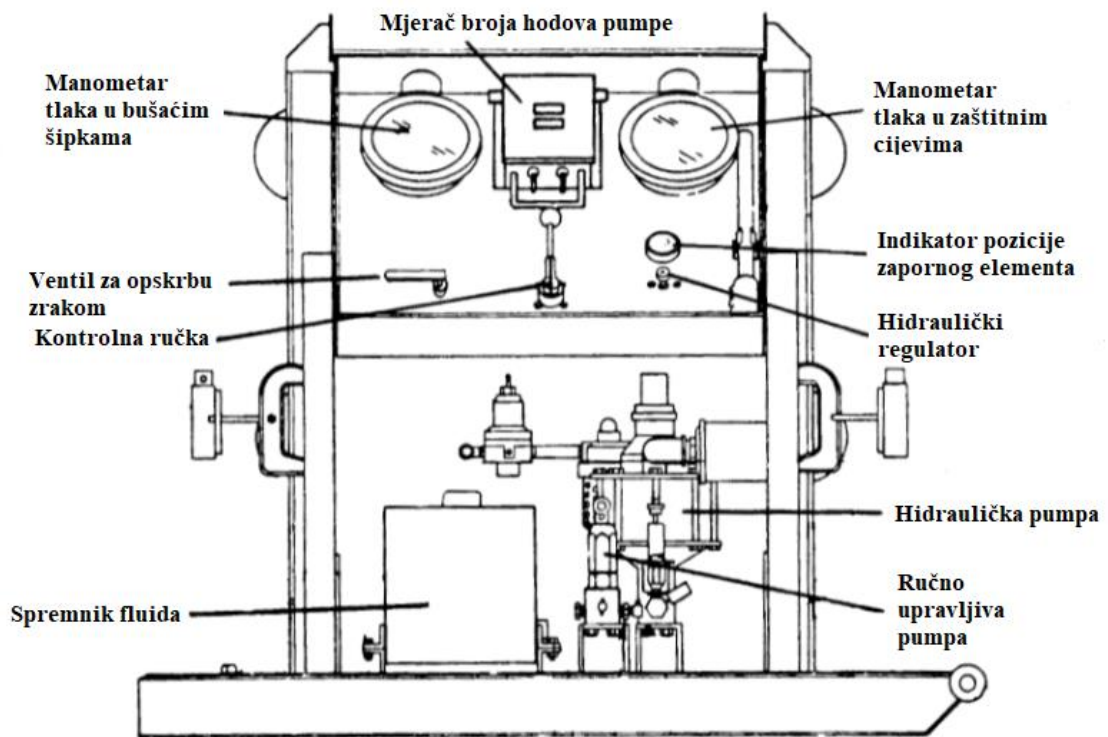
Upravljačka ploča (*engl. control panel*) koristi se za upravljanje daljinski upravljivim sapnicama i ventilima, a prikazana je na slici 7-1. Najčešće se nalazi na podištu tornja, u blizini isplačnih bazena (kako bi operator imao jasan pregled razine fluida u bazenima), i razdjelnika podesive sapnice, međutim može se nalaziti i na nekom udaljenijem i sigurnijem mjestu, ovisno o odredbama operatora. U iznimnim slučajevima se na postrojenju na određenim lokacijama može nalaziti nekoliko upravljačkih ploča.



