



B.M.R. Group d.o.o. Privredno društvo za postrojenja, tehničke i cevne konstrukcije

I OPŠTA TEHNIČKA DOKUMENTACIJA

Sadržaj:

1. Rešenje o imenovanju odgovornog projektanta
2. Izjava odgovornog projektanta
3. Licenca odgovornog projektanta i potvrda o važenju
4. Projektni zadatak

Investitor:	HIP Petrohemija a.d.
Objekat:	HIP Petrohemija a.d. pogon Etilen
Vrsta tehničke dokumentacije:	PROJEKAT ZA IZVOĐENJE
Naziv i oznaka dela projekta:	6 – Mašinske instalacije PROJEKAT ZA IZVOĐENJE – SANACIJA IZMENJIVAČA TOPLOTE 50.C-300 PROJEKTNO-TEHNIČKA DOKUMENTACIJA CEVNOG SNOPA IZMENJIVAČA TOPLOTE 50.C-300
Za građenje / izvođenje radova:	Rekonstrukcija i dogradnja
Projektant:	BMR Group d.o.o. Šabac
Odgovorno lice projektanta:	Dejan Predojević
Pečat:	Potpis:
Odgovorni projektant:	Aleksandar Kovačević
Broj licence:	330 H37609
Lični pečat:	Potpis: 
Broj tehničke dokumentacije:	50.C-300
Mesto i datum:	Šabac, januar 2017.



SADRŽAJ PROJEKTNO-TEHNIČKE DOKUMENTACIJE

1. Opšta tehnička dokumentacija
 - 1.1. Rešenje o imenovanju odgovornog projektanta
 - 1.2. Izjava odgovornog projektanta
 - 1.3. Licenca odgovornog projektanta i potvrda o važenju
 - 1.4. Projektni zadatak
2. Tekstualna dokumentacija
 - 2.1 Tehnički opis
 - 2.2 Isprava opreme
 - 2.3 Razvrstavanje opreme pod pritiskom
 - 2.4 Plan kontrolisanja
 - 2.5 Procedura za ispitivanje hladnim vodenim pritiskom
 - 2.6 Uputstvo za transport, montažu, rad i održavanje
 - 2.7 Bitni zahtevi za bezbednost
 - 2.8 Analiza opasnosti
 - 2.9 Prenosnje oznaka na korišćene materijale
 - 2.10 Antikorozijska zaštita
 - 2.11 Procedura za valcovanje
 - 2.12 Deklaracija o usaglašenosti izmena
3. Numerička dokumentacija
 - 3.1 Mehanički proračun cevnog snopa izmenjivača toplote 50.C-300
4. Grafička dokumentacija
 - 4.1 Cevni snop izmenjivača toplote
 - 4.2 Cevna ploča
 - 4.3 Pregradna ploča 1
 - 4.4 Pregradna ploča 2
 - 4.5 „U“ cevi
 - 4.6 Distantni vijak
 - 4.7 Natpisna pločica
5. Prilozi
 - 5.1 Sklopni crtež izmenjivača toplote 50.C-300
 - 5.2 Crtež natpisne pločice



B.M.R. Group d.o.o. Privredno društvo za postrojenja, tehničke i cevne konstrukcije

REŠENJE O IMENOVANJU ODGOVORNOG PROJEKTANTA

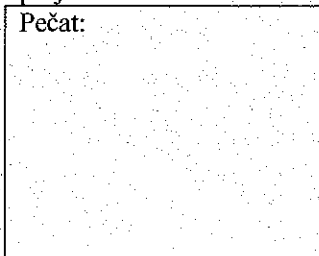
Na osnovu člana 128. Zakona o Planiranju i izgradnji („Sl.glasnik RS“ br. 72/09, 81/09-
ispravka, 64/10-odluka US, 21/11 i 121/12, 42/13 – odluka US, 50/13 – odluka US, 98/13 – odluka
US, 132/14 i 145/14) i odredbi Pravilnika o sadržini, načinu i postupku izrade i načinu vršenja
kontrole tehničke dokumentacije prema klasi i nameni objekta („Sl.glasnik RS“ br. 23/2015) za

**Odgovornog projektanta za izradu projekta „6 – Mašinske instalacije, Projekat za izvođenje –
Sanacija izmenjivača toplote 50.C-300, Projektno-tehnička dokumentacija izmenjivača toplote
50.C-300“ određuje se:**

Aleksandar Kovačević, dipl. inž. maš, broj licence 330 H37609

Projektant:
Odgovorno lice
projektanta:

Pečat:

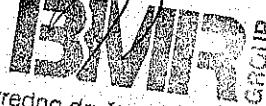


Broj projekta:
Mesto i datum:

BMR Group d.o.o. Šabac
Dejan Predojević dipl. inž. maš.

Potpis:

Dejan Predojević



Privredno društvo za postrojenja
tehničke i cevne konstrukcije d.o.o.
Hajduk Veljkova b.b. SRB-15000 Šabac
Tel. +381/15/303 200 Fax 347 424

50.C-300
Šabac, 30.01.2017.



B.M.R. Group d.o.o. Privredno društvo za postrojenja, tehničke i cevne konstrukcije

IZJAVA ODGOVORNOG PROJEKTANTA

Kao odgovorni projektant na projektu „6 – Mašinske instalacije, Projekat za izvođenje – Sanacija izmenjivača toplote 50.C-300, Projektно-tehnička dokumentacija izmenjivača toplote 50.C-300“ :

Aleksandar Kovačević, dipl. inž. maš, broj licence 330 H37609

Izjavljujem

- Da je projekat izrađen u skladu sa Zakonom o planiranju i izgradnji, propisima, standardima i normativima iz oblasti izgradnje objekta i pravilima struke;
- Da su pri izradi projekta poštovane sve propisane i utvrđene mere i preporuke za ispunjenje osnovnih zahteva za objekat i da je projekat izrađen u skladu sa merama i preporukama kojima se dokazuje ispunjenost osnovnih zahteva.

Odgovorni projektant:

Aleksandar Kovačević

Broj licence:

330 H37609

Lični pečat



Potpis:

Broj tehničke dokumentacije: **50.C-300**

Mesto i datum:

Šabac, 30.01.2017.



ИНЖЕЊЕРСКА КОМОРА СРБИЈЕ

ЛИЦЕНЦА

ОДГОВОРНОГ ПРОЈЕКТАНТА

На основу Закона о планирању и изградњи и
Статута Инжењерске коморе Србије

УПРАВНИ ОДБОР ИНЖЕЊЕРСКЕ КОМОРЕ СРБИЈЕ
утврђује да је

Александар Р. Ковачевић

дипломирани машински инжењер

JMB 0101971860066

одговорни пројектант

термотехнике, термоенергетике, процесне и гасне технике

Број лиценце

330 H376 09



У Београду
16. априла 2009. године

ПРЕДСЕДНИК КОМОРЕ

D. Šumara

Проф. др Драгослав Шумарац
дипл. инж. инж.

Број: 12-02/231113
Београд, 11.08.2016. године



На основу члана 75. Статута Инжењерске коморе Србије
("СГ РС", бр. 88/05 и 16/09), а на лични захтев члана Коморе,
Инжењерска комора Србије издаје

ПОТВРДУ

Којом се потврђује да је Александар Р. Ковачевић, дипл.маш.инж.
лиценца број

330 H376 09

за

одговорног пројектанта термотехнике, термоенергетике, процесне и
гасне технике

на дан издавања ове потврде члан Инжењерске коморе Србије, да је
измирио обавезу плаћања чланарине Комори закључно са 16.04.2017.
године, као и да му одлуком Суда части издата лиценца није одузета.



Председник Инжењерске коморе Србије

Проф. др Миласав Дамњановић, дипл. инж. арх.



I TEKSTUALNA DOKUMENTACIJA

Sadržaj:

1. Tehnički opis
2. Isprava opreme
3. Razvrstavanje OPP
4. Plan kontrolisanja
5. Procedura za ispitivanje hladnim vodenim pritiskom
6. Uputstvo za transport, montažu, rad i održavanje
7. Bitni zahtevi za bezbednost
8. Analiza opasnosti
9. Prenos enje oznaka na korišćene materijale
10. Antikorozijska zaštita
11. Procedura za formiranje nerastavljivih spojeva cevi i cevni h ploča – “Valcovanje”
12. Deklaracija o usaglašenosti izmena



B.M.R. Group d.o.o. Privredno društvo za postrojenja, tehničke i cevne konstrukcije

TEHNIČKI OPIS

Kod postojećeg izmenjivača toplote tehnološke oznake 50.C-300 predviđena je zamena cevnog snopa (svih "U" cevi i cevne ploče), novim sklopom cevnog snopa konstrukcije identične postojećoj. Svi ostali elementi konstrukcije se zadržavaju.

Lokacija ugradnje opreme pod pritiskom

Predmetni izmenjivač toplote, tehnološke oznake 50.C-300, nameravan je za ugradnju u postrojenju HIP Petrohemija.

Izmenjivač se nalazi u eksploataciji i sada se vrši zamena cevnog snopa.

Vrsta i namena posude

Stabilna posuda pod pritiskom – izmenjivač toplote, prema konstrukciji predstavlja horizontalni dobošasti izmenjivač toplote sa cevnom snopom koji se sastoji od 32 "U" cevi dimenzija $\varnothing 19.05 \times 1.245 \times L$ mm (3/4" BWG18), zatvoren zavarenim ravnim dancima na oba kraja. Spoj ravnog danca i omotača izmenjivača toplote, i ravnog danca i komore izmenjivača toplote izveden je zavarivanjem. Prirubna veza komore sa cevnom snopom i omotačem izmenjivača omogućava demontažu cevnog snopa izmenjivača toplote za potrebe održavanja. Prema TEMA standardu za dobošaste izmenjivače toplote, predmetni izmenjivač predstavlja "AEU" tip.

Spoj cevi cevnog snopa i cevne ploče ostvaren je mašinskim uvaljivanjem krajeva cevi u cevne ploče (valcovanjem) sa dva zuba. Naknadno zavarivanje cevi i cevne ploče nije predviđeno.

Namena izmenjivača toplote je hlađenje ulja u omotaču izmenjivača toplote rashladnom vodom koja prolazi kroz cevni snop.

Zaštita izmenjivača toplote od prekoračenja pritiska vrši se preko ventila sigurnosti ugrađenog u procesnom sistemu.

Radni fluidi

Radni fluid u cevnom snopu izmenjivača toplote je voda, koja se prema svojim karakteristikama svrstava u grupu 2 fluida.

Radni fluid na strani omotača izmenjivača toplote je ulje, koja prema svojim karakteristikama predstavlja fluid grupe 1.

Grupa fluida određuje se na osnovu karakteristika fluida (otrovan, zapaljiv, eksplozivan...), i pored projektnih uslova, predstavlja ulazni podatak za određivanje nivoa opasnosti opreme pod pritiskom u eksploataciji.

Osnovni materijali

Cevna ploča izmenjivača toplote izrađuje se od ugljeničnog materijala P265GH, dok se cevi cevnog snopa izmenjivača toplote izrađuju se od legure CuZn28Sn1.



B.M.R. Group d.o.o. Privredno društvo za postrojenja, tehničke i cevne konstrukcije

ISPRAVA OPREME

OPŠTI PODACI		
Projektant / Proizvođač (cevni snop)	BMR Group d.o.o. Šabac	
Firma, odnosno naziv korisnika Adresa	HIP Petrohemija a.d. Spoljnostarčevačka 82, 26000 Pančevo	
Firma, odnosno naziv proizvođača	Petroremont	
Fabrički broj / godina izrade	25481 25482	---
Naziv opreme	Izmenjivač toplote	
Tehnološka oznaka opreme	50.C-300	
Oblik i konstruktivne mere prema crtežu br.	50.C-300	

TEHNIČKI PODACI				
Vrsta posude	Horizontalna stabilna posuda pod pritiskom – izmenjivač toplote			
Radni prostor	-	-	Omotač	Cevni snop
Radni fluid	-	-	Ulje	Voda
Najveći dozvoljeni radni pritisak	P	bar	1,03 + FV	10,3
Proračunski pritisak	PS	bar	1,03 + FV	10,3
Ispitni pritisak	Ptest	bar	1,5	15,5
Ispitni fluid	-	-	Voda	Voda
Radna temperatura ulaz / izlaz	TSmax/TSmin	°C	---	---
Proračunska temperatura	TS	°C	343	93
Koeficijent valjanosti zavarenog spoja	z	-	1	1
Termička obrada	-	-	Ne	Ne
Zapremina	V	L	96	47
Masa				
Masa prazne posude	m	kg	380	
Masa posude pune vode	m	kg	523	

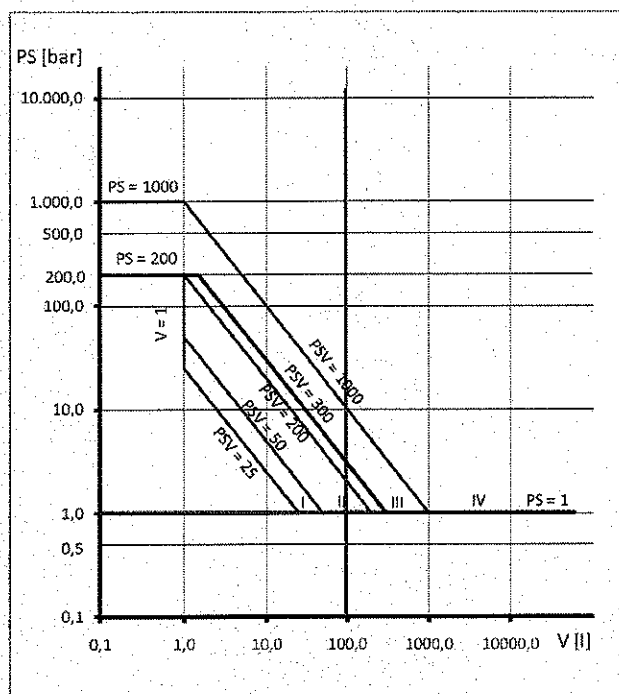
RAZVRSTAVANJE OPREME POD PRITISKOM

Prema odredbama Pravilnika o pregledima opreme pod pritiskom tokom veka upotrebe (Službeni glasnik Republike Srbije br. 87/2011 i 75/2013), vrši se razvrstavanje predmetnog izmenjivača toplote u visok ili nizak nivo opasnosti opreme pod pritiskom:

Radni prostor 1 – Omotač izmenjivača toplote:

Dijagram 1 – Posude za gasove, utečnjene gasove, pod pritiskom rastvorene gasove, pare i one tečnosti kod kojih pritisak pare na najvećoj dozvoljenoj temperaturi prelazi 1 bar iznad standardnog atmosferskog pritiska (1013 mbar) namenjene za fluide Grupe 1.

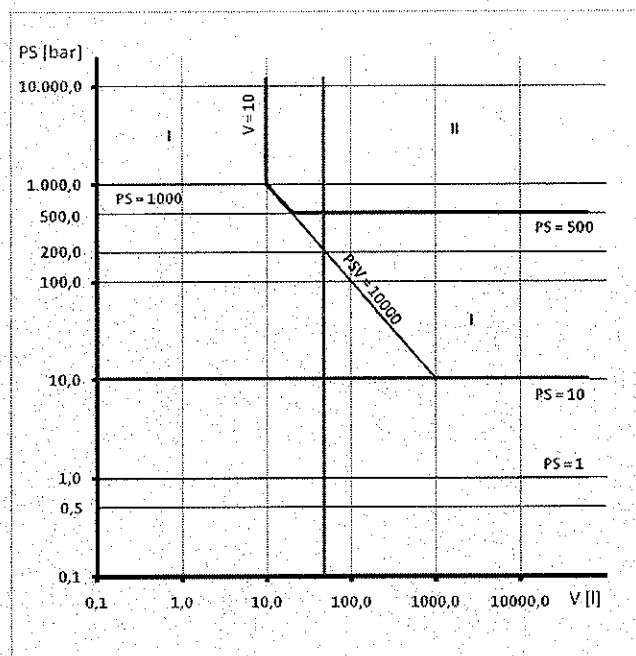
$$PS \times V = 1.03 \text{ bar} \times 96 \text{ L} = 98.8 \text{ bar} \times \text{L} \Rightarrow \text{nizak nivo opasnosti}$$



Radni prostor 2 – Cevni snop izmenjivača toplote:

Dijagram 4 – Posude za tečnosti kod kojih pritisak pare na najvećoj dozvoljenoj temperaturi ne prelazi 1 bar iznad standardnog atmosferskog pritiska (1013 mbar) namenjene za fluide Grupe 2.

$$PS \times V = 10,3 \text{ bar} \times 47 \text{ L} = 484,1 \text{ bar} \times \text{L} \Rightarrow \text{nizak nivo opasnosti}$$



Nivo opasnosti opreme pod pritiskom koja se sastoji iz dva ili više radnih prostora, određuje se za svaki radni prostor pojedinačno i usvaja se visok nivo opasnosti za ceo sklop ukoliko je jedan od radnih prostora ravnostan u visok nivo opasnosti.

Predmetni izmenjivač toplote razvrstava se u nizak nivo opasnosti opreme pod pritiskom (nije u nadležnosti Imenovanog tela za preglede i ispitivanja opreme pod pritiskom).



B.M.R. Group d.o.o. Privredno društvo za postrojenja, tehničke i cevne konstrukcije

PLAN KONTROLISANJA

R.Br.	Proizvodnja / vrsta kontrole	Ispitivanja			Tačke kontrole		Napomene	Izvršio (Potpis)
		Specifikacija / Standard	Tip	Obim	M	C		
1	KONTROLA TEHNIČKE DOKUMENTACIJE							
1.1	Overa projektno- tehničke dokumentacije	SRPS EN 13445- 3:2015	R	100%	X, R			<i>AB</i>
2	MATERIJALI							
2.1	Ulazna kontrola materijala (sertifikati materijala)	SRPS EN 10204:2008-3.1	CR, VT, DT	100%	X	CR		<i>AB</i>
2.2	Zaptivači	Tehnička specifikacija	CR, VT	100%	X			
3	IZRADA							
3.1	Ulazna kontrola pozicija i označavanja materijala	Lista materijala	VT	100%	X			<i>AB</i>
3.2	Prenošenje oznaka (šarže) materijala	Br. šarže, kvalitet materijala	---	100%	X, R	CR		<i>AB</i>
3.3	Rezanje, sečenje, oblikovanje	SRPS EN 13445- 4:2015 SRPS EN ISO 9013:2013	VT, DT	100%	X			<i>AB</i>
3.4	Dimenziona kontrola sklopa	Sklopni crtež	DT	100%	X, R			<i>AB</i>
4	ZAVRŠNA KONTROLA							
4.1	Vizuelna kontrola	SRPS EN ISO 17637:2012 SRPS EN ISO 5817:2015	VT	100%	X		Kriterijum prihvatljivosti C	<i>AB</i>
4.2	Dimenziona kontrola	---	DT	100%	X, R	CR		<i>AB</i>
4.3	Kontrola pripreme površine za AKZ	SRPS EN ISO 12944:2016 SRPS EN ISO 8501:2008 SRPS EN ISO 8502:2008	Sa 2 1/2	100%	X			
4.4	Kontrola sistema premaza i merenje parametara	SRPS EN ISO 12944:2016		100%	X, R			



B.M.R. Group d.o.o. Privredno društvo za postrojenja, tehničke i cevne konstrukcije

R.Br.	Proizvodnja / vrsta kontrole	Ispitivanja			Tačke kontrole		Napomene	Izvršio (Potpis)
		Specifikacija / Standard	Tip	Obim	M	C		
4.5	Ispitivanje hladnim vodenim pritiskom (HVP)	Procedura za ispitivanje hladnim vodenim pritiskom	WT	---	X, R	CR		
4.6	Vizuelno ispitivanje posle ispitivanja HVP	SRPS EN ISO 17637:2012 SRPS EN ISO 5817:2015	VT	100%	X			
4.7	Završna kontrola AKZ – merenje debljine sloja farbe	SRPS EN ISO 12944:2016	DT	Merne tačke	X, R	CR		
4.8	Pakovanje i isporuka	Ugovor						
4.9	Pregled kompleta tehničke dokumentacije	---		100%	R	CR		

LEGENDA			
WP	Tačka osvedočenja	DT	Dimenziona kontrola
CR	Kontrola dokumentacije	WT	Ispitivanje hladnim vodenim pritiskom
X	Sprovodi	M	Proizvođač
R	Izdaje zapis	C	Korisnik
VT	Vizuelna kontrola		

Napomena:

- POTPISAN I OVEREN PLAN KONTROLISANJA PRILAŽE SE U SKLOPU ATESTNO-TEHNIČKE DOKUMENTACIJE PREDMETNE OPREME POD PRITISKOM.**

PROCEDURA ZA ISPITIVANJE HLADNIM VODENIM PRITISKOM

1. NAMENA

Namena ove procedure je definisanje zahteva kojih se treba pridržavati pri ispitivanju hladnim vodenim pritiskom radnih prostora izmenjivača toplote.