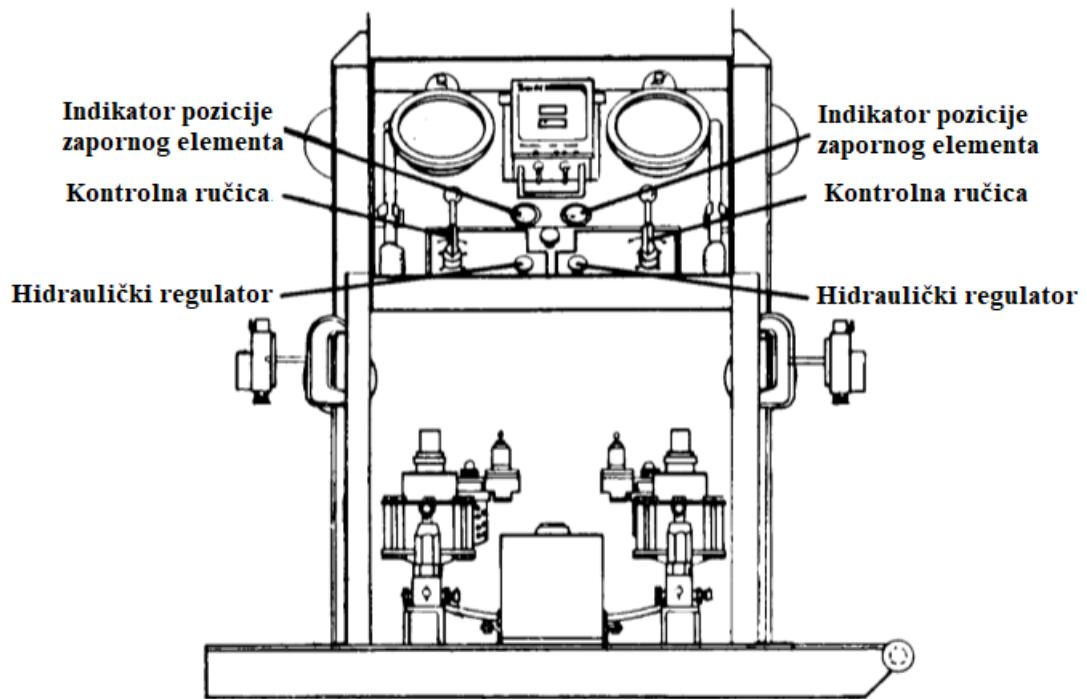
**Slika 7-1.** Upravljačka ploča (Cameron, 2014)

Upravljačka ploča nalazi se unutar metalnog kućišta, a sastoji se od kontrolne ručke, ventila za opskrbu zrakom, indikatora pozicije zapornog elementa sapnice i ventila, mjerača broja hodova pumpe, manometra tlaka u bušačim šipkama, manometra tlaka u zaštitnim cijevima, te hidrauličkog regulatora. Ispod upravljačke ploče nalaze se hidraulička pumpa, spremnik fluida i rezervna, te ručno upravljiva pumpa koja se koristi u slučaju prestanka opskrbe zrakom. Kontrolna ručka se nalazi u neutralnom položaju. Za otvaranje ili zatvaranje sapnice ili ventila potrebno je kontrolnu ručku pomaknuti gore ili dolje, a sama ručka sadrži oprugu koja omogućuje njen automatski povratak u neutralni položaj. Za smanjenje brzine zatvaranja sapnice ili ventila, a u svrhu postizanja bolje kontrole tlaka, koristi se hidraulički

regulator na način da se djelomično zatvori. Hidraulički regulator zapravo predstavlja ventil sa zapornim elementom u obliku igle. Ventil za opskrbu zrakom koristi se za manipulaciju pneumatski pumpi te za pozicioniranje indikatora. Spomenuta dva sustava za rad zahtjevaju otprilike tlak zraka oko 207 kPa (30 psi), ali se radi osiguranja adekvatnog volumena zraka i sigurne opskrbe preporuča da tlak zraka iznosi između 345 i 862 kPa (50-125 psi). Za instalacije s dvije daljinski upravljive sapnice koristi se upravljačka ploča koja sadrži dvije kontrolne ručke, dva indikatora pozicije zapornog elementa, dva hidraulička regulatora, te dvije hidrauličke pumpe. Shematski prikazi upravljačkih ploča za jednu, odnosno dvije sapnice, prikazani su na slikama 7-2 i 7-3 (SWACO 15 000 psi choke – Installation & Field Service Manual).



**Slika 7-2.** Shematski prikaz upravljačke ploče za jednu sapnicu (SWACO 15 000 psi choke – Installation & Field Service Manual)



**Slika 7-3.** Shematski prikaz upravljačke ploče za dvije sapnice (SWACO 15 000 psi choke – Installation & Field Service Manual)



## 8. ZAKLJUČAK

Dotok je stanje koje se tijekom tehnološkog procesa bušenja može pojaviti iz različitih razloga, zbog nepredvidivosti prirodnog okruženja, radi neispravne opreme, a najčešće radi ljudske pogreške. Dotok može izazvati velike probleme, a ponekad rezultirati i erupcijom uz mogućnost gubitka bušotine ili uz katastrofalne posljedice. Ljudske se pogreške, bez obzira na iskustvo i kontinuiranu edukaciju osoblja, teško mogu potpuno izbjeći, ali na ispravnost opreme se može i mora moći utjecati. Sa stajališta sigurnosti izvođenja radova to se pogotovo odnosi na opremu za kontrolu tlaka u bušotini, uključujući i razdjelnik podesive sapnice koji je tema ovog rada. Razdjelnik podesive sapnice mora zadovoljavati odredbe propisane od strane Američkog instituta za naftu - API kao mjerodavne institucije. Smještaj radzjelnika podesive sapnice mora zadovoljavati sigurnosne kriterije. Inspekcija u svrhu utvrđivanja mogućih oštećenja i neispravnosti dijelova sustava, kao što su tlačni vodovi, ventili, sapnice i drugo, mora se vršiti u propisanim vremenskim intervalima kako bi se prevenirale nepoželjne pojave. Zaključno, razdjelnik podesive sapnice neophodan je i izuzetno važan dio opreme za kontrolu tlaka na postrojenjima za bušenje jer je dotok, bez obzira na tehnološki razvoj opreme i postupaka, i dalje sastavni dio procesa bušenja koji nije moguće nastaviti dok se dotekli fluid ne iscirkulira i dok se bušotina ne uguši, tj. stavi pod kontrolu.

## 9. LITERATURA

1. ABERDEEN DRILLING SCHOOLS & WELL CONTROL TRAINING CENTRE, 2002. Well Control for the Rig-Site Drilling Team – Training Manual. Aberdeen, Škotska.
2. AMERICAN PETROLEUM INSTITUTE, 2010. API Specification 6A – Specification for Wellhead and Christmas Tree Equipment. Washington, D.C., USA, October 2010.
3. AMERICAN PETROLEUM INSTITUTE, 2015. API Specification 16C – Choke and Kill Equipment. Washington D.C., USA, September 2015.
4. AMERICAN PETROLEUM INSTITUTE, 2012. API Standard 53 – Blowout Prevention Equipment/ Systems for Drilling Wells. Washington, D.C., USA, November 2012.
5. BOLF N., TOMIČAK L., 2017. Mjerna i regulacijska tehnika – Regulacijski ventili. Fakultet kemijskog inženjerstva i tehnologije, Sveučilište u Zagrebu, Zagreb, Hrvatska, 2017.
6. FOTODOKUMENTACIJA TVRTKE CROSCO-INTEGRATED DRILLING & WELL SERVICES CO., LTD, 2018.
7. SCAGLIARINI, S., 2006. Schlumberger Well Control Manual. October 2006.

### Web izvori:

1. FLOW CONTROL.NO, 2018. *FlowControl Norway AS – Check Valves*.  
URL:<https://www.flowcontrol.no/valves/check-valves/> (27.10.2018.)
2. GRAB CAD, 2012. *Blowout Preventer – BOP*.  
URL:<https://grabcad.com/library/blow-out-preventer-bop> (26.10.2018.)
3. HAITIMA CORPORATION, 2014. *Pneumatic Actuators-Features*.  
URL:<http://www.haitima.com.tw/pneumatic/pneumatic-actuator02.htm> (19.11.2018.)
4. IMI-CRITICAL, 2018. *Product – 860HPC Critical Service Choke Valve*.  
URL:<http://www.imi-critical.com/products/Pages/Product-860-HPC.aspx> (23.11.2018.)
5. INDIA MART, 2018. *Fluidtech Wedge Gate Valves*.  
URL:<https://www.indiamart.com/proddetail/wedge-gate-valves-14303349262.html>  
(05.10.2018.)
6. INDUSTRIAL METAL SUPPLY, 2017. *Whas is Alloy Steel?*  
URL:<https://www.industrialmetalsupply.com/blog/what-is-alloy-steel/> (25.10.2018.)
7. KITZ.CO.JP, 2018. *Valve Types and Configurations – Check Valves*.  
URL:[https://www.kitz.co.jp/english2/type\\_checkvalve.html](https://www.kitz.co.jp/english2/type_checkvalve.html) (08.11.2018.)