2. PROPISI I STANDARDI

Ispitivanje izmenjivača toplote će biti u saglasnosti sa zahtevima sledećih važećih propisa i standarda:

- *Pravilnik o tehničkim zahtevima za projektovanje, izradu i ocenjivanje usaglašenosti opreme pod pritiskom Sl.gl. RS br.87/2011;*
- *SRPS EN 13445-5:2015*
Posude pod pritiskom koje nisu izložene plamenu – deo 5: Kontrolisanje i ispitivanje

3. ODGOVORNOSTI

Korisnik opreme i odgovorni izvođač radova su odgovorni za sprovođenje ispitivanja hladnim vodenim pritiskom.

4. OPŠTE ODREDBE I USLOVI

Radni prostori izmenjivača toplote moraju biti podvrgnuti ispitivanju pritiskom, da bi se dokazao integritet završenog proizvoda.

Ispitivanje pritiskom je deo završnog ocenjivanja i deo redovnog periodičnog pregleda opreme.

Ispitivanje hladnim vodenim pritiskom mora biti standardno ispitivanje pritiskom.

Ispitivanje hladnim vodenim pritiskom će se obaviti nakon formiranja sklopa izmenjivača toplote i nakon završetka svih provera i ispitivanja.

Ispitivanje pritiskom se mora izvesti u kontrolisanim uslovima, uz odgovarajuće mere zaštite i odgovarajuću opremu, a na takav način da osoblje odgovorno za ispitivanje može izvesti kontrolisanje svih delova pod pritiskom.

Predmetni izmenjivač toplote u trenutku ispitivanja mora biti snabdeven odgovarajućom identifikacijom (natpisnom pločicom).

Kao ispitni fluid koristiti vodu. Kvalitet upotrebljene vode mora biti takav da sprečava koroziju i pojavu bilo kakvih zaostalih vodonepropusnih čvrstih materija.

U slučaju da je nakon ispitivanja pritiskom potrebno vršiti popravke, nakon izvođenja radova na popravkama, izmenjivač toplote se mora ponovo podvrgnuti utvrđenom ispitivanju pritiskom.

U toku izvođenja ispitivanja pritiskom izmenjivač toplote ne sme biti podvrgnut bilo kakvom obliku udarnog opterećenja, kao što je ispitivanje čekićem.

Ispitni fluid će biti čista voda iz vodovoda ili cisterne, bez peska i drugih primesa.

Temperatura ispitnog fluida i temperatura materijala izmenjivača toplote treba da bude minimalno 10 °C, najviše do 50 °C.

Pre početka punjenja vodom unutrašnjost sklopa izmenjivača toplote mora biti očišćena.



Na priključak za ispitivanje povezuje se merač.

Koristiti isključivo kalibrisane manometre u skladu sa zahtevom SRPS EN 13445-5 T.9 Kalibracija. Kada se koriste uređaji za merenje pritiska sa brojčanikom i sa registrovanjem, njihov brojčanik mora biti izbaždaren na opseg koji je približno dva puta veći od predviđenog najvećeg pritiska.

Svi uređaji za merenje pritiska sa pokazivanjem ili registrovanjem moraju biti kalibrisani prema ispitnom uređaju standardnog pritiska, obično je to kalibrisani glavni merni uređaj ili uređaj sa živinim stubom, a ponovno se kalibrišu najmanje jednom godišnje, osim ako standardom nije drugačije utvrđeno.

Tokom ispitivanja pritiskom jedino ovlašćene osobe mogu biti u blizini opreme i sprovoditi neophodne preglede koji su propisani standardom.

Tokom ispitivanja ne sme biti curenja, pada pritiska ili drugih odstupanja.

Sklop izmenjivača toplote se mora pažljivo ispazniti (isušiti) nakon hidrotesta.

5. USVAJANJE VREDNOSTI ISPITNOG PRITISKA

Za opremu pod pritiskom u eksploataciji, usvaja se vrednost ispitnog pritiska koju je definišao projektant opreme $PT=1.5$ bar na strani omotača, i $PT=15.5$ bar na strani cevnog snopa izmenjivača toplote.

6. PROCEDURA ZA HIDROTEST

Postupak podizanja pritiska u cevnom snopu izmenjivača toplote

- Pritisak postepeno povećavati dok ne dostigne vrednost 50% od utvrđenog ispitnog pritiska $P = 7.75$ bar u trajanju od najmanje 5 minuta koristeći motornu pumpu, i izvršiti vizuelni pregled svih dostupnih spojeva da eventualno nema propuštanja vode;
- Podići pritisak do projektnog pritiska od $P_s = 10.3$ bar i izvršiti vizuelni pregled svih dostupnih spojeva da eventualno nema propuštanja vode; na radnom radnom pritisku držati cevni snop u trajanju od najmanje 10 minuta;
- Polako povećavati pritisak do vrednosti ispitnog pritiska $P_t = 15.5$ bar u trajanju od 10 min.;
- Zasun na liniji punjenja treba zatvoriti i isključiti pumpu;
- Ispitni pritisak treba držati na utvrđenom ispitnom pritisku najmanje 30 min.;
- Polako sniziti pritisak prema dijagramu na projektovanu vrednost $P_s = 10.3$ bar nakon čega treba izvršiti vizuelni pregled svih dostupnih spojeva (zavarenih i prirubničkih spojeva) sa ciljem da se uoči curenje ili „suzenje“. Opremu zadržati na pritisku u trajanju od 60 min. Posebnu pažnju obratiti na pojavu plastičnih deformacija;
- Posle izvršenog vizuelnog pregleda svih spojeva lagano i potpuno rasteretiti sklop cevnog snopa;
- Ukupno vreme trajanja ispitivanja hladnim vodenim pritiskom iznosi 145 min.

7. KRITERIJUMI PRIHVATLJIVOSTI

U toku ispitivanja hladnim vodenim pritiskom, sklop izmenjivača toplote ne sme pokazivati znake plastičnih deformacija. O lokalnim deformacijama koje su identifikovane vizuelnim kontrolisanjem i koje mogu predstavljati problem u radu, mora biti obavešten projektant / vlasnik opreme, u cilju vršenja izmena u postojećim projektnim specifikacijama. U toku ispitivanja pritiskom, nije dozvoljeno nikakvo curenje iz radnog prostora opterećenog pritiskom.

Izveštaj o ispitivanju hladnim vodenim pritiskom

Za svako ispitivanje pritiskom, mora se napraviti izveštaj o izvršenom ispitivanju, i moraju se evidentirati sledeći podaci:

- proizvođač opreme i identifikacija opreme pod pritiskom;
- ime inspektora i nadležne institucije, ako su na raspolaganju;
- ispitni pritisak;
- fluid za ispitivanje pritiskom, ako se ne koristi voda, kao i temperatura fluida;
- vreme održavanja ispitnog pritiska;
- identifikacija ispitnih mernih uređaja;
- zaključci.

Ako se sledi pisani program ispitivanja, mora se navesti referenca prema ovom programu.

8. PREGLED NAKON ISPITIVANJA PRITISKOM

Pregled nakon ispitivanja pritiskom jeste vizuelni pregled koji se mora izvesti posle ispitivanja pritiskom i posle izvršene drenaže i čišćenja opreme. Pregledom se mora odrediti da li je došlo do slabljenja usled ispitivanja pritiskom. Obim kontrolisanja i sva odstupanja moraju biti navedeni u izveštaju.



B.M.R. Group d.o.o. Privredno društvo za postrojenja, tehničke i cevne konstrukcije

UPUTSTVO ZA TRANSPORT, MONTAŽU, RAD I ODRŽAVANJE

1. PREDMET

Ovaj dokument obezbeđuje glavna i osnovna uputstva za:

- Transport,
- Montažu,
- Rad,
- Održavanje.

2. REFERENTNI PODACI

OPŠTI PODACI		
Projektant / Proizvođač (cevní snop)	BMR Group d.o.o. Šabac	
Firma, odnosno naziv korisnika Adresa	HIP Petrohemija a.d. Spoljnostarčevačka 82, 26000 Pančevo	
Firma, odnosno naziv proizvođača	Petroremont	
Fabrički broj / godina izrade	25481 25482	---
Naziv opreme	Izmenjivač toplote	
Tehnološka oznaka opreme	50.C-300	
Oblik i konstruktivne mere prema crtežu br.	50.C-300	

3. TRANSPORT

Transport cevnog snopa izmenjivača toplote potrebno je vršiti na način bezbedan po osoblje, koje vrši pripremu i transport, i samu opremu kako ne bi došlo do njenog oštećenja. Oprema se pre transporta pakuje kako bi se zaštitila od spoljnjih uticaja i omogućilo njeno duže skladištenje u magacinu na mestu ugradnje u slučaju da se ugradnja odlaže. Pri transportu je potrebno da oprema bude pričvršćena kako bi se izbeglo pomeranje i moguće oštećenje opreme ili transportnog sredstva, kao i povređivanje osoblja koje učestvuje u transportu. Skladištenje cevnog snopa izmenjivača toplote (po potrebi) vršiti u atmosferi koja nije štetna po ugrađene materijale.

4. MONTAŽA

Pre početka montaže potrebno je izvršiti proveru raspoloživog prostora u okolini izmenjivača toplote kako bi se omogućilo nesmetano postavljanje sklopa cevnog snopa izmenjivača toplote u plašt izmenjivača toplote bez uzrokovanja oštećenja na predmetnoj ili okolnoj opremi. Takođe, pre početka montaže potrebno je proveriti stanje površina da nema oštećenja nastalih tokom transporta, kao ni zaostalih materijala ili nečistoća koje bi ugrozile rad izmenjivača toplote.

Podizanje i pravilno pozicioniranje cevnog snopa izmenjivača toplote će se izvesti kačenjem opreme – prazne, bez unutrašnjeg sadržaja fluida kojom se puni – za kaiševe postavljene po obimu cevnog snopa izmenjivača toplote.



B.M.R. Group d.o.o. Privredno društvo za postrojenja, tehničke i cevne konstrukcije

Montaža i demontaža cevnog snopa izvodi se razdvajanjem prirubnog spoja prirubnica omotača i razdelne komore, i izvlačenjem sklopa cevnog snopa.

Pritezanje prirubničkih spojeva

Za pritezanje prirubničkih spojeva koristiti odgovarajuće ključeve a završno pritezanje izvršiti sa ključem sa kontrolisanim obrtnim momentom-moment ključem:

- postaviti sve zavrtnjeve i priteguti ih rukom;
- navrtke prvo postaviti na jednoj (donjoj) strani prirubnice tako da se osigura da dva kompletna koraka navoja vire izvan navrtke;
- navrtke zategnuti podjednako unakrsnom metodom, jedna po jedna sa proveravanjem paralelnosti površine prirubnice;
- pritezanje ponoviti minimalno tri puta koristeći ključ sa kontrolisanim obrtnim momentom-moment ključ.

Montaža cevnog snopa opreme na mestu upotrebe se završava pregledom pre ponovnog puštanja u rad opreme, i kao oprema niskog nivoa opasnosti, predstavlja odgovornost vlasnika / korisnika opreme.

5. UPUSTVO ZA RAD

Pre startovanja opreme treba osigurati da je ceo sistem dobro očišćen kako bi se sprečilo začepljivanje cevi ili prolaza na strani omotača, i otvoriti ventil za odzračivanje opreme.

Startovanje treba izvesti postepeno, prvo na strani hladnijeg fluida a potom na strani fluida više radne temperature. Pri isključivanju opreme primeniti obrnut redosled.

Nakon što je izmenjivač toplote potpuno napunjen radnim fluidima i nakon što je ispušten vazduh iz sistema, zatvoriti ventile na priključcima za odzračivanje.

Po dostizanju radnih temperatura potrebno je dotegnuti vijke na svim zaptivanim spojevima kako bi se sprečilo curenje i deformacije/otkazi zaptivača.

Redovno pratiti da li su radni parametri izmenjivača toplote u okviru projektovanih parametara navedenih na natpisnoj pločici.

Pri stavljanju opreme van upotrebe potrebno je ispustiti sve fluide (isprazniti opremu) kako bi se sprečilo moguće zamrzavanje i korodiranje.

U radu opreme ne bi trebalo da postoje pulzacije fluida jer one izazivaju vibracije i skraćuju radni vek opreme.

Ni pod kojim uslovima ne sme se dozvoliti da izmenjivač toplote radi sa protocima radnih fluida iznad navedenih u projektnoj specifikaciji. Prekomerni protoci mogu izazvati vibracije i višestruka oštećenja cevnog snopa.

U slučaju demontaže i skladištenja izmenjivača toplote u dužem vremenskom periodu, potrebno je zaštititi ga od korozije.

Opasnosti i mere tehničke sigurnosti

Pri redovnom nadziranju rada i održavanju opreme, potrebno je nositi svu potrebnu zaštitnu opremu kako bi se izbegla mogućnost direktnog kontakta sa radnim fluidima ili vrelim površinama opreme u slučaju oštećenja izolacije, i moguće povređivanje radnog osoblja.

6. UPUSTVO ZA ODRŽAVANJE

Čišćenje izmenjivača toplote i njemu pripadajućeg cevnog snopa od kamenca i drugih naslaga i ostataka treba vršiti periodično, u zavisnosti od uslova rada. Naslage kamenca značajno smanjuju toplotnu provodljivost izmenjivačkih površina i u kombinaciji sa porastom pada pritiska kroz opremu jesu pokazatelj da je potrebno izvesti čišćenje. Što je veća debljina naslaga, čišćenje je teže pa je iz tog razloga potrebno izvoditi ga dovoljno učestalo.

BITNI ZAHTEVI ZA BEZBEDNOST

R. Br.	Zahtev	Dokaz
1.	OPŠTE	
1.1	Oprema pod pritiskom mora biti proizvedena, izrađena i pregledana i ukoliko je potrebno, opremljena i ugrađena na takav način da se osigura njena bezbednost pri upotrebi u skladu sa uputstvom proizvođača ili predvidljivim radnim uslovima	Tehnički opis; Uputstvo za transport, montažu, rad i održavanje
1.2	Pri izboru najprihvatljivijih rešenja, proizvođač se mora pridržavati datih principa po sledećem redosledu: <ul style="list-style-type: none">- eliminisati ili smanjiti opasnost na što manju meru.- primeniti odgovarajuće mere zaštite od opasnosti koja se ne može eliminisati- obavestiti korisnika o opasnostima koje još postoje i navesti da li je potrebno preduzimanje posebnih mera da se smanje rizici u vreme ugradnje i/ili upotrebe.	Uputstvo za transport, montažu, rad i održavanje; Analiza rizika
1.3	Ako postoji mogućnost, ili se osnovano može predvideti pogrešna upotreba koja je potencijalni izvor opasnosti, oprema pod pritiskom mora biti tako projektovana da se onemogući njena pogrešna upotreba. Ako to nije moguće, korisnik mora biti upozoren na te mogućnosti od strane proizvođača, u tehničkom uputstvu i/ili znacima upozorenja na opremi	Uputstvo za transport, montažu, rad i održavanje
2.	PROJEKTOVANJE	
2.1	Oprema pod pritiskom mora biti pravilno projektovana na osnovu svih relevantnih faktora, kako bi bila bezbedna u toku svog radnog veka. U projektovanju se moraju koristiti odgovarajući koeficijenti sigurnosti i koristiti sveobuhvatne metode, koje su poznate, kako bi se, na dosledan način, odredile odgovarajuće bezbednosne granice prema svim relevantnim greškama	Mehanički proračun izmenjivača toplote
2.2	Projektovanje za odgovarajuću čvrstoću	
2.2.1	Oprema pod pritiskom mora biti projektovana za odgovarajuća opterećenja prema nameni i drugim predviđivim uslovima rada. Posebno se moraju uzeti u obzir sledeći faktori: <ul style="list-style-type: none">- unutrašnji, odnosno, spoljašnji pritisak- temperatura okoline i radna temperature- statički pritisak i masa sadržaja u radnim i ispitnim uslovima- opterećenja usled saobraćaja, vetra i zemljotresa- sile i momenti koji nastaju od oslonaca priključaka, cevovoda, i slično- korozija i erozija, zamor materijala, i slično- razlaganje nestabilnih fluida Različita opterećenja koja se mogu istovremeno pojaviti treba razmotriti uzimajući u obzir verovatnoću njihovog istovremenog pojavljivanja.	Mehanički proračun izmenjivača toplote
2.2.2	Projektovanje za odgovarajuću čvrstoću mora se vršiti na osnovu: <ul style="list-style-type: none">- po pravilu, prema proračunskoj metodi opisanoj u tački 2.2.3, i dopunjenoj po potrebi, eksperimentalnom metodom opisanoj u tački 2.2.4, ili- prema eksperimentalnoj metodi bez proračuna, opisanoj u tački 2.2.4, ako je proizvod $PS \times V < 6000 \text{ bar} \times \text{l}$, ili proizvod $PS \times DN < 3000 \text{ bar}$	Mehanički proračun izmenjivača toplote



B.M.R. Group d.o.o. Privredno društvo za postrojenja, tehničke i cevne konstrukcije

Neredovno čišćenje izmenjivača toplote može dovesti do začepljivanja cevi cevnog snopa i posledičnog pregrevanja materijala cevi što dovodi do pojave deformacija i curenja cevi usled neravnomernog termičkog širenja materijala.

Za čišćenje i inspekciju cevnog snopa izmenjivača toplote potrebno je demontirati razdelnu komoru i plašt izmenjivača toplote radi kontrole.

Održavanje izmenjivača toplote, njegovih delova i opreme može da vrši samo specijalizovana organizacija koja je registrovana i opremljena svom neophodnom opremom i kadrovima za ovu vrstu posla.

Obezbeđenje uslova za aktivnosti održavanja

Pri sprovođenju aktivnosti održavanja potrebno je preduzeti sve neophodne mere zaštite zdravlja i bezbednosti na radu radnika u skladu sa Zakonom o bezbednosti i zdravlju na radu Sl.Gl.RS br.101/05 i 91/2015.

Rukovodilac izvođača radova koji izvodi aktivnosti održavanja mora od odgovornog lica investitora dobiti dozvolu za rad pre početka izvođenja radova.

- Izmenjivač toplote i cevna instalacija na kom se izvode radovi održavanja mora prethodno biti ispražnjen od radnog fluida, i površine moraju biti ohlađene do ambijentalne temperature;
- Radna površina izmenjivača toplote mora biti čista i suva bez prisustva radnog fluida, vode ili drugih fluida;
- Za brušenje i zavarivanje se mora dobiti dozvola za izvođenje vrućih radova u skladu sa Zakonom o zaštiti od požara Sl.Gl.RS br.111/09 i 20/2015 i Uredbom o merama za zaštitu od požara pri izvođenju radova zavarivanja, rezanja i lemljenja Sl.Gl.RS br.50/79.