8. KRUSE ASSET, 2018. *Listing – Well Service Equipment Package*.  
URL:<http://www.kruseasset.com/index.cfm?id=2&listID=120> (04.10.2018.)
9. MACHINE DESIGN, 2015. *What's the Difference Between Pneumatic, Hydraulic and Electrical Actuators?*  
URL:[https://www.machinedesign.com/linear-motion/what-s-difference-between-pneumatic-hydraulic-and-electrical-actuators\\_](https://www.machinedesign.com/linear-motion/what-s-difference-between-pneumatic-hydraulic-and-electrical-actuators_)(19.11.2018.)
10. NATIONAL OILWELL VARCO, 2018. *E-Type Gate Valves*.  
URL:[https://www.nov.com/Segments/Rig\\_Technologies/Rig\\_Equipment/Land/Drilling\\_Pressure\\_Control/Valves/Gate\\_Valves/NOV\\_ANSON\\_E-Type\\_Gate\\_Valves.aspx](https://www.nov.com/Segments/Rig_Technologies/Rig_Equipment/Land/Drilling_Pressure_Control/Valves/Gate_Valves/NOV_ANSON_E-Type_Gate_Valves.aspx)  
(07.11.2018.)
11. PARKER HANNIFIN CORP, 2018. *Compact Electro-Hydraulic Actuator Technology*.  
URL:<http://www.parker.com/portal/site/PARKER/menuitem.e5690202650732a5091cdc10237ad1ca/?vgnextoid=f37ec710fda1d310VgnVCM100000200c1dacRCRD&vgnnextchannel=03b9ce74fa65e210VgnVCM10000048021dacRCRD&vgnnextfmt=EN&vgnnextfmt=EN&locfooter=locfooter&cssClass=f37ec710fda1d310VgnVCM100000200c1dacRCRD>  
(10.11.2018.)
12. SCHLUMBERGER OILFIELD GLOSSARY, 2018. *Choke line*.  
URL:[https://www.glossary.oilfield.slb.com/en/Terms/c/choke\\_line.aspx](https://www.glossary.oilfield.slb.com/en/Terms/c/choke_line.aspx) (02.10.2018.)
13. SCHLUMBERGER OILFIELD GLOSSARY, 2018. *Kill line*.  
URL:[https://www.glossary.oilfield.slb.com/en/Terms/k/kill\\_line.aspx](https://www.glossary.oilfield.slb.com/en/Terms/k/kill_line.aspx) (02.10.2018.)
14. TASMAN OIL TOOLS, 2018. *Products & Service – Drilling Spools*.  
URL:<https://www.tasmanoiltools.com/products-and-services/pressure-control-equipment/drilling-spools/> (01.09.2018.)
15. VALVE STOCK.CA, 2018. *3-1/16 X 15 000 psi HCR Valve*.  
URL:<https://www.valvestock.ca/en/product.asp?id=1495&aid=22&nid=243> (25.10.2018.)
16. VIS-TRGOVINA.HR, 2014. *Ventilski pogoni(aktuatori) – pneumatski, električni i hidraulični*  
URL:<http://www.vis-trgovina.hr/cijevni-zatvaraci/ventilski-pogoni-aktuatori-pneumatski-elektricni-i-hidraulicni/> (10.11.2018.)
17. WORLDWIDE OILFIELD MACHINE USA, 2011. *WOM-Chokes*.  
URL:<https://www.womusa.com/wp-womusa/wp-content/uploads/WOM-Choke.pdf>  
(01.12.2018.)

## **IZJAVA**

Izjavljujem da sam korištenjem dostupne literature i znanja stečenog tijekom studiranja samostalno izradio diplomski rad.

Petar Ramljak

---