2.2.3	Proračunska metoda	
2.2.3 a	<p>Opterećenja od pritiska u opremi i drugi vidovi opterećenja: Dozvoljena naprezanja za opremu pod pritiskom moraju da se ograniče prema predvidljivim greškama u radnim uslovima. Moraju se primeniti koeficijenti sigurnosti kojima će se eliminisati smanjenje čvrstoce nastalo u proizvodnji, od stvarnih radnih uslova, naprezanja, proračunskih metoda kao i karakteristika i ponašanja materijala.</p> <p>Proračunske metode moraju obezbediti dovoljan nivo sigurnosne granice, a tamo gde je moguće u skladu sa zahtevima u tacki 5. ovog priloga.</p> <p>Navedeni zahtevi mogu se ispuniti primenom jedne od sledećih metoda, kako u datom trenutku odgovara, ako treba sa dopunom ili kombinacijom sa drugom metodom:</p> <ul style="list-style-type: none"> - projektovanje pomoću empirijskih formula, - projektovanje pomoću analitičkih postupaka, - projektovanje pomoću mehanike loma. 	Mehanički proračun izmenjivača toplote
2.2.3 b	<p><u>Otpornost</u></p> <p>Potrebno je upotrebiti odgovarajuće projektne proračune da bi se postigla odgovarajuća otpornost opreme pod pritiskom. Pri tome treba uzeti u obzir sledeće:</p> <ul style="list-style-type: none"> - proračunski pritisak ne sme biti manji od najvećeg dozvoljenog pritiska uzimajući u obzir najvišu hidrostatičku visinu i dinamički pritisak fluida i razlaganje nestabilnog fluida. Ako je posuda podeljena na komore pod pritiskom, pregradni zid između komora mora biti projektovan na osnovu najvećeg mogućeg pritiska u jednoj komori u odnosu na najmanji mogući pritisak u susednoj komori, - proračunske temperature moraju biti u granicama bezbednosti, - pri projektovanju moraju se uzeti u obzir sve moguće kombinacije temperature i pritiska koje mogu nastati pri predviđivim radnim uslovima za opremu pod pritiskom, - maksimalna naprezanja i vršne koncentracije naprezanja moraju biti u okviru granica bezbednosti - proračuni za ograničenje pritiska u opremi moraju uzeti u obzir vrednosti za odgovarajuća svojstva materijala, zasnovane na dokumentovanim podacima, a koje su u skladu sa odredbama iz tačke 4. ovog priloga, zajedno sa odgovarajućim koeficijentima sigurnosti. - Karakteristike materijala koje se moraju razmotriti, ako je to primenljivo, uključuju sledeće: napon tecenja, 0,2% ili 1% dokazane čvrstoće na proračunskoj temperaturi, zatezna čvrstoća, čvrstoca koja zavisi od vremena, odnosno čvrstoca puzanja podaci o zamoru materijala, Young-ovi moduli (moduli elastičnosti), odgovarajuća vrednost plastične deformacije (koeficijent istezanja), udarna žilavost, otpornost na prslinae, - mora da se primeni odgovarajuća valjanost zavarenog spoja za navedena svojstva materijala, koji zavisi od postupka ispitivanja bez razaranja, od kvaliteta materijala koji se spajaju i od predviđenih radnih uslova, - projekat mora uzeti u obzir sve razumno predvidive mehanizme oštećenja tokom vremena (na pr. korozija, puzanje, zamor) u skladu sa namenom opreme pod pritiskom. U uputstvima pomenutim u tacki 3.4. ovog priloga, neophodno je uzeti u obzir zahteve bitne za vek trajanja opreme, na primer: za puzanje - projektovani časovi rada na predviđenim temperaturama, za zamor - projektovani broj ciklusa za predviđenim nivoima naprezanja, za koroziju - projektovani dodatak za koroziju. 	Mehanički proračun izmenjivača toplote
2.2.3 v	<u>Aspekti stabilnosti</u>	Mehanički proračun

	Ako proračunata debljina ne obezbeđuje odgovarajuću stabilnost konstrukcije, moraju se preduzeti odgovarajuće mere za poboljšanje stanja uzimajući u obzir rizike kod prevoza i rukovanja.	izmenjivača toplote; Uputstvo za transport, montažu, rad i održavanje
2.2.4	<p><u>Projektovanje eksperimentalnom metodom</u></p> <p>Validnost projekta opreme, u celini ili delovima, može se izvršiti primenom odgovarajućeg programa ispitivanja na reprezentativnom uzorku opreme ili kategorije opreme.</p> <p>Program ispitivanja mora biti jasno definisan pre ispitivanja i prihvacen od imenovanog tela, odgovornog za postupke ocenjivanja usaglašenosti projekta po odgovarajućem modulu, gde je to primenljivo.</p> <p>Program mora da definiše uslove ispitivanja i kriterijume za prihvatanje ili odbijanje projekta. Karakteristike materijala i stvarne vrednosti osnovnih mera opreme koja se ispituje treba izmeriti pre ispitivanja.</p> <p>Prema potrebi, za vreme trajanja ispitivanja mora se omogućiti praćenje kritičnih zona opreme pod pritiskom sa odgovarajućim instrumentima, koji mogu da registruju deformacije i naprezanja sa zahtevanom tačnošću.</p> <p>Program ispitivanja uključuje:</p> <ol style="list-style-type: none"> Ispitivanje čvrstoće pritiskom, čiji je cilj da se proverí da pod pritiskom, pri utvrđenom nivou bezbednosti u odnosu na najveći radni pritisak, oprema ne pokazuje propuštanja ili deformacije koje prelaze utvrđene vrednosti. Ispitni pritisak mora biti određen na osnovu razlika između vrednosti geometrijskih karakteristika i karakteristika materijala, merenih pod uslovima ispitivanja i vrednosti korišćenih za projektovanje. Ovde treba uzeti u obzir i razlike između projektovane temperature i temperature za vreme ispitivanja, Kada postoji rizik od deformacija puzanja ili zamora, odgovarajuća ispitivanja određena na osnovu radnih uslova predviđenih za opremu pod pritiskom, na primer vreme izlaganja na utvrđenoj temperaturi, broj ciklusa za utvrđen nivo opterećenja i drugo, Ako je neophodno, dodatna ispitivanja po pitanju drugih faktora iz tačke 2.2.1. ovog priloga kao što su: korozija, spoljna oštećenja i drugo. 	Nije primenljivo
2.3	<p><u>Odredbe za bezbedno rukovanje i rad</u></p> <p>Način rada, specificiran za opremu pod pritiskom, mora biti takav da isključuje svaku predvidljivu opasnost u rukovanju opremom. Posebno treba obratiti pažnju, ako je to moguće, na sledeće:</p> <ul style="list-style-type: none"> - zatvaranje i otvaranje, - opasno snižavanje pritiska kroz uređaj za rasterećenje pritiska, - uređaje za sprečavanje fizičkog pristupa dok je oprema pod pritiskom ili vakuumom, - temperaturu spoljne površine, imajući u vidu predviđenu namenu, - razlaganje nestabilnih fluida. <p>Oprema koja ima ugrađene revizije otvore mora biti opremljena automatskim ili ručnim uređajem koji korisniku omogućava da lako utvrdi da otvaranje neće prouzrokovati neku opasnost. Zatim, kada se otvaranjem može brzo izvršiti, oprema mora biti snabdevena uređajem koji sprečava otvaranje, ako pritisak ili temperature fluida predstavljaju opasnost.</p>	Uputstvo za transport, montažu, rad i održavanje
2.4	<p><u>Sredstva za ispitivanje</u></p> <ol style="list-style-type: none"> Oprema pod pritiskom mora biti projektovana i izrađena tako da se mogu obaviti sva neophodna ispitivanja kojima se utvrđuje bezbednost. Sredstva za određivanje unutrašnjeg stanja opreme pod pritiskom moraju biti dostupna tamo gde je neophodno osigurati stalnu bezbednost opreme, kao što su revizioni otvori, koji treba da omogućе fizički pristup u unutrašnjost opreme pod pritiskom tako da se mogu vršiti odgovarajuća ispitivanja bezbedno i ergonomski. Druga sredstva za osiguranje stanja bezbednosti opreme pod pritiskom mogu se primeniti: 	Tehnički opis

	<ul style="list-style-type: none"> - kada je otvor mali za fizički pristup u unutrašnjost opreme ili - kada bi otvaranje opreme nepovoljno uticalo na njenu unutrašnjost ili - kada se zna da radna materija koju sadrži oprema, nije štetna po materijal od kojeg je oprema izrađena i kada nije razumno predvidljiv ni jedan drugi mehanizam unutrašnjeg oštećenja. 	
2.5	<p><u>Način pražnjenja ili odzračivanja</u> Pražnjenje i odzračivanje opreme pod pritiskom mora se izvršiti na način da se:</p> <ul style="list-style-type: none"> - izbegnu štetna dejstva kao što su: hidraulični udar, implozija, korozija i nekontrolisane hemijske reakcije. Sve faze rada i ispitivanja moraju se uzeti u obzir, a posebno ispitivanja pritiskom, - omogućiti čišćenje, kontrolu i održavanje na bezbedan način. 	Tehnički opis; Uputstvo za transport, montažu, rad i održavanje
2.6	<p><u>Korozija ili druge vrste hemijskog dejstva</u> Tamo gde je potrebno, treba obezbediti odgovarajući dodatak na debljinu materijala ili zaštitu protiv korozije ili druge vrste hemijskog dejstva, imajući u vidu predviđenu namenu i upotrebu opreme pod pritiskom</p>	Mehanički proračun izmenjivača toplote
2.7	<p><u>Habanje</u> Tamo gde se mogu pojaviti opasnosti od erozije ili abrazije, potrebno je preduzeti odgovarajuće mere da se:</p> <ul style="list-style-type: none"> - odgovarajućim projektovanjem taj uticaj svede na najmanju meru, npr. povećanom debljinom materijala ili upotrebom obloga ili premaza, - predvidi zamena delova koji su najviše ugroženi, - skrene pažnja na mere neophodne za bezbednu upotrebu u uputstvima za rad prema tački 3.4. ovog priloga. 	Nije primenljivo
2.8	<p><u>Sklopovi</u> Sklopovi moraju biti projektovani tako da:</p> <ul style="list-style-type: none"> - delovi koje treba međusobno sastaviti budu pogodni i pouzdani za svoju namenu, - se svi delovi mogu pravilno spojiti i sklopiti na odgovarajući način. 	Nije primenljivo
2.9	<p><u>Odredbe za punjenje i pražnjenje</u> Gde je to moguće, oprema pod pritiskom mora da bude tako projektovana i opremljena pomoćnim uređajima ili priključcima za njihovu montažu, kako bi se omogućilo bezbedno punjenje i pražnjenje s obzirom na opasnosti kao što su:</p> <ol style="list-style-type: none"> kod punjenja: <ul style="list-style-type: none"> - prekomerno punjenje ili stvaranje previsokog pritiska, a posebno uzimajući u obzir stepen punjenja i pritisak pare pri referentnoj temperaturi, - nestabilnost opreme pod pritiskom. kod pražnjenja: nekontrolisano ispuštanje fluida pod pritiskom kod punjenja ili pražnjenja: nebezbedna montaža i demontaža priključnih elemenata. 	Tehnički opis; Uputstvo za transport, montažu, rad i održavanje
2.10	<p><u>Zaštita od prekoračenja dozvoljenih graničnih vrednosti kod opreme pod pritiskom</u> Kada pod predvidljivim uslovima, može doći do prekoračenja dozvoljenih graničnih veličina, oprema pod pritiskom mora biti opremljena ili mora imati priključke, za odgovarajuće zaštitne uređaje, ukoliko nije predviđena zaštita opreme pomoću nekog drugog zaštitnog uređaja u okviru nekog sklopa. Odgovarajući uređaj, ili kombinacija takvih uređaja, mora biti određena na osnovu posebnih karakteristika opreme ili sklopa. Odgovarajući sigurnosni uređaji ili kombinacije istih obuhvataju sledeće:</p> <ol style="list-style-type: none"> sigurnosne uređaje prema opisu u članu 2 stav 1. tacka 4) Pravilnika, prema potrebi odgovarajuće kontrolne uređaje kao što su indikatori i/ili alarmi koji omogućavaju preduzimanje odgovarajućih mera, bilo ručno ili automatski, kako bi se oprema pod pritiskom održala 	Oprema se od prekoračenja pritiska štiti preko ventila sigurnosti u procesnom sistemu.

u okviru dozvoljenih graničnih veličina.		
2.11	Sigurnosna oprema	
2.11.1	<p>Sigurnosna oprema mora:</p> <ul style="list-style-type: none"> - da bude projektovana i izrađena tako da bude pouzdana i odgovarajuća za svoju namenu, i ako je potrebno uzme u obzir mogućnost održavanja i ispitivanja uređaja, - da bude nezavisna od drugih funkcija, osim ako na njenu sigurnosnu funkciju nemaju uticaja te druge funkcije, - da bude u saglasnosti sa odgovarajućim projektnim principima da bi se postigla odgovarajuća i pouzdana zaštita. Ovi principi uključuju konkretno, načine za sprečavanje otkaza u radu, redundantnosti, raznovrsnost i samodijagnostiku. 	Oprema se od prekoračenja pritiska štiti preko ventila sigurnosti u procesnom sistemu.
2.11.2	<p><u>Uređaji za ograničavanje pritiska</u></p> <p>Ovi uređaji moraju biti tako projektovani da pritisak ne može trajno prekoračiti najveći dozvoljeni pritisak PS. Tamo gde je moguće, kratkotrajno povećanje pritiska je dozvoljeno prema tački 5.3. ovog priloga.</p>	Oprema se od prekoračenja pritiska štiti preko ventila sigurnosti u procesnom sistemu.
2.11.3	<p><u>Uređaji za praćenje temperature</u></p> <p>Ovi uređaji moraju imati odgovarajuće vreme odziva po pitanju bezbednosti, u skladu sa funkcijom merenja.</p>	Regulisanje temperature u izmenjivaču toplote vrši se posredno, regulisanjem procesa
2.12	<p><u>Spoljni požar</u></p> <p>Oprema pod pritiskom mora biti tako projektovana i opremljena odgovarajućom opremom ili priključcima za njihovu ugradnju, kako bi se ispunili zahtevi za ograničenje štete u slučaju spoljnog požara, a u skladu sa namenom opreme.</p>	Uputstvo za transport, montažu, rad i održavanje; Analiza rizika
3.	PROIZVODNJA	
3.1	<p><u>Proizvodni postupci</u></p> <p>Proizvođač mora da obezbedi pravilno izvođenje svih postupaka, predviđenih u fazi projektovanja, primenom odgovarajućih tehnika i važećih postupaka, a posebno u svrhu dole navedenih.</p>	Plan kontrolisanja; Mehanički proračun izmenjivača toplote
3.1.1	<p><u>Priprema delova koji se spajaju</u></p> <p>Priprema delova koji se spajaju (na pr. oblikovanje i zakošavanje površina za zavarivanje) ne sme da prouzrokuje greške, pukotine ili promene mehaničkih svojstava koje bi mogle da štete bezbednosti opreme pod pritiskom.</p>	pWPS
3.1.2	<p><u>Nerastavljivi spojevi</u></p> <p>Nerastavljivi spojevi i susedne zone moraju biti izvedene bez ikakvih površinskih ili unutrašnjih oštećenja (greške).</p> <p>Svojstva nerastavljivih spojeva moraju ispuniti minimalna svojstva utvrđena za materijale koji se spajaju, osim ukoliko druge relevantne vrednosti za svojstva nisu uzete u proračunu pri projektovanju.</p> <p>Za opremu pod pritiskom, nerastavljivo spajanje delova koji su izloženi pritisku i delova koji su neposredno spojeni sa njima, mora izvršiti kvalifikovano osoblje u skladu sa odgovarajućim radnim postupcima.</p> <p>Za opremu pod pritiskom iz kategorija II, III i IV radne postupke i osoblje mora odobriti treća strana koje, po izboru proizvođača, može biti:</p> <ul style="list-style-type: none"> - imenovano telo za ocenjivanje usaglašenosti, - imenovana tela za nerastavljive spojeve, u skladu sa članom 12. Pravilnika. <p>Da bi izdala odobrenje, treća strana mora izvršiti preglede i ispitivanja u skladu sa odgovarajućim harmonizovanim standardima ili odgovarajućim proverama i ispitivanjima.</p>	pWPS
3.1.3	<p><u>Ispitivanja bez razaranja</u></p> <p>Ispitivanja bez razaranja nerastavljivih spojeva na opremi pod pritiskom mora da izvrši kvalifikovano osoblje. Za opremu pod pritiskom iz kategorija III i IV, kvalifikovanost osoblja mora da potvrdi imenovano telo za</p>	Plan kontrolisanja

	nerastavljive spojeve, u skladu sa članom 12. Pravilnika.	
3.1.4	<u>Termička obrada</u> Ako postoji opasnost da postupak proizvodnje može promeniti svojstva materijala u tolikoj meri da se umanjuje bezbednost opreme pod pritiskom, tada treba primeniti odgovarajuću termičku obradu u određenoj fazi proizvodnje.	Nije primenljivo
3.1.5	<u>Sledljivost</u> Za identifikaciju materijala od koga su napravljene komponente opreme opterećene na pritisak, moraju se uspostaviti i održavati odgovarajuće procedure; od prijema, preko proizvodnje, pa do završnog ispitivanja proizvedene opreme pod pritiskom.	Prenošenje oznaka na korišćene materijale
3.2	<u>Završno ocenjivanje</u> Oprema pod pritiskom mora biti podvrgnuta završnom ocenjivanju, i to:	
3.2.1	<u>Završno kontrolisanje:</u> Oprema mora biti podvrgnuta završnom kontrolisanju, vizuelnom pregledu i pregledu prateće dokumentacije, u cilju ocenjivanja usaglašenosti sa zahtevima Pravilnika. Ispitivanje obavljeno tokom proizvodnje može se takode uzeti u obzir. Ukoliko je iz bezbednosnih razloga potrebno, treba izvršiti završno kontrolisanje sa unutrašnje i spoljne strane svakog dela opreme, a u slučaju kada je to potrebno i za vreme procesa proizvodnje (na primer kada to nije moguće izvršiti tokom završne kontrole).	Plan kontrolisanja
3.2.2	<u>Ispitivanje pod pritiskom</u> Završno ocenjivanje opreme pod pritiskom mora obuhvatiti i ispitivanje zadržavanja nadpritiska u formi hidrostatičkog pritiska najmanje jednakom vrednosti navedenoj u tački 5.4. ovog priloga. Za serijski proizvedenu opremu pod pritiskom iz kategorije I ovo ispitivanje se može sprovesti na statistički određenom broju uzoraka. Ako je hidrostatičko ispitivanje pritiskom štetno ili neizvodljivo, mogu se obaviti druga priznata ispitivanja. Za ispitivanja, drugačija od hidrostatičkog ispitivanja pritiskom, treba primeniti dodatne mere, kao što je ispitivanje bez razaranja ili druge metode iste važnosti, pre nego što se vrši ispitivanje.	Procedura za ispitivanje hladnim vodenim pritiskom
3.2.3	<u>Kontrolisanje sigurnosne opreme</u> Za sklopove, završno ocenjivanje mora takode obuhvatiti proveru sigurnosne opreme u cilju provere potpune usaglašenosti sa zahtevima navedenim u tački 2.10. ovog priloga.	Izveštaji o pregledu ventila sigurnosti
3.3	<u>Stavljanje oznake i natpisnih pločica</u> Osim znaka usaglašenosti iz člana 14. Pravilnika moraju se navesti sledeći podaci:	Crtež natpisne pločice
3.3.a	<u>Za svu opremu pod pritiskom:</u> <ul style="list-style-type: none"> - naziv i adresa ili drugi način identifikacije proizvođača i, prema potrebi, njegovog ovlašćenog predstavnika u Republici Srbiji, - godina proizvodnje, - identifikacija opreme pod pritiskom prema karakteristikama, kao što je tip, identifikacija serije ili partije i serijski broj ili fabrički broj, - bitne najveće/najmanje dozvoljene radne parametre. 	Crtež natpisne pločice

3.3 b	<p>Zavisno od tipa opreme pod pritiskom, dodatne informacije neophodne za bezbednu ugradnju, rad ili upotrebu i, ako je to moguće, održavanje i periodične preglede, kao što su:</p> <ul style="list-style-type: none"> - zapremina V opreme pod pritiskom u litrima, - nazivni prečnik cevovoda DN, - ispitni pritisak PT, u bar i datum ispitivanja pritiskom, - podešeni pritisak sigurnosnih uređaja u bar, - snaga opreme pod pritiskom u kW, - napojni napon, u V, - osnovna namena, - koeficijent punjenja, u kg/l, - najveća masa punjenja, u kg, - masa prazne opreme, u kg, - kategorija proizvoda. 	Crtež natpisne pločice
3.3.v	<p>Prema potrebi, može se postaviti upozorenje na opremi pod pritiskom kojim se skreće pažnja na nepravilnu upotrebu koja je poznata iz prakse. Znak usaglašenosti i neophodni podaci moraju biti postavljeni na opremi pod pritiskom ili na pločici čvrsto postavljenoj na opremi, izuzev:</p> <ul style="list-style-type: none"> - gde je to moguće, može se koristiti odgovarajuća dokumentacija kako bi se izbeglo ponavljanje oznaka zasebnih delova kao što su sastavni delovi cevovoda namenjeni za isti sklop. Ovo se primenjuje na znak usaglašenosti i druge oznake i nalepnice iz ovog priloga, - kada je oprema pod pritiskom malih dimenzija, npr. kada se radi o priboru, podaci iz tačke (b) mogu biti napisani na nalepnici koja se lepi na tu opremu pod pritiskom, - za označavanje mase punjenja i upozorenja iz tačke (v) može se koristiti nalepnica i druga odgovarajuća sredstva pod uslovom da su citljiva u odgovarajućem vremenskom razdoblju. 	Crtež natpisne pločice sa 3A znakom
3.4	<u>Uputstva za rad</u>	
3.4 a	<p>Kada se oprema pod pritiskom stavlja na tržište mora imati odgovarajuća uputstva za korisnike sa svim potrebnim sigurnosnim podacima koji se odnose na sledeće:</p> <ul style="list-style-type: none"> - montažu, uključujući sklapanje različitih delova opreme pod pritiskom, - puštanje u rad, - upotrebu - održavanje, uključujući provere od strane korisnika. 	Uputstvo za transport, montažu, rad i održavanje
3.4 b	Uputstva moraju obuhvatati podatke koji se nalaze na opremi pod pritiskom u skladu s tačkom 3.3. ovog priloga osim identifikacije serije i, gde je to primereno, moraju biti praćena tehničkom dokumentacijom, crtežima i šemama potrebnim za potpuno razumevanje tih uputstva	Uputstvo za transport, montažu, rad i održavanje; Sklopni crtež
3.4 v	Kada je to potrebno, uputstva se moraju odnositi i na opasnosti koje nastaju prilikom nepravilne upotrebe u skladu sa tačkom 1.3. ovog priloga i posebne karakteristike konstrukcije u skladu sa tačkom 2.2.3. ovog priloga.	Uputstvo za transport, montažu, rad i održavanje; Analiza rizika
4.	<p>MATERIJALI</p> <p>Materijali koji se koriste za proizvodnju opreme pod pritiskom moraju odgovarati toj nameni u predviđenom veku trajanja ukoliko nisu predviđene zamene. Materijali za zavarivanje i ostali materijali za spajanje moraju u potpunosti ispuniti samo odgovarajuće zahteve iz tacaka 4.1, 4.2. (a) i prvog stava tacke 4.3, na odgovarajući način, kako pojedinačno tako i međusobno zavareni.</p>	
4.1	<u>Materijali za delove pod pritiskom:</u>	
4.1. a	<p>Materijali moraju imati odgovarajuća svojstva za sve radne uslove koji se mogu predvideti i za sve uslove ispitivanja, oni moraju imati dovoljnu čvrstocu i žilavost. Prema potrebi, karakteristike materijala moraju biti u skladu sa zahtevima iz tačke 5.5. ovog Priloga.</p> <p>Kod izbora materijala treba posebno voditi računa da se izbegne krti lom. U</p>	Standardne specifikacije materijala; Sertifikati osnovnog materijala SRPS EN 10204 3.1 i

	slučaju kada je iz određenih razloga potrebno koristiti krti materijal moraju se preduzeti odgovarajuće mere.	3.2
4.1. b	Materijali moraju biti dovoljno hemijski otporni na fluide koje se nalaze u opremi pod pritiskom. Hemijska i fizicka svojstva neophodna za bezbedan rad ne smeju biti značajno umanjene u predviđenom veku trajanja opreme.	Standardne specifikacije materijala; Sertifikati osnovnog materijala SRPS EN 10204 3.1 i 3.2
4.1. v	Ne smeju biti značajno podložni starenju.	Nije primenljivo
4.1. g	Materijali moraju odgovarati za predviđene postupke obrade.	Standardne specifikacije materijala; Sertifikati osnovnog materijala SRPS EN 10204 3.1 i 3.2
4.1. d	Materijali moraju se odabrati na način da ne dode do neželjenih efekata kada se spajaju različiti materijali.	Standardne specifikacije materijala; Sertifikati osnovnog materijala SRPS EN 10204 3.1 i 3.2
4.2		
4.2. a	Proizvođač opreme pod pritiskom mora na odgovarajući način odrediti vrednosti potrebne za proračune navedene u tački 2.2.3. ovog priloga, kao i bitna svojstva materijala i područje primene iz tacke 4.1. ovog priloga	Mehanički prororačun izmenjivača toplote
4.2. b	U tehničkoj dokumentaciji proizvođač mora pružiti dokaze o usaglašenosti upotrebljenih materijala sa specifikacijama za materijale u skladu sa Pravilnikom, a u jednom od sledećih oblika: <ul style="list-style-type: none"> - korišćenjem materijala koji su u skladu s harmonizovanim standardima, - korišćenjem materijala koji su obuhvaćeni evropskim odobrenjem za materijale za opremu pod pritiskom (EAM) u skladu sa članom 10. Pravilnika, - korišćenjem posebno odobrenih materijala (PMA). 	Standardne specifikacije materijala; Sertifikati osnovnog materijala SRPS EN 10204 3.1 i 3.2
4.2. v	Za opremu pod pritiskom u kategoriji III i IV posebno odobrenje navedeno u trećoj alineji tačke (b) mora dati Sertifikaciono telo koje sprovodi postupke ocenjivanja usaglašenosti predmetne opreme pod pritiskom.	Posebno odobrenje za materijale (ako je potrebno) izdaje Sertifikaciono telo
5.	POSEBNI KVANTITATIVNI ZAHTEVI ZA ODREĐENU OPREMU POD PRITISKOM <p>Sledeće odredbe se primenjuju kao opšte pravilo. Međutim, kada se ne primenjuju, uključujući slučajeve gde ne postoji pozivanje na određene materijale i/ili kada nisu primenjeni harmonizovani standardi, proizvođač mora dokazati da su preduzete odgovarajuće mere kako bi se postigao traženi opšti nivo bezbednosti. Odredbe predviđene u ovom poglavlju dopunjuju bitne zahteve poglavlja 1. do 4. ovog priloga za opremu pod pritiskom na koju se primenjuju.</p>	
5.1	<u>Dozvoljena naprezanja</u>	
5.1.1	Simboli Re/t, napon tečenja, označava vrednost na proračunskoj temperaturi za: <ul style="list-style-type: none"> - gornji napon tečenja za materijale koji imaju gornji i donji napon tečenja - 1,0% konvencionalnog napona tečenja za austenitne čelike i nelegirani aluminijum, - 0,2% konvencionalnog napona tečenja u drugim slučajevima. Rm/20 označava najmanju vrednost zatezne čvrstoce na temperaturi 20 °C. Rm/t označava zateznu čvrstocu na proračunskoj temperaturi.	Mehanički proračun izmenjivača toplote

5.1.2	<p>Dozvoljeno glavno membransko naprezanje za pretežno statičko opterećenje i kod temperatura kod kojih ne dolazi do značajnog puzanja materijala ne sme preći najmanju od sledećih vrednosti za upotrebljeni material:</p> <ul style="list-style-type: none"> - u slučaju feritnih čelika uključujući normalizovani (normalizovani valjani) čelik, a isključujući sitnozrnaste čelike i specijalno termički obrađene čelike: $2/3$ od R_e/t i $5/12$ od $R_m/20$. 	Mehanički proračun izmenjivača toplote
5.2	<p><u>Koeficijenti zavarenog spoja</u> Kod zavarenih spojeva, koeficijent zavarenog spoja ne sme prelaziti sledeće vrednosti:</p> <ul style="list-style-type: none"> - za opremu koja se podvrgava ispitivanju sa razaranjem i ispitivanju bez razaranja, koja potvrđuju da čitava serija zavarenih spojeva ne pokazuje nedostatke: 1, - za opremu koja se podvrgava ispitivanju bez razaranja na slučajnom uzorku: 0,85, - za opremu koja se podvrgava samo vizuelnoj kontroli kao načinu ispitivanja bez razaranja: 0,7, <p>Ako je potrebno, moraju se uzeti u obzir vrsta naprezanja kao i mehanička i tehnološka svojstva zavarenog spoja.</p>	Isprava opreme; Mehanički proračun izmenjivača toplote
5.3	<p><u>Uređaji za ograničenje pritiska namenjeni za posude pod pritiskom</u> Trenutni porast pritiska iz tačke 2.11.2. može biti samo do 10% od najvećeg dozvoljenog pritiska</p>	Oprema se od prekoračenja pritiska štiti preko ventila sigurnosti ugrađenog u procesnom sistemu
5.4	<p><u>Hidrostatički ispitni pritisak</u> Kod posuda pod pritiskom, hidrostatički ispitni pritisak iz tačke 3.2.2. ne sme biti manji od:</p> <ul style="list-style-type: none"> - pritiska koji odgovara maksimalnom opterećenju kojem oprema pod pritiskom može biti izložena u toku rada, uzimajući u obzir najveći dozvoljeni pritisak i njegovu najveću dozvoljenu temperaturu, pomnoženo sa koeficijentom 1,25, ili, - najvećeg dozvoljenog pritiska pomnoženog sa koeficijentom 1,43. <p>Usvaja se veća od gornje dve vrednosti.</p>	Procedura za ispitivanje hladnim vodenim pritiskom
5.5	<p><u>Karakteristike materijala</u> Ukoliko prema drugim kriterijumima, koji se moraju uzeti u obzir, nisu potrebne druge vrednosti smatra se da je čelik dovoljno žilav da zadovolji zahteve iz tačke 4.1 (a) ovog priloga ako, prilikom ispitivanja zatezne čvrstoće izvršenom po standardnom postupku, njegovo izduženje nije manje od 14%, a udarna energija loma izmerena ispitnom uzorku prema ISO V nije manja od 27 J, pri temperaturi koja nije viša od 200 C ali nije viša ni od najmanje predviđene radne temperature.</p>	Standardne specifikacije materijala; Sertifikati osnovnog materijala SRPS EN 10204 3.1 i 3.2



B.M.R. Group d.o.o. Privredno društvo za postrojenja, tehničke i cevne konstrukcije

ANALIZA RIZIKA

Pri upotrebi izmenjivača toplote zastupljeni su sledeći potencijalni rizici:

- Korozija,
- Otkaz izmenjivača,
- Erozija,
- Spoljašnji uticaji,
- Požar / eksplozija,
- Ljudska greška,
- Udari,
- Loše održavanje,
- Pregrevanje,
- Prekoračenje pritiska,
- Lom konstrukcije,
- Vibracije,
- Loša / neispravna oprema.

Za svaki od navedenih rizika u radu izmenjivača toplote primenjuju se određene mere zaštite za predupređenje takvih pojava.

1. ZAŠTITA OD KOROZIJE

- Mere za spečavanje, kontrolu i umanjenje štetnih uticaja koji potiču od korozije:

Prevenција	Kontrola	Rešenja za smanjenje potencijalnog rizika
Zaštitne obloge	Praćenje korozije	Hitno reagovanje
Izbor odgovarajućeg materijala	Inspekcija	Izolacija
	Detekcija curenja	Dobra organizacija postrojenja (međudobni uticaji različitih materijala, spoljašnji uticaji, mogućnost održavanja, itd.)
		Lična zaštitna oprema
		Postavljanje absorbera u blizini mesta potencijalnog rizika
		Plan evakuacije

2. OTKAZ IZMENJIVAČA

- Mere za sprečavanje, kontrolu i umanjenje štetnih uticaja koji nastaju od otkaza izmenjivača toplote u radu:

Prevenција	Kontrola	Rešenja za smanjenje potencijalnog rizika
Primena odgovarajućih standard pri projektovanju postrojenja	Inspekcija	Hitno reagovanje
Primena odgovarajućih standard pri projektovanju opreme	Detekcija curenja	Izolacija
	Sistemi za rasterećivanje	Dobra organizacija postrojenja (međudobni uticaji različitih materijala, spoljašnji uticaji, mogućnost održavanja, itd.)
	Sistemi za ventilaciju	Lična zaštitna oprema
		Postavljanje absorbera u blizini mesta potencijalnog rizika
		Plan evakuacije

3. EROZIJA

- Mere za spečavanje, kontrolu i umanjenje štetnih uticaja koji potiču od erozije:

Prevenција	Kontrola	Rešenja za smanjenje potencijalnog rizika
Primena odgovarajućih standard pri projektovanju postrojenja	Inspekcija	Hitno reagovanje
	Detekcija curenja	Izolacija
		Dobra organizacija postrojenja (međudobni uticaji različitih materijala, spoljašnji uticaji, mogućnost održavanja, itd.)
		Lična zaštitna oprema
		Postavljanje absorbera u blizini mesta potencijalnog rizika
		Plan evakuacije

4. SPOLJAŠNJI UTICAJI

- Mere za spečavanje, kontrolu i umanjenje štetnih uticaja koji potiču od erozije:

Prevenција	Kontrola	Rešenja za smanjenje potencijalnog rizika
Primena odgovarajućih standard pri projektovanju postrojenja	Zaštita od poplava	Hitno reagovanje
Primena odgovarajućih standard pri projektovanju opreme	Gromobranska zaštita	Izolacija
	Sistemi za rasterećivanje	Dobra organizacija postrojenja (međudobni uticaji različitih materijala, spoljašnji uticaji, mogućnost održavanja, itd.)
	Zaštita od vetra	Lična zaštitna oprema
		Plan evakuacije

5. POŽAR / EKSPLOZIJA

- Mere za sprečavanje, kontrolu i umanjeње štetnih uticaja koji nastaju od požara / eksplozije na/u blizini izmenjivača toplote u radu:

Prevenција	Kontrola	Rešenja za smanjenje potencijalnog rizika
Primena odgovarajućih standarda pri projektovanju postrojenja	Sistemi odvođenja toplote	Hitno reagovanje
Uzemljenje	Detekcija curenja	Izolacija
Klasifikacija zona opasnosti	Ventilacioni sistemi	Dobra organizacija postrojenja (međudobni uticaji različitih materijala, spoljašnji uticaji, mogućnost održavanja, itd.)
Radna uputstva		Lična zaštitna oprema
		Postavljanje absorbera u blizini mesta potencijalnog rizika
		Plan evakuacije

6. LJUDSKA GREŠKA

- Mere za sprečavanje, kontrolu i umanjeње štetnih uticaja koji nastaju usled ljudske greške:

Prevenција	Kontrola	Rešenja za smanjenje potencijalnog rizika
Radna uputstva	Alarmi	Hitno reagovanje
	Sistemi upravljanja	Izolacija
	Obučavanje	Dobra organizacija postrojenja (međudobni uticaji različitih materijala, spoljašnji uticaji, mogućnost održavanja, itd.)
		Lična zaštitna oprema
		Postavljanje absorbera u blizini mesta potencijalnog rizika
		Plan evakuacije

7. UDARI

- Mere za sprečavanje, kontrolu i umanjeње štetnih uticaja koji nastaju usled udara:

Prevenција	Kontrola	Rešenja za smanjenje potencijalnog rizika
Procedure za podizanje	Detekcija curenja	Hitno reagovanje
Procedure za održavanje	Obučavanje	Izolacija
Radna uputstva		Dobra organizacija postrojenja (međudobni uticaji različitih materijala, spoljašnji uticaji, mogućnost održavanja, itd.)
Dozvole za rad		Lična zaštitna oprema
		Postavljanje absorbera u blizini mesta potencijalnog rizika
		Plan evakuacije

8. LOŠE ODRŽAVANJE

- Mere za sprečavanje, kontrolu i umanjenje štetnih uticaja koji nastaju usled primene neodgovarajućih mera održavanja:

Prevenција	Kontrola	Rešenja za smanjenje potencijalnog rizika
Procedure za održavanje	Inspekcija	Hitno reagovanje
	Detekcija curenja	Izolacija
	Dozvola za rad	Dobra organizacija postrojenja (međudobni uticaji različitih materijala, spoljašnji uticaji, mogućnost održavanja, itd.)
	Obučavanje	Lična zaštitna oprema
		Postavljanje absorbera u blizini mesta potencijalnog rizika
		Plan evakuacije

9. PREGREVANJE OPREME

- Mere za sprečavanje, kontrolu i umanjenje štetnih uticaja koji nastaju usled pregrevanja opreme:

Prevenција	Kontrola	Rešenja za smanjenje potencijalnog rizika
Primena odgovarajućih standard za projektovanje postrojenja	Alarmi	Hitno reagovanje
Procedure za održavanje	Sistemi upravljanja	Izolacija
Radna uputstva	Prekidači	Dobra organizacija postrojenja (međudobni uticaji različitih materijala, spoljašnji uticaji, mogućnost održavanja, itd.)
Pouzdanost pomoćne opreme	Obučavanje	Lična zaštitna oprema
		Postavljanje absorbera u blizini mesta potencijalnog rizika
		Plan evakuacije

10. PREKORAČENJE PRITISKA

- Mere za sprečavanje, kontrolu i umanjenje štetnih uticaja koji nastaju usled prekoračenja pritiska:

Prevenција	Kontrola	Rešenja za smanjenje potencijalnog rizika
Primena odgovarajućih standard za projektovanje postrojenja	Alarmi	Hitno reagovanje
Procedure za održavanje	Rasteretni sistemi	Izolacija
Radna uputstva	Obučavanje	Dobra organizacija postrojenja (međudobni uticaji različitih materijala, spoljašnji uticaji, mogućnost održavanja, itd.)
	Prekidači	Lična zaštitna oprema
	Ventilacioni sistemi	Postavljanje absorbera u blizini mesta potencijalnog rizika
		Plan evakuacije

11. LOM KONSTRUKCIJE

- Mere za sprečavanje, kontrolu i umanjenje štetnih uticaja koji nastaju usled loma na konstrukciji:

Prevenција	Kontrola	Rešenja za smanjenje potencijalnog rizika
Primena odgovarajućih standard za projektovanje postrojenja	Inspekcija	Hitno reagovanje
Primena odgovarajućih standard za projektovanje opreme		Izolacija
		Dobra organizacija postrojenja (međudobni uticaji različitih materijala, spoljašnji uticaji, mogućnost održavanja, itd.)
		Lična zaštitna oprema
		Postavljanje absobera u blizini mesta potencijalnog rizika
		Plan evakuacije

12. VIBRACIJE

- Mere za sprečavanje, kontrolu i umanjenje štetnih uticaja koji nastaju usled vibracija:

Prevenција	Kontrola	Rešenja za smanjenje potencijalnog rizika
Primena odgovarajućih standard za projektovanje postrojenja	Inspekcija	Hitno reagovanje
	Detekcija curenja	Izolacija
	Procedure za održavanje	Dobra organizacija postrojenja (međudobni uticaji različitih materijala, spoljašnji uticaji, mogućnost održavanja, itd.)
	Obučavanje	Lična zaštitna oprema
		Postavljanje absobera u blizini mesta potencijalnog rizika
		Plan evakuacije

13. LOŠA / NEISPRAVNA OPREMA

- Mere za sprečavanje, kontrolu i umanjenje štetnih uticaja na izmenjivače toplote koji nastaju usled korišćenja loše / neispravne opreme :

Prevenција	Kontrola	Rešenja za smanjenje potencijalnog rizika
Promeniti procedure	Alarmi / prekidači	Hitno reagovanje
Primena odgovarajućih standarda za projektovanje postrojenja	Detekcija curenja	Izolacija
	Rasteretni sistemi	Dobra organizacija postrojenja (međudobni uticaji različitih materijala, spoljašnji uticaji, mogućnost održavanja, itd.)
	Obučavanje	Lična zaštitna oprema
		Postavljanje absobera u blizini mesta potencijalnog rizika
		Plan evakuacije



PRENOŠENJE OZNAKA NA KORIŠĆENE MATERIJALE

Proizvođač opreme mora da ima i održava sistem identifikacije materijala koji se koriste u izradi, tako da svi materijali koji su izloženi naprezanju usled pritiska i oni koji se zavarivanjem spajaju na gotovu posudu, mogu da se prate do svog izvora. To uključuje upotrebu potrošnih materijala za zavarivanje.

Mogućnost praćenja materijala do originalnih identifikacionih oznaka, mora se postići primenom jedne ili više sledećih metoda koje proizvođač izabere:

- a) precizno prenošenje originalnih identifikacionih oznaka na mesto gde će oznake biti uočljive na završenoj opremi,
- b) identifikacija pomoću kodirane oznake koja se može pratiti do zahtevane originalne oznake,
- c) beleženje identifikacionih oznaka, koristeći tabele materijala ili konstrukcione šeme, što osigurava identifikaciju svakog komada materijala u toku izrade, kao i kasniju identifikaciju u završenoj opremi.

Za materijale koji ne mogu da se obeleže žigom ili neće biti uočljivi na završenoj opremi, proizvođač može da vodi dokumentovani sistem identifikacije koji osigurava mogućnost praćenja za sve materijale na završenoj opremi.

U slučaju da se ne može izbeći isecanje originalne identifikacione oznake ili ako je materijal podeljen na dva ili više komada, oznake pre isecanja moraju da budu precizno prenete od strane osoblja koje imenuje proizvođač.

Konkretno obeležavanje materijala mora da se izvede metodama koje prilikom kasnije upotrebe/rada nisu štetne za materijal.

Prenošenje oznaka mora da se izvede pre rastavljanja proizvoda i posle provere usaglašenosti postojećih oznaka sa odgovarajućim sertifikatom materijala.

PROCEDURA ZA AKZ IZMENJIVAČA TOPLOTE**1. OPŠTI DEO****1.1. OBIM**

Ova specifikacija pokriva minimalne zahteve za bojenje u radionici i na terenu uključujući pripremu površina, nanošenje premaza, materijale, završne korekcije, pregled premaza za opremu, cevi, konstrukcije druge pozicije radova instalirane u industrijskom okruženju.

1.2. DEFINICIJE

- 1.2.1. Osnovni premaz i boja - koriste se kao sinonimi kroz celu specifikaciju.
- 1.2.2. Skraćenica "CS" se odnosi na ugljenični čelik koji sadrži do 2% ugljenika i niskolegirane čelike, koji sadrže do 5% hroma ili 3% nikla.
- 1.2.3. Skraćenica "SS", odnosi se na nerđajući čelik.

1.3. PROPISI

- 1.3.1. Ova specifikacija zahteva usklađenost sa svim primenljivim nacionalnim i lokalnim zakonima i propisima.

- 1.3.2. Kodeksi i standardi:

Poslednja izdanja narednih kodeksa i standarda, uključujući primenljive dopune, čine deo ovih specifikacija do stepena do kog je ovde predviđeno

- SSPC dokumenta Saveta za bojenje čeličnih konstrukcija.
- NACE Priručnik o premazima i oblogama Nacionalnog udruženja inženjera za koroziju (USA).
- ASTM A123 Standardna specifikacija za nanošenje cinka (vruća galvanizacija) na proizvodima od gvožđa i čelika.
- ASTM A780 Popravka oštećenih i nepremazanih površina premaza dobijenih vrućom galvanizacijom.
- ISO 8501.1 Priprema supstrata čelika pre nanošenja boje i sličnih proizvoda (zamenjuje SIS 055900-1967).
- BS 1710 Identifikacija cevovoda i servisa
- Standard boja kao što je RAL F2 iz registra boja RAL 840 HR, Britanski standard ili Munsell.
 - Evropska komisija asocijacija proizvođača boja, 1988, Evropska skala stepena rđanja za antikorozijske premaze.

- 1.3.3. Uporedna tabela NACE – ISO 8501.1 - SSPC

NACE	ISO 8501.1	SSPC	DEFINICIJA
	-	VIS 1 - 82	Slikoviti prikaz standarda pripreme čeličnih površina za bojenje
	-	SP1 - 82	Čišćenje rastvaračem
	St 2	SP2 - 82	Čišćenje ručnim alatima
	St 3	SP3 - 82	Čišćenje električnim alatima
V 1	Sa 3	SP5 - 85	Peskarenje metala do sjajne površine
V 2	Sa 2%	SP10 - 85	Peskarenje metala do skoro sjajne površine
V 3	Sa 2	SP6 - 85	Komercijalno peskarenje
V 4	Sa 1	SP7 - 85	Peskarenje četkom
	-	SP8 - 82	Kiselinsko dekapiranje
	-	SP11 - 87T	Čišćenje električnim alatima do neobrađene metalne površine

1.3.4. Spisak zahteva za bojenje

Tokom procesa projektovanja i izvođenja, primenjuju se sledeći standardi:

SRPS - ISO - 12944-1	Uopšteni uvod
SRPS - ISO - 12944-2	Klasifikacija okruženja
SRPS - ISO - 12944-4	Priprema površine
SRPS - ISO - 2808	Utvrdjivanje debljine filma
SRPS - ISO - 12944-7	Izvođenje i nadzor bojenja
SRPS - ISO - 12944-5	Antikorozijska zaštita čeličnih konstrukcija i cevi

Za praćenje kvaliteta boje, koriste se naredne standardne procedure:

ISO - 1517	ASTM - G - 8 - 42
ISO - 2408	ASTM - G
ISO - 2409	ASTM - G - 62
ISO - 2806	ASTM - D - 1640
ISO - 2810	ASTM - D - 3359
ISO - 4624	ASTM - D - 4752
ISO - 4628 (od 1 do 6)	ASTM - D - 4940
ISO - 8501 (od 1 do 3)	BS - 3900 - H4
ISO - 8502 (od 1 do 10)	BS - 3900 - H5
ISO - 8503 (od 1 do 4)	BS - 3900 - H2
ISO - 8504 (od 1 do 3)	SSPC - PA - 1
ISO-11126 (1 i od 3 do 7)	SSPC - PA - 2
ISO - 12944 (od 1 do 8)	SSPC - SP - 10010

1.3.5. Naredne pozicije radova se neće bojiti, osim ukoliko je to izričito predviđeno u relevantnoj nabavnoj dokumentaciji:

- Obojeni metali (aluminijum, mesing).
- Mašinski obrađeni delovi radne opreme i kontaktne površine zaptivki.
- Kapilarne cevi instrumenata (ako je nerđajući čelik).
- Navoji zavrtanja i navrtki.
- Limena obloga preko izolacije.
- Anode i mesta priključaka anoda koja moraju da obezbede provodljivost između anode i čelika sa katodnom zaštitom.

1.4. PRIVREMENA ANTIKOROZIJSKA ZAŠTITA

1.4.1. Ako je metalne površine koje nisu prefarbane u fabrici potrebno zaštititi od korozije tokom dostave i skladištenja, primeniće se antikorozijska zaštita koja se lako uklanja.

Antikorozijska zaštita treba da se klasifikuje u skladu sa BS 6413, ISO 6743/8 ili BS 1133.

- 1.4.2. Mašinski obrađene površine kao što su navoji, samoštelujući ventili, kontaktne površine zaptivki, itd., biće zaštićene inhibitorom korozije rastvorljivim u nafti.

1.5. BEZBEDNOST (za bojenje na gradilištu)

- Preduzeće se sve neophodne mere predostrožnosti da bi se osigurala bezbednost osoblja i imovine. Naročit oprez je potreban pri radu sa uljanim bojama ili bojama na bazi ulja, tečnostima za čišćenje, itd., pogotovu u neposrednoj blizini cevovoda sa kiseonikom ili opreme sa kiseonikom. Visoke koncentracije zapaljivih ili toksičnih isparenja moraju da se izbegavaju a u ograđenim prostorima koristiće se duvaljke ili izduvni ventilatori.
- Krpe i drugi otpad uprljan bojom, razređivačem ili rastvaračem držaće se u hermetički zatvorenim metalnim kontejnerima dok se nalazi na gradilištu a nije u upotrebi. Propisno odlaganje otpadnih materija van prostorija postrojenja je odgovornost Izvođača.
- Svi radovi će se vršiti u skladu sa primenljivim nacionalnim, državnim ili lokalnim zakonima i propisima.

2. PRIPREMA POVRŠINA

- 2.1. Pre početka bilo kakve pripreme površina, površine će se očistiti od nečistoća, ulja, masnoće, itd. i biće potpuno suve.
- 2.2. Poželjan metod preliminarog čišćenja je parom, međutim, treba da se izbegava na otvorenom. Ako čišćenje parom nije moguće, izvršiće se čišćenje rastvaračem uz upotrebu odgovarajućeg rastvarača u skladu sa SSPC-SP1.
- 2.3. Nakon čišćenja parom, površina će se isprati svežom vodom na temperaturi od 100°C i pri maksimalnom pritisku od 60 bar.
- 2.4. Priprema površina biće u skladu sa minimalnim stepenom pripreme prema ISO 8501-1, NACE ili SSPC za svaki sistem bojenja predviđen ovom specifikacijom i/ili prema preporukama proizvođača boje, ako su one strožije. Videti paragraf 1.3.3 za poređenje ISO stepena, SSPC stepena i NACE stepena.
- 2.5. Nakon postizanja predviđenih standarda, sva prašina, otpad i abrazivni ostaci će se ukloniti sa peskarene površine očišćene ručnim ili električnim alatima a površina će se prefarbati pre nastupanja kontaminacije ili naglog rđanja.
- 2.6. Sve kapljice od zavarivanja, neravni zavari, oštre ivice, itd., biće izglacani pre peskarenja.
- 2.7. Peskarene površine će obezbediti dobru podlogu za prijanjanje osnovne boje, ali ne sme biti previše gruba. Površina će biti pripremljena:
 - Rz: 40-70 za neorganski prajmer sa cinkom.
 - Rz: 35-50 za ostale prajmere.
- 2.8. Peskarenje se neće vršiti:
 - Ako je temperatura površine manje od 3°C iznad tačke rođenja.
 - Ako je relativna vlažnost iznad 90%.
 - Ako postoji mogućnost da se površina pokvasi pre nanošenja prvog sloja.
- 2.9. Nerđajući čelik, vruće galvanizovan čelik i obojeni metali će se peskariti (blago peskarenje) odgovarajućim abrazivnim sredstvom.
- 2.10. Za nerđajući čelik i obojene metale, nisu dozvoljene čelične žičane četke. Koristiće se nemetalne žičane četke i/ili štrugači.
- 2.11. Priprema površina u radionici za predfabrikaciju ili u farbari na gradilištu vršiće se peskarenjem. Priprema površina na licu mesta vršiće se isključivo čišćenjem ručnim ili električnim alatima, osim ukoliko proizvođač boje drugačije nalaže. Peskarenje na licu mesta je dozvoljeno samo uz saglasnost investitora.

Napomena - Ukoliko je predviđeno čišćenje ručnim/električnim alatima, oba metoda su prihvatljiva sve dok se postižu tražene specifikacije.

2.12. Peskarenje će se vršiti koristeći jedno (1) od narednih abrazivnih sredstava:

- Električna šmirgla (aluminijum oksid), veličina čestica 0,8 mm - 1,2 mm.
- Kugličenje čelikom i kovnim gvožđem.
- Oštri abraziv od čelika / lomljenog ohlađenog gvožđa.
- Isečena čelična žica.

Pesak ili drugi materijali koji potencijalno sadrže silikon će se koristiti samo ograničeno, zbog bezbednosnih propisa. Komprimovani vazduh za peskarenje će biti bez vode i ulja.

3. PRIPREMA MATERIJALA ZA BOJENJE

3.1. SKLADIŠTENJE

Materijali za bojenje će se skladištiti strogo u skladu sa uputstvima proizvođača boje, u suvom, hladnom, dobro provetrenom prostoru koji nije izložen mrazu.

3.2. PAKOVANJE

Kontejneri sa bojom će se zaptivati u fabrici i nosiće jasne oznake sa nazivom proizvođača boje, serijskim brojem, datumom proizvodnje, rokom trajanja i jasnu oznaku tipa i boje proizvoda.

Kontejneri će ostati zatvoreni sve dok se ne ukaže potreba za upotrebom njihovog sadržaja. Prvo će se koristiti najstariji materijali od svake vrste.

3.3. MEŠANJE

Dva ili više materijala za bojenje će se mešati u skladu i pod uslovima koje predviđa proizvođač boje. Kontejneri sa učvršćivačem biće potpuno ispražnjeni u kontejner od baznog materijala. Neće se istovremeno pripremati više materijala nego što može da se upotrebi za vreme koje je proizvođač boje označio kao "vreme od pripreme do upotrebe" (rok trajanja nakon otvaranja kontejnera).

Mešanje će se vršiti u dobro provetrenim prostorijama bez prašine. Boje će se mešati mikserom ili "šejkerom", dok se ne postigne ujednačena konzistentnost.

3.4. RAZREĐIVAČI I RASTVARAČI

Koristiće se samo aditivi, razređivači, rastvarači, itd., koje preporučuje proizvođač boje. Zabranjeno je produžavanje "vremena od pripreme do upotrebe" dodavanjem razređivača.

4. IZBOR SISTEMA BOJENJA

4.1. OPŠTI DEO

4.1.1. Sistemi bojenja će se birati iz priloga I "Tabela izbora boje".

4.1.2. Sistemi bojenja će se bazirati na maksimalnoj kontinuiranoj radnoj temperaturi cevovoda ili opreme kako je naznačeno u tabelama podataka za spiskove vodova i opremu. Ako to nije naznačeno na tabeli podataka za spiskove vodova ili opreme, pri izboru koristiti projektnu temperaturu minus 20°C.

4.1.3. Vatrostalne površine će se tretirati kao izolovane površine u pogledu bojenja za ove potrebe. Proveriti kompatibilnost sa isporučiocem vatrozaštite, pre početka bojenja.

4.1.4. Vodovi i oprema koji dobijaju omotač za zaštitu osoblja tretiraće se kao neizolovani elementi pri izboru boje.

4.1.5. Neće se koristiti materijali za boju koji sadrže olovo.

4.2. KONSTRUKTIVNI ČELIK

- 4.2.1. Elementi od konstruktivnog čelika biće obojeni osim elemenata nabrojanih u 4.3.4.
- 4.2.2. Ako konstrukcijski čelik treba da se boji, poželjno je da bude u potpunosti premazan u radionici; ako to nije izvodljivo, mora biti premazan bar prajmerom u radionici, pri čemu će se naredni slojevi nanositi na licu mesta.
- 4.2.3. Čelikom premazanim završnom bojom će se rukovati u skladu sa odeljkom 6. Svaki sloj će se stegnuti pre nanošenja narednog sloja ili pre rukovanja u skladu sa uputstvima proizvođača boje.
- 4.2.4. Generalno, glavni elementi od konstrukcijskog čelika kao što su stubovi, grede, oslonci, itd., biće od obojenog ugljeničnog čelika. Rešetke (podovi na platformama), gazišta stepeništa i vezni elementi (zavrtnji, navrtke, podloške, itd.) i anker zavrtnji biće podvrgnuti vrućoj galvanizaciji.
- 4.2.5. Vruća galvanizacija će se vršiti u skladu sa najnovijim izdanjem ASTM standarda A123/A123M-02 ili narednim Evropskim standardima:

ISO 1459 Metalni premazi – zaštita od korozije vrućom galvanizacijom – osnovni principi.

ISO 1460 Metalni premazi – premazi podvrgnuti vrućoj galvanizaciji na gvozdanim materijalima – Gravimetrijsko utvrđivanje mase po jedinici površine.

ISO 1461 Premazi podvrgnuti vrućoj galvanizaciji na fabrički proizvedenim elementima od gvožđa i čelika – Specifikacije i metode ispitivanja.

NEN 1275 Zahtevi i metode ispitivanja za slojeve čelika premazane cinkom (galvanizovane).

- 4.2.6. Prosečna težina sloja cinka biće 550 g/m² galvanizovane površine, sa minimum 500 g/m².

4.3. NERDAJUĆI ČELIK

- 4.3.1. Svaka boja, kreda ili traka, upotrebljena za obeležavanje ovih materijala, biće bez olova, cinka, sumpora i hlorida.
- 4.3.2. Neposredno pre bojenja, svi tragovi privremene boje nanete u fabrici biće uklonjeni parom ili rastvaračem. Rastvarači će biti bez hlorida.

5. NANOŠENJE BOJE

5.1. OPŠTI DEO

- 5.1.1. U slučaju nesklada između ovih specifikacija i štampanih uputstava proizvođača, izvođač zaštite će obavestiti Investitora i dobiti njegovu odluku pre početka nanošenja boje.
- 5.1.2. Vodiće se računa da se kvalitet pripremljenih površina ne pokvari pre nanošenja boje.
- 5.1.3. Završni premaz će se naneti u radionici uključujući premazivanje zavora. Zavori će se premazivati nakon završetka svih potrebnih ispitivanja pod pritiskom.
- 5.1.4. Ostaviće se potez od 50 mm bez prajmera na ivicama ploča, krajevima cevi, itd., koji moraju da se zavaru na terenu. Gde je potrebna termička obrada nakon zavarivanja, potez od 50 mm od kraja tela cevi koji mora da se zavori na terenu neće se bojiti pri prefabrikaciji.
- 5.1.5. Površine od nerđajućeg čelika će biti zaštićene od prekomernog prskanja ili kapljica boje, naročito one koja sadrži metalne pigmente.

Ako površine od nerđajućeg čelika budu slučajno isprskane, boja će se smesta temeljno ukloniti. Rastvarač neće sadržati hloride.

Ova zaštita se odnosi i na galvanizovane površine, instrumente i pločice sa natpisima.

5.2. IZRADA

Nanošenje boje će biti prvoklasne izrade, sa ujednačenom debljinom filma i izgledom i biće bez tragova četke, ulegnuća, brazda, stranih materija, itd. Vodiće se računa da se susedna oprema, cevi, konstrukcije, itd., zaštite od prosipanja i prskanja tokom bojenja na terenu primenom odgovarajućih privremenih pokrivki za opremu.

5.3. USLOVI BOJENJA

- 5.3.1. Nanošenje prajmera ili boje vršiće se pod okolnostima koje precizira proizvođač boje. Ovo znači, u opštem slučaju, da će površinska temperatura predmeta koji se boji biti najmanje 3°C iznad tačke rošenja okolnog vazduha.
- 5.3.2. U opštem slučaju, boja, osim neorganskog cinka na bazi rastvarača, nanosiće se i sušiti pri ambijentalnoj i površinskoj temperaturi između 10°C i 30°C, sa relativnom vlažnošću ispod 90%. Neorganski cink na bazi rastvarača nanosiće se samo kada je relativna vlažnost iznad 50%.
- Svi materijali za bojenje sušiće se na vazduhu.
- 5.3.3. Za nanošenje i sušenje epoksida ispod 10°C površinske ili ambijentalne temperature, koristiće se zimska formula ili prinudno sušenje.

5.4. DEBLJINA SUVOG FILMA

Slojevi prajmera i boje nanosiće se sa najmanjom debljinom filma koja je precizirana u ovim specifikacijama.

5.5. VIŠESTRUKI PREMAZI

Naknadni premazi će imati upadljivo drugačiju nijansu da bi se osiguralo kompletno pokrivanje svakog sloja. Za svaki naknadni sloj, pratiće se preporuke proizvođača u vezi vremena između premaza pri lokalnoj temperaturi.

5.6. KOMPATIBILNOST

Prajmer, međuslojevi i završni sloj, po potrebi, za pojedinačne sisteme bojenja biće u potpunosti kompatibilni, i obezbediće se odgovarajući materijali za bojenje od istog proizvođača.

5.7. POPRAVKA OŠTEĆENIH PRAJMER A I PREMAZA

- 5.7.1. Oštećena mesta i greške u prajmeru i/ili međuslojevima biće temeljno očišćeni pre doterivanja prajmera.
- 5.7.2. Površine koje moraju ponovo da se premažu prajmerom biće ponovo peskarene ili očišćene pomoću needle-gun za površine koje su prvobitno peskarene abrazivnim sredstvom.
- 5.7.3. Ponovno nanošenje prajmera će se vršiti istim prajmerom kao što je originalni. Gde to nije izvodljivo, upotrebljeni prajmer će biti kompatibilan i pogodan za radnu temperaturu.
- 5.7.4. Tamo gde je fabrički premaz oštećen pri rukovanju, sav premaz sa oštećenjima ili mehurima biće uklonjen ručnim ili električnim alatima. Ivice pukotina će se izglacati i naneće se precizirani broj slojeva prajmera ili završnog premaza. Popravka premaza podleže pregledu od strane Investitora.
- 5.7.5. Popravka / doterivanje oštećenih i nepremazanih površina slojeva podvrgnutih vrućoj galvanizaciji za strukturne delove biće u skladu sa ASTM A780, a poželjni metod popravke je odražen u sistemu bojenja E.

6. RUKOVANJE CEVIMA, OPREMOM I KONSTRUKCIJSKIM ČELIKOM PREMAZANIM U FABRICI

- 6.1.** Svim cevima, opremom i čelikom koji su premazani u fabrici rukovaće se koristeći najlonske remene ili druge odobrene metode dizanja. Primeniće se odgovarajuća drvena potpora tokom transporta, skladištenja i montaže na gradilištu da bi se minimizirala oštećenja premaza.

7. INSPEKCIJA I KONTROLA KVALITETA

- 7.1.** Svi prodavci opreme/robe i podizvođači na terenu će pregledati i odobriti svaki postupak obuhvaćen njihovim obimom radova, kao što je priprema površina i nanošenje svakog premaza. Svi nedostaci koje utvrdi bilo koja od strana će biti ispravljeni pre početka bilo kog narednog postupka.

7.2. INVESTITOR MOŽE DA IZVRŠI NAREDNE PREGLEDE ISPITIVANJA TOKOM I NAKON PRIMENE SISTEMA BOJENJA:

- Vizuelni pregled pripreme površina u poređenju sa međunarodnim standardima (ISO 8501-1).
- Provera profila pripremljene površine pogodnim "profilometrom", npr. metodom TESTEX.
- Provera debljine suvog filma međuslojeva i završnog sloja, u skladu sa specifikacijama i/ili preporukama proizvođača boje. Kriterijumi prihvatljivosti biće u skladu sa SSPC-PA 2.
- Provera poroznosti.
Svaka porozna površina će se popraviti, ali kada je broj pora veći od 3 po kvadratnom metru, cela površina će se peskariti i ponovo prefarbati u skladu sa ovom specifikacijom.
- Provera prijanjanja.

7.3. NEDOSTATKE ILI OŠTEĆENJA OBOJENIH POVRŠINA KOJE JE IZAZVAO IZVOĐAČ POPRAVIĆE IZVOĐAČ O SOPSTVENOM TROŠKU. DO DVE (2) GODINE NAKON ZAVRŠETKA NJEGOVIH USLUGA, IZVOĐAČ ĆE POPRAVLJATI SVE NEDOSTATKE UPOREDIVE SA NEDOSTACIMA DO RE 1 NA "EVROPSKOJ SKALI STEPENA RDANJA", IZAZVANE NEPAŽLJIVIM ILI NEPRECIZNIM BOJENJEM. OVA POPRAVKA ĆE SE VRŠITI O SOPSTVENOM TROŠKU IZVOĐAČA.

7.4. PLAN KVALITETA ĆE ODRAŽAVATI NAJMANJE SLEDEĆE KONTROLNE AKTIVNOSTI:

- Izvođačev plan kvaliteta će biti predat na saglasnost pre početka radova. Biće u skladu sa SRPS ISO 9001.
- Aktivnosti na kontroli kvaliteta tokom izvođenja radova biće propisno dokumentovane a relevantne obrasce će potpisati odgovorni inspektor Izvođača. Ovi obrasci će predstavljati dokument o kontroli kvaliteta koji će biti raspoloživ za pregled od strane predstavnika Investitora tokom izvođenja radova, a nakon završetka radova biće predati Investitoru za buduće potrebe.
- Verifikovati da rok trajanja materijala za premazivanje nije istekao.
- Verifikovati adekvatnosti opreme za bojenje.
- Verifikovati adekvatnosti opreme za čišćenje i peskarenje.
- Potvrditi i dokumentovati da se priprema površina i premazivanje vrše u propisnim atmosferskim uslovima.
- Pregledati ispravnost pripreme površina za preciziranu čistoću i ankerni profil.
- Pratiti ispravnost mešanja.
- Pratiti nanošenje svakog sloja u pogledu pravilne debljine vlažnog filma i prisustva nepremazanih mesta.
- Pregledati površinu između slojeva da bi se obezbedilo vezivanje i pravilna debljina narednog sloja.
- Verifikovati da je ukupna debljina suvog filma sistema u skladu sa specificiranim.
- Verifikovati da su izvršene sve tražene popravke.
- Zabeležiti vlažnost, ambijentalnu temperaturu i temperaturu čelika dok su priprema površina i nanošenje premaza u toku.
- Zabeležiti serijske brojeve boje i površine ili opremu gde je materijal upotrebljen.



B.M.R. Group d.o.o. Privredno društvo za postrojenja, tehničke i cevne konstrukcije

8. BOJE I KODIRANJE / IDENTIFIKACIJA BOJA

- 8.1.** Sve komponente postrojenja će biti završno obojene u bojama datim u prilogu 4, osim u slučaju viših temperatura (npr. neizolovana oprema i vodovi koji rade iznad 120°C) ili ako je komponenta izolovana.

PRILOG I

TABELA ZA IZBOR SISTEMA BOJENJA

POZICIJE	MAKSIMALNA RADNA TEMPERATURA °C Napomena 4	IZOLACIJA ILI VATROZAŠTITA	MATERIJAL	SISTEM BOJENJA	
				NANETO U RADIONICI	NANETO NA TERENU
Konstrukcijski čelik Cevni mostovi, nosачи cevi, ivice stubova, greda. Platforme, staze, merdevine, rukohvati i stepenice.	$t < 120$	Neizolovan Bez vatrozaštite	CS	A1^A4	A5^A8
		Vatrozaštita Napomena 1	CS	A1^A3	A5^A7
Galvanizovani konstrukcijski čelik Popravka i doterivanje	$t < 120$	-	CS	E1 + E2	E1 + E2
Oprema	$t < 120$	Neizolovan	CS	A1^4	A5^A8
		Izolovan	CS	A1^3	A5^A7
Kolone, reaktori, separatori, izmenjivači , grejači, filteri, vazdusni hladnjaci, baklje, posude, Radionički izradjeni rezervoari	$120 < t < 200$	Neizolovan	CS	C2001^C2003	C2004^C2006
		Izolovan	CS	C2001^C2002	C2004^C2005
	$200 < t < 500$	Neizolovan	CS	C5001^C5003	C5004^C5006
		Izolovan	CS	C5001^C5002	C5004^C5005
	$50 < t < 120$	Neizolovan	SS	Nema Napomena 2	Nema Napomena 2
		Izolovan	SS	B1 + B2	B3 + B4
	$120 < t < 200$	Neizolovan	SS	Nema Napomena 2	Nema Napomena 2
		Izolovan	SS	F1^F3	F4^F6
	$t > 200$ i $t < 50$	Neizolovan	SS	-	-
		Izolovan	SS	-	-

Napomene:

1. Sistem bojenja za bojenje pod vatrozaštitom biće u potpunosti kompatibilan sa materijalima za vatrozaštitu. Ne bojiti pre izbora vatrozaštite.
2. Ako elementi cevovoda/opreme (neizolovani od nerđajućeg čelika) sadrže brazde, poput letećih prirubnica ili navojnih spojeva, bojenje će biti (lokalno) izvedeno u rasponu temperature između 50°C i 200°C.

PRILOG 1 Nastavak
TABELA ZA IZBOR SISTEMA BOJENJA

POZICIJE	MAKSIMALNA RADNA TEMPERATURA °C Napomena 4	IZOLACIJA ILI VATROZAŠTITA	MATERIJAL	SISTEM BOJENJA	
				NANETO U RADIONICI	NANETO NA TERENU
Cevovodi	$t < 120$	Neizolovan	CS	A1^A4	A5^A8
		Izolovan	CS	A1^A3	A5^A7
	$120 < t < 200$	Neizolovan	CS	C2001 ^C2003	C2004^C2006
		Izolovan	CS	C2001 ^C2002	C2004^C2005
Procesne i prateće cevi nosači cevi (prikačeni na ove cevi).	$200 < t < 500$	Neizolovan	CS	C5001 ^C5003	C5004^C5006
		Izolovan	CS	C5001 ^C5002	C5004^C5005
	$< t < 120$	Neizolovan	SS	Nema Napomena 2	Nema Napomena 2
		Izolovan	SS	B1 + B2	B3 + B4 Napomena 3
	$120 < t < 200$	Neizolovan	SS	Nema Napomena 2	Nema Napomena 2
		Izolovan	SS	F1^F3	F4^F6 Napomena 3
	$t > 200$ i $t < 50$	Neizolovan	SS	Nema	Nema
		Izolovan	SS	Nema	Nema
Rotacione mašine, paketne jedinice, električni uređaji i instrumenti	Sistem bojenja će biti po standardu proizvođača (vidi podsekciju 4.4) boja završnog sloja prema sekciji 8. Bojenje će biti primenjeno: – SS, izolovani, radna temperatura između 50°C i 200°C – CS, neizolovani do 500°C i izolovani do 120°C.				
Rezervoari za skladištenje montirani na terenu, sfere, spoljasnost.	$t \leq 120$	-	CS	D1 + D2	D3-->D5

Napomene:

- Sistem bojenja se može zameniti nanošenjem aluminijumske folije, debljine 0,1mm (omotavanjem).
- Uslovi isparavanja se obično ne razmatraju. Specijalni uslovi mogu da se primene kako je predviđeno u tabeli podataka za opremu ili prilogu o vodovima (puštanje u rad, regeneracija).

PRILOG 2 - SISTEMI BOJENJAPRILOG 2.1 SISTEM BOJENJA "A"

Cevi od ugljeničnog čelika, oprema i konstrukcijski čelik, radne temperature < 120°C.

BOJENJE U RADIONICI:

A1 Priprema površina

Ukloniti svu rđu i kamenac čišćenjem pešćanim mlazom do minimalnog standarda Sa 2%, u skladu sa ISO 8501-1.

Ukloniti svu prašinu i slobodne čestice usisavanjem ili mlazom suvog komprimovanog vazduha.

A2	<u>Osnovni premaz</u>	:	Epoksidni prajmer bogat cinkom
	Minimalna debljina suvog filma	:	75 mikrona.
A3	<u>Medusloj</u>	:	Visokovredni MIO epoksid
	Minimalna debljina suvog filma	:	125 mikrona
A4	<u>Završni sloj</u>	:	Poliuretan
	Minimalna debljina suvog filma :		40 mikrona

Napomena: Nije potrebno ukoliko će površina biti izolovana ili vatrostalna.

BOJENJE/DOTERIVANJE NA TERENU:

A5 Priprema površina

Odmastiti čišćenjem rastvaračem u skladu sa SSPC-SPI. Očistiti ručnim ili električnim alatkama do St. 2-3, u skladu sa ISO 8501-1.

A6	<u>Osnovni premaz</u>	:	Čvrst epoksid otporan na površini
	Minimalna debljina suvog filma	:	75 mikrona.
A7	<u>Medusloj</u>	:	Visokovredni MIO epoksid
	Minimalna debljina suvog filma	:	125 mikrona
A8	<u>Završni sloj:</u>	:	Poliuretan.
	Minimalna debljina suvog filma	:	40 mikrona.

Napomena: Nije potrebno ukoliko će površina biti izolovana ili vatrostalna.

PRILOG 2.2
SISTEM BOJENJA "C₅₀₀"

Cevi i oprema od ugljeničnog čelika, radna temperatura $200 < t < 500^{\circ}\text{C}$.

BOJENJE U RADIONICI:

C₅₀₀1 Priprema površina

Ukloniti svu rđu i kamenac pešćanim mlazom do minimalnog standarda Sa 2% u skladu sa ISO 8501-1.
Ukloniti svu rđu i slobodne čestice usisavanjem ili mlazom suvog komprimovanog vazduha.

C₅₀₀2 Osnovni premaz : Prašina cinka na bazi etil-silikatne smole.

Prosečna debljina suvog filma : 40 mikrona.

C₅₀₀3 Završni sloj : Aluminijumska boja na bazi silikona, otporna na toplotu.*

Minimalna debljina suvog filma : 25 mikrona.

Napomena:

Završni sloj nije potreban za cevi i opremu koja će biti izolovana.

BOJENJE/DOTERIVANJE NA TERENU:

C₅₀₀4 Priprema površina

Četkanje ili čišćenje alatkama do minimalnog standarda St 3, u skladu sa ISO 8501-1.

C₅₀₀5 Osnovni premaz : Prašina cinka na bazi etil-silikatne smole.

Minimalna debljina suvog filma : 80 mikrona

C 5006 Završni sloj : Aluminijumska boja na bazi silikona, otporna na toplotu.*

Minimalna debljina suvog filma : 25 mikrona

Napomena:

Završni sloj se ne traži za cevi koje će biti izolovane.

* Izvođač i Prodavci će obezbediti da se izabrani tip silikonske aluminijumske boje suši na vazduhu ili da će se osušiti pri radnim uslovima pozicije radova koja se boji.



PRILOG 3

ODOBRENI PROIZVOĐAČI PRAJMER I BOJA

- Akzo Coatings.
- Ameron.
- Carboline.
- Croda Mebon.
- Devoe Coatings Company.
- Hempel Coating.
- International Paint.
- Jotun.
- Sigma.
- Zorka Šabac.

PRILOG 4

TABELA BOJA ZAVRŠNOG PREMAZA POZICIJA

POZICIJA		BOJA	RAL STANDARD
Čelične konstrukcije	:	aluminijum	RAL 9006
Izmenjivači toplote, filteri, rashlađivači	:	srebrna	RAL 9007
Procesne cevi (ako nije naznačeno drugačije)	:	aluminijum	RAL 9006
Sigurnosni i regulacioni ventili	:	crvena	RAL 3020

PROCEDURA ZA FORMIRANJE NERASTAVLJIVIH SPOJEVA CEVI I CEVNIM PLOČA – “VALCOVANJE”

1.0. OBIM

Ova specifikacija odnosi se na ekspandirane spojeve cevi i cevni ploče (spojeve ostarene mašinskim uvaljivanjem) izmenjivača toplote. Za potrebe ove specifikacije termin “Spoj” odnosiće se na “spoj cevi i cevni ploča”. Proizvodne procedure sadržane u ovoj specifikaciji opisuju postupak izrade nerastavljivih spojeva koji predstavljaju odgovornost operatera.

2.0. VRSTE SPOJEVA

Spojevi sa dva žleba smatraju se standardnim osim ako nije drugačije specificirano.

3.0. MATERIJAL UZORKA

Materijali za izradu uzorka treba da budu u skladu sa materijalima specificiranim na crtežu. U opštem slučaju, iste materijale treba koristiti za ispitivanje. Zamenski materijali su prihvatljivi samo uz pismeno odobrenje proizvođača. Debljina cevne ploče za ispitivanje treba da bude jednaka maksimalnoj debljini cevne ploče ili 55 mm.

Odobrenje važi za materijale iz iste grupe kojoj pripada i materijal korišćen za potrebe ispitivanja. Opseg dozvoljenih napona tečenja dat je u sledećoj tabeli:

Stvarni napon tečenja (Y) materijala korišćenog za ispitivanje	Najmanji dozvoljeni napon tečenja	Najveći dozvoljeni napon tečenja
Y za cevnu ploču	0.75 Y	1.6 Y
Y za cevi cevnog snopa	0.75 Y	1.25 Y, ali ne više od 95% napona tečenja materijala cevne ploče

4.0. KONTROLA CEVI

Krajevi cevi cevnog snopa (debljina cevne ploče + 100 mm) treba da budu pažljivo vizuelno kontrolisani. Nije dozvoljeno postojanje naslaga, zarez, ili hrapavih površina. Ako su zahtevane popravke, treba ih sprovesti uz pismeno odobrenje proizvođača / na zahtev inspektora. Ako su sprovedene popravke, dimenzije cevi treba održavati u okviru tolerancija specificiranih za materijal cevi. U drugom slučaju, cevi se odbacuju.

5.0. OTVORI ZA CEVI U CEVNIM PLOČAMA

Otvori za cevi u cevni pločama treba da budu izbušeni u skladu sa zahtevima standarda za proizvod i odgovarajućim radioničkim crtežima. Otvori za cevi u cevnoj ploči treba da budu izbušeni i razvrtani do nominalnog prečnika. Na otvorima ne smeju postojati zarez ili oštre ivice, treba da budu koncentrični sa cevima i normalni na površinu cevne ploče. Ivice otvora treba da budu oborene.

6.0. FORMIRANJE SKLOPA

Očistiti otvore i krajeve cevi od bilo kakvih zaostalih depozita, nečistoća ili čvrstih materijala, masti, ulja itd. Posebno treba obratiti pažnju da se prilikom montaže izbegne pojava zarez na otvorima za cevi u cevni pločama ili na spoljašnjoj površini cevi. Cevi, u odnosu na cevne ploče, treba da budu pozicionirane prema crtežu.

7.0. EKSPANDERI I FORMIRANJE VALCOVA NA CEVIMA

- 7.1. Cevni ekspanderi koje koristi proizvođač treba da budu kompjuterski upravljani, treba da budu u dobrom stanju i odobreni od strane inspektora. Cevni ekspanderi treba da imaju graničnike koji sprečavaju valjke da priđu bliže od 3 mm od zadnje strane cevne ploče.
- 7.2. Cevi treba da budu uvaljane u cevne ploče korišćenjem opreme i podešavanjem koje je prethodno usaglašeno od strane inspektora i proizvođača. Za takva podešavanja se može zahtevati provera, ili uz saglasnost inspektora, mogu se koristiti ustanovljena podešavanja koja je definisao proizvođač.
- 7.3. Cevi treba da budu ekspandirane do pune debljine cevne ploče umanjeno za 3 mm od zadnje strane cevne ploče. U opštem slučaju, za cevne ploče debljine veće od 5 x OD cevi, ekspanzija se može ograničiti na dužinu 4 x OD cevi na prednjoj strani i 1 x OD cevi na zadnjoj strani cevne ploče. Posebnu pažnju treba obratiti da ne dođe do pojave bilo kakve distorzije cevne ploče ili deformacije sklopa. Preporučuje se da se cevi ekspandiraju u malim, dijametralno suprotnim grupama.

8.0. ISPITIVANJE PRITISKOM

- 8.1. Nakon završetka ekspanzije cevi, površine cevni ploča i unutrašnje površine cevi na dužini oko 15 mm treba da budu temeljno očišćene. Bilo kakve masti ili ulje treba da budu uklonjeni na odgovarajući način korišćenjem odgovarajućeg solventa ili mlaza vodene pare. Ovi spojevi potom treba da budu ispitani pneumatski, korišćenjem rastvora sapunice. Cevi koje procure treba da budu dodatno ekspandirane uz prisustvo ovlašćenog inspektora, nakon što su konstatovani razlozi za pojavu curenja i prihvaćeni od strane inspektora. Ako se javlja dodatno stanjenje (>15%), to treba naglasiti pre nego što se sprovede dodatna ekspanzija.
- 8.2. Ekspandirani (valcovani) spojevi takođe treba da budu izoženi hidrostatičkom ispitivanju nepropusnosti na ispitnom pritisku navedenom na crtežu. Ako postoji curenje, treba o tome obavestiti inspektora. Kod cevi kod kojih dođe do pojave curenja, vrši se dodatna ekspanzija prema gore navedenim preporukama. Voda korišćena za ispitivanje, treba da sadrži približno 2% (V/V) odobrenog ovlaživača sa dodatkom 0.2% natrijum nitrita kao inhibitora korozije. Zahtevi za dreniranje i sušenje opreme treba da budu u skladu sa zahtevima proizvođača.

9.0. PROVERA POSTUPKA

- 9.1. Provera postupka sprovodi se:
 - a) na zahtev inspektora,
 - b) za kombinaciju materijala cevi i cevni ploča i dimenzije cevi za koje vrednost momenta za optimalnu ekspanziju nije utvrđena od strane isporučioaca, ili
 - c) ako to predstavlja zahtev standarda / porudžbenice / crteža opreme, ili
 - d) kada treba da bude potvrđena nosivost formiranog spoja.
- 9.2. U svakom od gore navedenih slučajeva, treba sprovesti kompletnu proveru postupka da bi se dokazalo sledeće:
 - a) % stanjenja u odnosu na mašinsko podešavanje,
 - b) provera smicajnog opterećenja.

10.0. ZAHTEVI ZA STANJENJE

Faktor ekspanzije (procenat stanjenja) definiše se na sledeći način:

$$T = 100 \times \left(\frac{d_{if} - d_{ii} - d + d_e}{d_e - d_{ii}} \right)$$

gde je:

d – prečnik otvora za cev u cevnoj ploči,

d_{if} – unutrašnji prečnik cevi nakon ekspandiranja,

d_e – spoljašnji prečnik cevi pre ekspandiranja,

d_{ii} – unutrašnji prečnik cevi pre ekspandiranja.

- 10.1. Treba pripremiti uzorak cevne ploče istih dimenzija i od istog materijala kao što je planirano za proizvodnju, izbušiti ga, razvrteti i izraditi žlebove prema crtežu. Prečnik otvora treba da bude u skladu sa specificiranim. Debljina cevne ploče korišćene za proveru postupka treba da bude prema crtežu, ali ne deblja od 55 mm u slučaju da je debljina realne cevne ploče veća. Prečnik izbušenih otvora treba da bude precizno izmeren. Uzorak cevi treba da bude izabran tako da ima srednje dimenzije grupe isporučenih cevi, uz izmerene vrednosti spoljašnjeg (OD) i unutrašnjeg prečnika (ID). Cev treba da bude pozicionirana u otvor i sklop održavan u položaju predviđenom za proizvodnju. Cevni ekspander nameravan za upotrebu treba da bude podešen na procenjenu nižu vrednost i cev treba da bude uvaljana u utvor cevne ploče. Podešena vrednost ekspandera se potom povećava do postizanja stanjenja od 8 do 10% za sve materijale osim za nerđajuće čelike kod kojih stanjenje treba da bude 6 do 8%.
- 10.2. Podešavanje ekspandera treba da bude provereno za sledeće kombinacije, dok stanjenje treba da bude u okviru gore definisanih granica:
- Kombinacije mera sa dozvoljenim odstupanjem (gornjim ili donjim) zahtevane za proveru podešavanja ekspandera:

R.br.	Prečnik otvora sa tolerancijom	Prečnik cevi i tolerancija	
		Spoljašnji prečnik	Unutrašnji prečnik
1	+	+	+
2	+	+	-
3	+	-	+
4	+	-	-
5	-	+	+
6	-	+	-
7	-	-	+
8	-	-	-

- 10.3. Izabrane kombinacije treba da sadrže granične vrednosti tolerancija za isporučenu grupu cevi. Velika tačnost treba da bude primenjena kod bušenja otvora na uzorku cevne ploče sa graničnim vrednostima tolerancija. Rezultati ovih provera (izveštavanje za broj kombinacije i procenat ostvarenog stanjenja i korišćene različite prečnike u proračunu stanjenja) treba da budu dostavljeni inspekciji.
- 10.4. Isporučiocu se preporučuje da navedeno podešavanje koje treba koristiti u proizvodnji treba da bude najbolje za predmetni posao i da mu omogući da da garanciju za izradeni proizvod. Odobrenje inspektora, isporučioca ne oslobađa odgovornosti i garancije za isporučivanje opreme u stanju definisanom porudžbenicom.
- 10.5. Uzorci izrađeni na gore navedeni način, treba da budu presečeni na dve polovine duž ose cevi da bi se videlo tečenje metala u žlebovima. Ovi poprečni preseči treba da budu pokazani inspektorima koji proveravaju uzorke (tečenje metala u žlebovima, ekspandirana dužina). Odobrenje inspektora zahteva se pre odobravanja podešavanja ekspandera.

11.0. PROVERA SMICAJNOG OPTEREĆENJA

Dozvoljeni smicajni napon spoja određuje se proračunski, u skladu sa zahtevima standarda SRPS EN 13445-3:2015. Stvarnu vrednost određenu ispitivanjem, koja ne sme da bude veća od proračunske, treba dati u izveštaju o ispitivanju.

Ako se zahteva termička obrada, ista se sprovodi pre provere smicajnog opterećenja.

Provera smicajnog opterećenja vrši se na jednoj ili više cevi okruženih perifernim cevima.

12.0. FAZE ISPITIVANJA I PROVERE

- 12.1. Ispitivanje opreme treba da bude sprovedeno u skladu sa zahtevima inspektora proizvođača / trećeg lica. Za ekspandirane spojeve, treba sprovesti sledeće faze provere i dati izveštaje:
- a) Provera materijala cevi i cevni ploča,
 - b) Posebnu pažnju treba posvetiti dimenzijama cevi koje treba da budu u okviru specificiranih tolerancija,
 - c) Saglasnost na proceduru za sprovođenje ekspanzije.

- 12.2. Ako se koristi prethodno ustanovljena procedura isporučioaca, inspektor može zahtevati proveru njene tačnosti ili proveru pogodnosti opreme ili kontrolne jedinice za izvođenje ekspanzije. Vremenom, oprema korišćena za ekspanziranje može da promeni svoje karakteristike i inspektor može zahtevati njenu proveru uz proveru postojeće procedure.
- 12.3. Ako se sprovodi provera procedure (postupka), inspektor treba da proveri sve pripreme za ispitivanje.
- 12.4. Kada se izbuše i razvrte otvori za cevi u cevnoj ploči i formiraju žlebovi, treba proveriti sve otvore u smislu:
- a) Rasporeda cevi;
 - b) Normalnosti otvora za cevi u odnosu na površinu cevne ploče, cirkularnosti sa paralelnim stranicama, postojanje zareza, položaj i dimenzije žlebova, i hrapavosti površina koja treba da bude najmanje 1.6 mikrona (u proseku) ili bolja;
 - c) Provere cevi i njihovih krajeva pre formiranja sklopa i pre početka uvaljivanja;
 - d) Usaglašavanja sa redosledom ekspanziranja cevi u otvore cevni ploča;
 - e) Provere distorzije cevni ploča i stanjenja cevi nakon završetka postupka ekspanziranja (mašinskog uvaljivanja);
 - f) Prisustvati pneumatskom i/ili hidrostatickom ispitivanju.

DEKLARACIJA O USAGLAŠENOSTI IZMENA

broj: _____

B.M.R. GROUP DOO, Hajduk Veljkova bb, 15000 Šabac u svojstvu proizvođača, za:

proizvod:	CEVNI SNOP sa „U“ cevima
količina:	2 komada
godina proizvodnje:	2017
tehničke karakteristike:	radni fluid: voda, grupa fluida: 2; PS = 10,3 bar, TS=93°C; V = 47 l
kategorija opreme:	II
opis:	– Dimenzije prema crtežu 50.C-300
namena:	– Ugradnja na postojeće izmenjivače toplote 50.C-300

izjavljuje da je proizvod izrađen u skladu sa zahtevima standarda:

SRPS EN 13445-4:2015 Posude pod pritiskom koje nisu izložene plamenu — Deo 4: Izrada

Deklaracija važi za pojedinačne proizvode identifikovane fabričkim brojem.

U Šapcu,
30.01.2017.

m.p.

Odgovorno lice
direktor

/ Dejan Predojević /



B.M.R. Group d.o.o. Privredno društvo za postrojenja, tehničke i cevne konstrukcije

MEHANIČKI PRORAČUN ELEMENATA CEVNOG SNOPI IZMENJIVAČA TOPLOTE 50.C-300

SADRŽAJ PRORAČUNA

Projektni uslovi	3
Slučajevi opterećenja cevne ploče	3
Dozvoljeni naponi i stepeni sigurnosti	3
Omotač	3
Cevni snop	4
Proračun cevne ploče	5
Slučaj opterećenja 1	5
Slučaj opterećenja 2	7
Slučaj opterećenja 3	9
Slučaj opterećenja 4	11
Slučaj opterećenja T0 [ispitni uslovi]	13
Slučaj opterećenja 0T [ispitni uslovi]	15
Proračun cevi cevnog snopa	17
Proračun cevi cevnog snopa na dejstvo unutrašnjeg natpritisaka	17
Proračun cevi cevnog snopa na dejstvo spoljašnjeg natpritisaka	17

Projektni uslovi

	Omotač	Cevni snop
Internal pressure :	0,103 MPa / -0,1013 MPa	1,03 MPa
Design Temperature :	343 °C	93 °C
Corrosion :	1,5 mm	1,5 mm
Test Pressure :	0,15 MPa	1,55 MPa
Test fluid spec. gravity :	1	1

Slučajevi opterećenja cevne ploče

No.	Condition	Shellside		Tubeside	
		Pressure (MPa)	Temperature (°C)	Pressure (MPa)	Temperature (°C)
01	normal	0,103	343	1,03	93
02	normal	-0,101	20	1,03	93
03	normal	0	20	1,03	93
04	normal	0,103	343	0	20
T0	test	0,15	20	0	20
OT	test	0	20	1,55	20

Dozvoljeni naponi i stepeni sigurnosti

SRPS EN 13445-3 §6

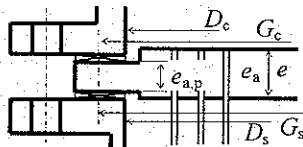
f	Nominal stress at design temperature.
$R_{m/t}$	minimum guaranteed tensile strength for the grade of material concerned at temperature.
$R_{m/20}$	Minimum guaranteed tensile strength at room temperature.
$R_{p0,2/t}$	Minimum guaranteed yield strength 0.2 % at design temperature.
$R_{p0,2/20}$	Minimum guaranteed yield strength 0.2 % at room temperature.
$R_{p1,0/t}$	Minimum guaranteed yield strength 1 % at design temperature.
$R_{p1,0/20}$	Minimum guaranteed yield strength 1 % at room/design temperature.
σ_R	Average stress to cause rupture in 100,000 hours at design temperature.

Omotač		Nominal stress at design temperature f		
		Normal Conditions f_d	Exceptional and test conditions f_{test}	Creep
Excluding bolting	Non-austenitic steel	$\min(R_{p0,2/t} / 1,5 ; R_{m/20} / 2,4)$	$R_{p0,2/t} / 1,05$	$\sigma_R / 1,5$
	Austenitic stainless steel	$\max[R_{p1,0/t} / 1,5 ; \min(R_{p1,0/t} / 1,2 ; R_{m/t} / 3)]$	$\max(R_{p1,0/t} / 1,05 ; R_{m/t} / 2)$	$\sigma_R / 1,5$
	Cast Iron	$\min(R_{p0,2/t} / 1,9 ; R_{m/20} / 3)$	$R_{p0,2/t} / 1,33$	$\sigma_R / 1,9$
	Copper	$R_{m/t} / 3,5$	$R_{m/t} / 3,5$	—
Bolts	Non-austenitic steel	$\min(R_{p0,2/t} / 3 ; R_{m/20} / 4)$	$\min(R_{p0,2/t} / 2 ; R_{m/20} / 2,67)$	$\sigma_R / 1,5$
	Austenitic stainless steel	$R_{m/t} / 4$	$\min(R_{p0,2/t} / 2,67 ; R_{m/20} /)$	$\sigma_R / 1,5$

Cevni snop		Nominal stress at design temperature f		
		Normal Conditions f_d	Exceptional and test conditions f_{test}	Creep
Excluding bolting	Non-austenitic steel	$\min(R_{p0,2t} / 1,5 ; R_{m/20} / 2,4)$	$R_{p0,2t} / 1,05$	$\sigma_R / 1,5$
	Austenitic stainless steel	$\max[R_{p1,0t} / 1,5 ; \min(R_{p1,0t} / 1,2 ; R_{m1} / 3)]$	$\max(R_{p1,0t} / 1,05 ; R_{m1} / 2)$	$\sigma_R / 1,5$
	Cast Iron	$\min(R_{p0,2t} / 1,9 ; R_{m/20} / 3)$	$R_{p0,2t} / 1,33$	$\sigma_R / 1,9$
	Copper	$R_{m1} / 3,5$	$R_{m1} / 3,5$	-----
Bolts	Non-austenitic steel	$\min(R_{p0,2t} / 3 ; R_{m/20} / 4)$	$\min(R_{p0,2t} / 2 ; R_{m/20} / 2,67)$	$\sigma_R / 1,5$
	Austenitic stainless steel	$R_{m1} / 4$	$\min(R_{p0,2t} / 2,67 ; R_{m/20} /)$	$\sigma_R / 1,5$

Proračun cevne ploče Slučaj opterećenja 1

SRPS EN 13445 §[13.4]	Plate		Tubes	Shellside	Tubeside
	Tubeside	Shellside			
Pressure	$P_t=1,03$ MPa	$P_s=0,103$ MPa			
Corrosion	$c_t=1,5$ mm	$c_s=1,5$ mm		1,5 mm	1,5 mm
Material	P265GH		Cu Zn 28 Sn 1	SA106GRB	SA106GRB
Temperature	343 °C		343 °C $(t_{t,m}=/)$	343 °C $(t_{s,m}=/)$	93 °C
Nominal stress	$f = 103,8$ MPa		$f_t = 82,6$ MPa	$f_s = 119,3$ MPa	$f_c = 147,3$ MPa
modulus of elasticity	$E = 187.560$ MPa		$E_t = 96.202,5$ MPa	$E_s = 177.840$ MPa	$E_c = 196.373$ MPa
Poisson's ratio	$\nu = 0,3$		$\nu_t = 0,3$	$\nu_s = 0,3$	$\nu_c = 0,3$
Diameter	$A = 306$ mm		$d_t=19,05$ mm	273 mm	273 mm
Thicknesses as new	24 mm		$e_t=1,24$ mm	8 mm	8 mm
Tolerance	0,8 mm			7/8 (12.5%)	7/8 (12.5%)
pattern Triangular			$N_t=64$	$OTL=240,7$ mm	$p=23,8$ mm



Configuration d

$D_s = 262$ mm
 $D_c = 262$ mm
 $h_g = 0$ mm
 Extra thickness
 (periphery) :

$G_s = 293,15$ mm
 $G_c = 293,15$ mm
 $e_s = 5,5$ mm
 Tubeside = 0 mm

$e_a = 20,2$ mm
 $e_{a,p} = 20,2$ mm
 $e_c = 5,5$ mm
 Shellside = 0 mm

[13.7] Tubesheet characteristics (with $e = e_a$)		
Diameter of perforated region	$D_0 = 2r_0 + d_t$	$r_0 = 110,827$ mm
Tube expansion depth ratio	$\rho = l_{tx}/e = 0,9$	$l_{tx} = 18,18$ mm
Ligament efficiency	basic : $\mu = (p - d_t)/p = 0,2$ or if one unperforate d lane and $U_L \leq 4p$: $\rho^* = \frac{p}{\sqrt{1 - 4 \frac{\min[(S), (4D_0 \cdot \rho)]}{\pi \cdot D_0}}}$	effective : $\mu^* = (p - d^*)/p = 0,363$ Effective Tube Pitch : $p = 28,477$ mm $d^* = \max[(d_t - 2e_t E_t/E f_t / f \rho), (d_t - 2e_t)] = 18,135$ mm Unperforated Area : $S = 13.720,14$ mm ² Center to center distance of a row : $U_L = 57$ mm
Effective elastic constants	$E = 76.875,2$ MPa	$\nu^* = 0,279$ (Fig. 13.7.8-1, Fig. 13.7.8.-2)
Bending stiffness	$D^* = (E^* \cdot e^3)/(12(1-\nu^{*2})) = 57,24708 \times 10^6$ N·mm	

minimum required thickness obtained by iteration under design case conditions : $e = 18,1$ mm $\leq e_u$

[13.4.2] Scope of application		
$e_a \geq 0,75 d_t$	$e_{a,p} \geq 0,8e$	$U_L \leq 4p$

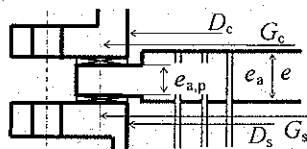
[13.4.4.3] Parameter calculation (with $e = e_a$)							
$\rho_s = G_s/D_0 = 1,218$	$\rho_c = G_c/D_0 = 1,218$	$M_{TS} = D_0^2/16 [(\rho_s-1)(\rho_s^2+1)P_s - (\rho_c-1)(\rho_c^2+1)P_t]$					
$\beta_s = \sqrt[4]{12(1-\nu_s^2)}/\sqrt{(D_s + e_s) \cdot e_s} = 0$ mm ⁻¹		$\beta_c = \sqrt[4]{12(1-\nu_c^2)}/\sqrt{(D_c + e_c) \cdot e_c} = 0$ mm ⁻¹					
$k_s = \beta_s E_s e_s^3 / 6(1-\nu_s^2) = 0$ N		$k_c = \beta_c E_c e_c^3 / 6(1-\nu_c^2) = 0$ N					
$\lambda_s = 3D_s k_s [\beta_s^2 + (\beta_s + 2/e)^2] / 2e = 0$ MPa		$\lambda_c = 3D_c k_c [\beta_c^2 + (\beta_c + 2/e)^2] / 2e = 0$ MPa					
$P_s^* = (2-\nu_s)D_s^2 P_s / (8E_s e_s)$		$P_t^* = (2-\nu_c)D_c^2 P_t / (8E_c e_c)$					
$M_{Ps} = \rho_s k_s \beta_s (1+e \beta_s) P_s^*$		$M_{Pt} = \rho_c k_c \beta_c (1+e \beta_s) P_t^*$					
$W_s = 0,2599 \times 10^6$ N		$W_c = 0,2599 \times 10^6$ N					
$h_g = \max[(h_g - c), (0)] = 0$ mm	$W_{max} = \max[W_s, W_c]$	$K = A/D_0 = 1,271$ $F = (1-\nu^*)/E (\lambda_s + \lambda_c + E \ln K) = 0,422$					
Case	P_s (MPa)	P_t (MPa)	M_{TS} (N·mm/mm)	P_s (mm)	P_t (mm)	M_{Ps} (N·mm/mm)	M_{Pt} (N·mm/mm)
1	0,000	1,030	-2.018,063	0	0	0	0
2	0,103	0,000	201,8063	0	0	0	0
3	0,103	1,030	-1.816,256	0	0	0	0

[13.4.5.1] bending moments				
$M = M_{TS} + M_{PC} - M_{PS} + W_{max}(G_c - G_s)/2\pi D_0$		$M_p = (M - D_0^2/32 F (P_s - P_t))/(1+F)$		
$M = \max(M_p , M_0)$		$M_0 = M_p + D_0^2/64 (3+\nu) (P_s - P_t)$		
Case	M (N·mm/mm)	M_p (N·mm/mm)	M_0 (N·mm/mm)	M (N·mm/mm)
1	-2.018,063	-864,9031	-3.922,048	3.922,048
2	201,8063	86,49032	392,2048	392,2048
3	-1.816,256	-778,4128	-3.529,843	3.529,843
[13.4.5.2] Bending stress				
$\sigma = 6 M / [\mu (e - h'_g)^2]$ (with $e = e_a$) $ \sigma $ shall be $\leq \sigma_a = 2f$				
[13.4.5.3] Shear stress				
$\tau = 1/(4\mu) (D_0/e) P_s - P_t $ (with $e = e_{ap}$) $ \tau $ shall be $\leq \tau_a = 0.8f$				
Case	σ (MPa)	σ_a (MPa)	τ (MPa)	τ_a (MPa)
1	158,800	207,574	15,374	83,030
2	15,880	207,574	1,537	83,030
3	142,920	207,574	13,837	83,030
Error(s) and/or Warning(s)				
The thickness is acceptable				

Slučaj opterećenja 2

SRPS EN 13445 §[13.4]	Plate		Tubes	Shellside	Tubeside
	Tubeside	Shellside			
Pressure	$P_t = 1,03 \text{ MPa}$	$P_s = -0,101 \text{ MPa}$			
Corrosion	$c_t = 1,5 \text{ mm}$	$c_s = 1,5 \text{ mm}$		1,5 mm	1,5 mm
Material	P265GH		Cu Zn 28 Sn 1	SA106GRB	SA106GRB
Temperature	93 °C		93 °C ($t_{in} = t$)	20 °C ($t_{s,m} = t$)	93 °C
Nominal stress	$f = 156,1 \text{ MPa}$		$f_t = 108,2 \text{ MPa}$	$f_s = 160,7 \text{ MPa}$	$f_c = 147,3 \text{ MPa}$
modulus of elasticity	$E = 206.560 \text{ MPa}$		$E_t = 107.571 \text{ MPa}$	$E_s = 200.350 \text{ MPa}$	$E_c = 196.373 \text{ MPa}$
Poisson's ratio	$\nu = 0,3$		$\nu_t = 0,3$	$\nu_s = 0,3$	$\nu_c = 0,3$
Diameter	$A = 306 \text{ mm}$		$d_t = 19,05 \text{ mm}$	273 mm	273 mm
Thicknesses as new	24 mm		$e_t = 1,24 \text{ mm}$	8 mm	8 mm
Tolerance	0,8 mm			7/8 (12,5%)	7/8 (12,5%)

pattern Triangular	$N_t = 64$	OTL=240,7 mm	$p = 23,8 \text{ mm}$
--------------------	------------	--------------	-----------------------



Configuration d

$D_s = 262 \text{ mm}$

$D_c = 262 \text{ mm}$

$h_g = 0 \text{ mm}$

Extra thickness
(periphery) :

$G_s = 293,15 \text{ mm}$

$G_c = 293,15 \text{ mm}$

$e_s = 5,5 \text{ mm}$

Tubeside = 0 mm

$e_a = 20,2 \text{ mm}$

$e_{a,p} = 20,2 \text{ mm}$

$e_c = 5,5 \text{ mm}$

Shellside = 0 mm

[13.7] Tubesheet characteristics (with $e = e_a$)		
Diameter of perforated region	$D_0 = 2r_0 + d_t$	$r_0 = 110,827 \text{ mm}$
Tube expansion depth ratio	$\rho = l_{tx}/e = 0,9$	$l_{tx} = 18,18 \text{ mm}$
Ligament efficiency	basic : $\mu = (\rho - d_t)/p = 0,2$ or if one unperforate d lane and $U_L \leq 4p$: $\mu^* = \frac{\rho}{\sqrt{1 - 4 \frac{\min[(S), (4D_0 \cdot \rho)]}{\pi \cdot D_0^2}}}$	effective : $\mu^* = (\rho - d^*)/p = 0,359$ Effective Tube Pitch : $p = 28,477 \text{ mm}$ $d^* = \max[(d_t - 2e_t E/E f_t / f \rho), (d_t - 2e_t)] = 18,241 \text{ mm}$ Unperforated Area : $S = 13.720,14 \text{ mm}^2$ Center to center distance of a row : $U_L = 57 \text{ mm}$
Effective elastic constants	$E = 83.605,8 \text{ MPa}$	$\nu^* = 0,279$ (Fig. 13.7.8-1, Fig. 13.7.8-2)
Bending stiffness	$D = (E \cdot e^3)/(12(1 - \nu^{*2})) = 62,2839 \times 10^6 \text{ N}\cdot\text{mm}$	

minimum required thickness obtained by iteration under design case conditions : $e = 15,2 \text{ mm} \leq e_u$

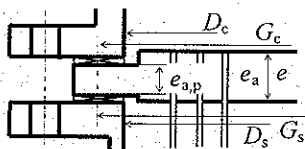
[13.4.2] Scope of application		
$e_a \geq 0,75 d_t$	$e_{a,p} \geq 0,8e$	$U_L \leq 4p$

[13.4.4.3] Parameter calculation (with $e = e_a$)							
$\rho_s = G_s/D_0 = 1,218$	$\rho_c = G_c/D_0 = 1,218$	$M_{TS} = D_0^2/16 [(\rho_s - 1)(\rho_s^2 + 1)P_s - (\rho_c - 1)(\rho_c^2 + 1)P_t]$					
$\beta_s = \sqrt[3]{12(1 - \nu_s^2)}/\sqrt{(D_s + e_s) \cdot e_s} = 0 \text{ mm}^{-1}$		$\beta_c = \sqrt[3]{12(1 - \nu_c^2)}/\sqrt{(D_c + e_c) \cdot e_c} = 0 \text{ mm}^{-1}$					
$k_s = \beta_s E_s e_s^3 / 6(1 - \nu_s^2) = 0 \text{ N}$		$k_c = \beta_c E_c e_c^3 / 6(1 - \nu_c^2) = 0 \text{ N}$					
$\lambda_s = 3D_s k_s [\beta_s^2 + (\beta_s + 2/e)^2] / 2e = 0 \text{ MPa}$		$\lambda_c = 3D_c k_c [\beta_c^2 + (\beta_c + 2/e)^2] / 2e = 0 \text{ MPa}$					
$P_s' = (2 - \nu_s) D_s^2 P_s / (8E_s e_s)$		$P_t' = (2 - \nu_c) D_c^2 P_t / (8E_c e_c)$					
$M_{Ps} = \rho_s k_s \beta_s (1 + e \beta_s) P_s$		$M_{Pt} = \rho_c k_c \beta_c (1 + e \beta_s) P_t$					
$W_s = 0,2599 \times 10^6 \text{ N}$		$W_c = 0,2599 \times 10^6 \text{ N}$					
$h_g = \max[(h_g - c_t), (0)] = 0 \text{ mm}$	$W_{max} = \max[W_s, W_c]$	$K = A/D_0 = 1,271$ $F = (1 - \nu^*)/E (\lambda_s + \lambda_c + E \ln K) = 0,427$					
Case	$P_s \text{ (MPa)}$	$P_t \text{ (MPa)}$	$M_{TS} \text{ (N}\cdot\text{mm/mm)}$	$P_s \text{ (mm)}$	$P_t \text{ (mm)}$	$M_{Ps} \text{ (N}\cdot\text{mm/mm)}$	$M_{Pt} \text{ (N}\cdot\text{mm/mm)}$
1	0,000	1,030	-2.018,063	0	0	0	0
2	-0,101	0,000	-197,8877	0	0	0	0
3	-0,101	1,030	-2.215,95	0	0	0	0

[13.4.5.1] bending moments				
$M = M_{TS} + M_{PC} - M_{PS} + W_{max}(G_c - G_s)/2\pi D_0$		$M_p = (M^* - D_0^2/32 F (P_s - P_l))/(1+F)$		
$M = \max(M_p , M_0)$		$M_0 = M_p + D_0^2/64 (3+\nu) (P_s - P_l)$		
Case	M (N·mm/mm)	M_p (N·mm/mm)	M_0 (N·mm/mm)	M (N·mm/mm)
1	-2.018,063	-855,4346	-3.913,192	3.913,192
2	-197,8877	-83,88243	-383,7208	383,7208
3	-2.215,95	-939,317	-4.296,913	4.296,913
[13.4.5.2] Bending stress $\sigma = 6 M / [\mu^* (e - h'_g)^2]$ (with $e = e_a$) $ \sigma $ shall be $\leq \sigma_a = 2f$				
[13.4.5.3] Shear stress $\tau = 1/(4\mu) (D_0/e) P_s - P_l $ (with $e = e_{ap}$) $ \tau $ shall be $\leq \tau_a = 0.8f$				
Case	σ (MPa)	σ_a (MPa)	τ (MPa)	τ_a (MPa)
1	160,085	312,134	15,374	124,854
2	15,698	312,134	1,508	124,854
3	175,783	312,134	16,882	124,854
Error(s) and/or Warning(s)				
The thickness is acceptable				

Slučaj opterećenja 3

SRPS EN 13445 §[13.4]	Plate		Tubes	Shellside	Tubeside
	Tubeside	Shellside			
Pressure	$P_t=1,03$ MPa	$P_s=0$ MPa			
Corrosion	$c_t=1,5$ mm	$c_s=1,5$ mm		1,5 mm	1,5 mm
Material	P265GH		Cu Zn 28 Sn 1	SA106GRB	SA106GRB
Temperature	93 °C		93 °C ($t_{t,m}$)	20 °C ($t_{s,m}$)	93 °C
Nominal stress	$f=156,1$ MPa		$f_t=108,2$ MPa	$f_s=160,7$ MPa	$f_c=147,3$ MPa
modulus of elasticity	$E=206.560$ MPa		$E_t=107.571$ MPa	$E_s=200.350$ MPa	$E_c=196.373$ MPa
Poisson's ratio	$\nu=0,3$		$\nu_t=0,3$	$\nu_s=0,3$	$\nu_c=0,3$
Diameter	$A=306$ mm		$d_t=19,05$ mm	273 mm	273 mm
Thicknesses as new	24 mm		$e_t=1,24$ mm	8 mm	8 mm
Tolerance	0,8 mm			7/8 (12.5%)	7/8 (12.5%)
pattern Triangular			$N_t=64$	$OTL=240,7$ mm	$p=23,8$ mm



Configuration d

$D_s=262$ mm
 $D_c=262$ mm
 $h_g=0$ mm
 Extra thickness
 (periphery) :

$G_s=293,15$ mm
 $G_c=293,15$ mm
 $e_s=5,5$ mm
 Tubeside = 0 mm

$e_a=20,2$ mm
 $e_{a,p}=20,2$ mm
 $e_c=5,5$ mm
 Shellside = 0 mm

[13.7] Tubesheet characteristics (with $e=e_a$)		
Diameter of perforated region	$D_0=2r_0+d_t$	$r_0=110,827$ mm
Tube expansion depth ratio	$\rho=l_{tx}/e=0,9$	$l_{tx}=18,18$ mm
Ligament efficiency	basic : $\mu=(p-d_t)/p=0,2$ or if one unperforate d lane and $U_L \leq 4p$: $\rho^* = \frac{p}{\sqrt{1-4 \frac{\min[(S), (4D_0 \cdot \rho)]}{\pi \cdot D_0^2}}}$	effective : $\mu^*=(p-d^*)/p^*=0,359$ Effective Tube Pitch : $p=28,477$ mm $d^*=\max[(d_t-2e_t E_t/E f_t/f \rho), (d_t-2e_t)]=18,241$ mm Unperforated Area : $S=13.720,14$ mm ² Center to center distance of a row : $U_L=57$ mm
Effective elastic constants	$E=83.605,8$ MPa	$\nu^*=0,279$ (Fig. 13.7.8-1, Fig. 13.7.8-2)
Bending stiffness	$D^*=(E^* \cdot e^3)/(12(1-\nu^{*2}))=62,2839 \times 10^6$ N·mm	

minimum required thickness obtained by iteration under design case conditions : $e=15,1$ mm $\leq e_u$

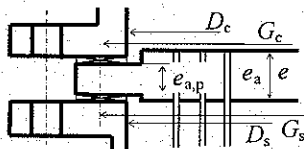
[13.4.2] Scope of application		
$e_a \geq 0,75 d_t$	$e_{a,p} \geq 0,8e$	$U_L \leq 4p$

[13.4.4.3] Parameter calculation (with $e=e_a$)							
$\rho_s=G_s/D_0=1,218$	$\rho_c=G_c/D_0=1,218$	$M_{TS}=D_0^2/16 [(\rho_s-1)(\rho_s^2+1)P_s-(\rho_c-1)(\rho_c^2+1)P_t]$					
$\beta_s=\sqrt[4]{12(1-\nu_s^2)}/\sqrt{(D_s+e_s) \cdot e_s}=0$ mm ⁻¹	$\beta_c=\sqrt[4]{12(1-\nu_c^2)}/\sqrt{(D_c+e_c) \cdot e_c}=0$ mm ⁻¹	$k_s=\beta_s E_s e_s^3/6(1-\nu_s^2)=0$ N					
$\lambda_s=3D_s k_s[\beta_s^2+(\beta_s+2/e)^2]/2e=0$ MPa	$\lambda_c=3D_c k_c[\beta_c^2+(\beta_c+2/e)^2]/2e=0$ MPa	$P_t=(2-\nu_c)D_c^2 P_c/(8E_c e_c)$					
$P_s=(2-\nu_s)D_s^2 P_s/(8E_s e_s)$	$P_t=(2-\nu_c)D_c^2 P_c/(8E_c e_c)$	$M_{Ps}=\rho_s k_s \beta_s (1+e \beta_s) P_s$					
$W_s=0,2493 \times 10^6$ N	$W_c=0,2493 \times 10^6$ N	$W_{max}=\max[W_s, W_c]$					
$h_g=\max[(h_g-c_t), (0)]=0$ mm	$h_g=\max[(h_g-c_t), (0)]=0$ mm	$K=A/D_0=1,271$ $F=(1-\nu^*)/E(\lambda_s+\lambda_c+E \ln K)=0,427$					
Case	P_s (MPa)	P_t (MPa)	M_{TS} (N·mm/mm)	P_s (mm)	P_t (mm)	M_{Ps} (N·mm/mm)	M_{Pc} (N·mm/mm)
1	0,000	1,030	-2.018,063	0	0	0	0
2	0,000	0,000	0	0	0	0	0
3	0,000	1,030	-2.018,063	0	0	0	0

[13.4.5.1] bending moments				
$M = M_{TS} + M_{PC} - M_{PS} + W_{\max}(G_c - G_s)/2\pi D_0$		$M_p = (M - D_0^2/32 F (P_s - P_l))/(1+F)$		
$M = \max(M_p , M_0)$		$M_0 = M_p + D_0^2/64 (3+\nu) (P_s - P_l)$		
Case	M (N·mm/mm)	M_p (N·mm/mm)	M_0 (N·mm/mm)	M (N·mm/mm)
1	-2.018,063	-855,4346	-3.913,192	3.913,192
2	0	0	0	0
3	-2.018,063	-855,4346	-3.913,192	3.913,192
[13.4.5.2] Bending stress				
$\sigma = 6 M / [\mu^* (e - h'_g)^2]$ (with $e = e_a$) $ \sigma $ shall be $\leq \sigma_a = 2f$				
[13.4.5.3] Shear stress				
$\tau = 1/(4\mu) (D_0/e) P_s - P_l $ (with $e = e_{ap}$) $ \tau $ shall be $\leq \tau_a = 0.8f$				
Case	σ (MPa)	σ_a (MPa)	τ (MPa)	τ_a (MPa)
1	160,085	312,134	15,374	124,854
2	0,000	312,134	0,000	124,854
3	160,085	312,134	15,374	124,854
Error(s) and/or Warning(s)				
The thickness is acceptable				

Slučaj opterećenja 4

SRPS EN 13445 §[13.4]	Plate		Tubes	Shellside	Tubeside
	Tubeside	Shellside			
Pressure	$P_t=0$ MPa	$P_s=0,103$ MPa			
Corrosion	$c_t=1,5$ mm	$c_s=1,5$ mm		1,5 mm	1,5 mm
Material	P265GH		Cu Zn 28 Sn 1	SA106GRB	SA106GRB
Temperature	343 °C		343 °C ($t_{t,m}$)	343 °C ($t_{s,m}$)	20 °C
Nominal stress	$f=103,8$ MPa		$f_t=82,6$ MPa	$f_s=119,3$ MPa	$f_c=160,7$ MPa
modulus of elasticity	$E=187.560$ MPa		$E_t=96.202,5$ MPa	$E_s=177.840$ MPa	$E_c=200.350$ MPa
Poisson's ratio	$\nu=0,3$		$\nu_t=0,3$	$\nu_s=0,3$	$\nu_c=0,3$
Diameter	$A=306$ mm		$d_t=19,05$ mm	273 mm	273 mm
Thicknesses as new	24 mm		$e_t=1,24$ mm	8 mm	8 mm
Tolerance	0,8 mm			7/8 (12.5%)	7/8 (12.5%)
pattern Triangular			$N_t=64$	$OTL=240,7$ mm	$p=23,8$ mm



Configuration d

$D_s=262$ mm
 $D_c=262$ mm
 $h_g=0$ mm
 Extra thickness
 (periphery) :

$G_s=293,15$ mm
 $G_c=293,15$ mm
 $e_s=5,5$ mm
 Tubeside = 0 mm

$e_a=20,2$ mm
 $e_{a,p}=20,2$ mm
 $e_c=5,5$ mm
 Shellside = 0 mm

[13.7] Tubesheet characteristics (with $e = e_a$)			
Diameter of perforated region		$D_0 = 2r_0 + d_t$	$r_0 = 110,827 \text{ mm}$
Tube expansion depth ratio		$\rho = l_{tx}/e = 0,9$	$l_{tx} = 18,18 \text{ mm}$
Ligament efficiency		basic : $\mu = (p - d_t)/p = 0,2$	effective : $\mu^* = (p - d^*)/p = 0,363$
$\rho^* = \frac{p}{\sqrt{1 - 4 \frac{\min[S, (4D_0 \cdot p)]}{\pi \cdot D_0^2}}}$	or if one unperforated lane and $U_L \leq 4p$:	$\rho^* = \frac{p}{\sqrt{1 - \frac{4 \cdot U_L}{\pi \cdot D_0}}}$	Effective Tube Pitch : $p = 28,477 \text{ mm}$
			$d^* = \max[(d_t - 2e_t E_t/E f_t/f \rho), (d_t - 2e_t)] = 18,135 \text{ mm}$
		Unperforated Area : $S = 13.720,14 \text{ mm}^2$	Center to center distance of a row : $U_L = 57 \text{ mm}$
Effective elastic constants		$E = 76.875,2 \text{ MPa}$	$\nu^* = 0,279$ (Fig. 13.7.8-1 , Fig. 13.7.8-2)
Bending stiffness		$D = (E \cdot e^3)/(12(1 - \nu^{*2})) = 57,24708 \times 10^6 \text{ N} \cdot \text{mm}$	
minimum required thickness obtained by iteration under design case conditions : $e = 14.29 \text{ mm} \leq e_u$			

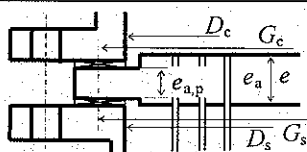
[13.4.2] Scope of application		
$e_a \geq 0,75 d_t$	$e_{a,p} \geq 0,8e$	$U_L \leq 4p$

[13.4.4.3] Parameter calculation (with $e=e_a$)							
$\rho_s=G_s/D_0=1,218$	$\rho_c=G_c/D_0=1,218$	$M_{TS}=D_0^2/16 [(\rho_s-1)(\rho_s^2+1)P_s-(\rho_c-1)(\rho_c^2+1)P]$					
$\beta_s=\sqrt[3]{12(1-\nu_s^2)}/\sqrt{(D_s+e_s) \cdot e_s}=0$ mm ⁻¹	$\beta_c=\sqrt[3]{12(1-\nu_c^2)}/\sqrt{(D_c+e_c) \cdot e_c}=0$ mm ⁻¹	$k_s=\beta_s E_s e_s^3/6(1-\nu_s^2)=0$ N					
$\lambda_s=3D_s k_s[\beta_s^2+(\beta_s+2/e)^2]/2e=0$ MPa	$\lambda_c=3D_c k_c[\beta_c^2+(\beta_c+2/e)^2]/2e=0$ MPa	$P_t=(2-\nu_c)D_c^2 P_c/(8E_c e_c)$					
$P_s=(2-\nu_s)D_s^2 P_s/(8E_s e_s)$	$M_{Ps}=\rho_s k_s \beta_s(1+e \beta_s)P_s$	$M_{Pc}=\rho_c k_c \beta_c(1+e \beta_s)P_t$					
$W_s=0,2493 \times 10^6$ N	$W_c=0,2493 \times 10^6$ N	$K=A/D_0=1,271$					
$h_g=\max[(h_g-c_t), (0)]=0$ mm	$W_{\max}=\max[W_s, W_c]$	$F=(1-\nu^*)/E (\lambda_s+\lambda_c+E \ln K)=0,422$					
Case	P_s (MPa)	P_t (MPa)	M_{TS} (N·mm/mm)	P_s (mm)	P_t (mm)	M_{Ps} (N·mm/mm)	M_{Pc} (N·mm/mm)
1	0,000	0,000	0	0	0	0	0
2	0,103	0,000	201,8063	0	0	0	0
3	0,103	0,000	201,8063	0	0	0	0

[13.4.5.1] bending moments				
$M = M_{TS} + M_{PC} - M_{PS} + W_{\max}(G_c - G_s)/2\pi D_0$		$M_p = (M^* - D_0^2/32 F (P_s - P_l))/(1+F)$		
$M = \max(M_p ; M_0)$		$M_0 = M_p + D_0^2/64 (3+\nu^*) (P_s - P_l)$		
Case	M (N·mm/mm)	M_p (N·mm/mm)	M_0 (N·mm/mm)	M (N·mm/mm)
1	0	0	0	0
2	201,8063	86,49032	392,2048	392,2048
3	201,8063	86,49032	392,2048	392,2048
[13.4.5.2] Bending stress		$\sigma = 6 M / [\mu^* (e - h'_g)^2]$ (with $e = e_a$) $ \sigma $ shall be $\leq \sigma_a = 2f$		
[13.4.5.3] Shear stress		$\tau = 1/(4\mu) (D_0/e) P_s - P_l $ (with $e = e_{ap}$) $ \tau $ shall be $\leq \tau_a = 0.8f$		
Case	σ (MPa)	σ_a (MPa)	τ (MPa)	τ_a (MPa)
1	0,000	207,574	0,000	83,030
2	15,880	207,574	1,537	83,030
3	15,880	207,574	1,537	83,030
Error(s) and/or Warning(s)				
The thickness is acceptable				

Slučaj opterećenja T0 [ispitni uslovi]

SRPS EN 13445 §[13.4]	Plate		Tubes	Shellside	Tubeside
	Tubeside	Shellside			
Pressure	$P_t=0$ MPa	$P_s=0,15$ MPa			
Corrosion	$c_t=1,5$ mm	$c_s=1,5$ mm		1,5 mm	1,5 mm
Material	P265GH		Cu Zn 28 Sn 1	SA106GRB	SA106GRB
Temperature	20 °C		20 °C $(t_{m=})$	20 °C $(t_{s,m=})$	20 °C
Nominal stress	$f = 242,9$ MPa		$f_t = 111,4$ MPa	$f_s = 229,5$ MPa	$f_c = 229,5$ MPa
modulus of elasticity	$E = 212.000$ MPa		$E_t = 110.349$ MPa	$E_s = 200.350$ MPa	$E_c = 200.350$ MPa
Poisson's ratio	$\nu = 0,3$		$\nu_t = 0,3$	$\nu_s = 0,3$	$\nu_c = 0,3$
Diameter	$A = 306$ mm		$d_t=19,05$ mm	273 mm	273 mm
Thicknesses as new	24 mm		$e_t=1,24$ mm	8 mm	8 mm
Tolerance	0,8 mm			7/8 (12.5%)	7/8 (12.5%)
pattern Triangular			$N_t=64$	$OTL=240,7$ mm	$p=23,8$ mm



Configuration d

 $D_s = 262 \text{ mm}$
$$D_c = 262 \text{ mm}$$
$$h_g = 0 \text{ mm}$$

Extra thickness

(periphery) :

$$G_s = 293,15 \text{ mm}$$
$$G_c = 293,15 \text{ mm}$$
$$e_s = 5,5 \text{ mm}$$

Tubeside = 0 mm

$$e_a = 20,2 \text{ mm}$$
$$e_{a,p} = 20,2 \text{ mm}$$
$$e_c = 5,5 \text{ mm}$$

Shellside = 0 mm

[13.7] Tubesheet characteristics (with $e = e_a$)		
Diameter of perforated region	$D_0 = 2r_0 + d_i$	$r_0 = 110,827 \text{ mm}$
Tube expansion depth ratio	$\rho = l_{tx}/e = 0.9$	$l_{tx} = 18,18 \text{ mm}$
Ligament efficiency	basic : $\mu = (p - d_i)/p = 0.2$ or if one unperforated lane and $U_L \leq 4p$:	effective : $\mu^* = (p - d^*)/p = 0.35$ Effective Tube Pitch : $p = 28,477 \text{ mm}$ $d^* = \max[(d_i - 2e_i E_i/E_f) \text{ if } \rho], (d_i - 2e_i)] = 18,515 \text{ mm}$ Unperforated Area : $S = 13.720,14 \text{ mm}^2$ Center to center distance of a row : $U_L = 57 \text{ mm}$
	$\rho^* = \frac{\rho}{\sqrt{1 - 4 \frac{\min[(S), (4D_0 \cdot \rho)]}{\pi \cdot D_0^2}}}$	$\rho^* = \frac{\rho}{\sqrt{1 - \frac{4 \cdot U_L}{\pi \cdot D_0}}}$
Effective elastic constants	$E^* = 83.009 \text{ MPa}$	$\nu^* = 0,281$ (Fig. 13.7.8-1, Fig. 13.7.8-2)
Bending stiffness	$D^* = (E^* \cdot e^3)/(12(1 - \nu^{*2})) = 61,91326 \times 10^6 \text{ N}\cdot\text{mm}$	

minimum required thickness obtained by iteration under design case conditions : $e = 14.29 \text{ mm} \leq e_u$

[13.4.2] Scope of application		
$e_a \geq 0.75 d_t$	$e_{a,0} \geq 0.8e$	$U_1 \leq 4p$

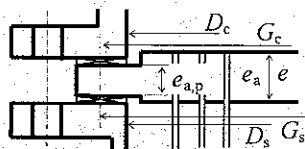
[13.4.4.3] Parameter calculation (with $e = e_a$)							
$\rho_s = G_s/D_0 = 1,218$		$\rho_c = G_s/D_0 = 1,218$		$M_{TS} = D_0^2/16 [(\rho_s-1)(\rho_s^2+1)P_s - (\rho_c-1)(\rho_c^2+1)P_t]$			
$\beta_s = \sqrt[4]{12(1-\nu_s^2)} / \sqrt{(D_s + e_s) \cdot e_s} = 0 \text{ mm}^{-1}$				$\beta_c = \sqrt[4]{12(1-\nu_c^2)} / \sqrt{(D_c + e_c) \cdot e_c} = 0 \text{ mm}^{-1}$			
$k_s = \beta_s E_s e_s^3 / 6(1-\nu_s^2) = 0 \text{ N}$				$k_c = \beta_c E_c e_c^3 / 6(1-\nu_c^2) = 0 \text{ N}$			
$\lambda_s = 3D_s k_s [\beta_s^2 + (\beta_s + 2/e)^2] / 2e = 0 \text{ MPa}$				$\lambda_c = 3D_c k_c [\beta_c^2 + (\beta_c + 2/e)^2] / 2e = 0 \text{ MPa}$			
$P_s = (2-\nu_s)D_s^2 P_s / (8E_s e_s)$				$P_t = (2-\nu_c)D_c^2 P_c / (8E_c e_c)$			
$M_{Ps} = \rho_s k_s \beta_s (1+e \beta_s) P_s$				$M_{Pc} = \rho_c k_c \beta_c (1+e \beta_s) P_t$			
$W_s = 0,2493 \times 10^6 \text{ N}$				$W_c = 0,2493 \times 10^6 \text{ N}$			
$h_g = \max[(h_g - c), (0)] = 0 \text{ mm}$		$W_{\max} = \max[W_s, W_c]$		$K = A/D_0 = 1,271 \quad F = (1-\nu)/E (\lambda_s + \lambda_c + E \ln K) = 0,441$			
Case	P_s (MPa)	P_t (MPa)	M_{TS} (N·mm/mm)	P_s (mm)	P_t (mm)	M_{Ps} (N·mm/mm)	M_{Pc} (N·mm/mm)
1	0,000	0,000	0	0	0	0	0
2	0,150	0,000	293,8926	0	0	0	0
3	0,150	0,000	293,8926	0	0	0	0

[13.4.5.1] bending moments				
$M^* = M_{TS} + M_{PC} - M_{PS} + W_{\max}(G_c - G_s)/2\pi D_0$		$M_p = (M^* - D_0^2/32 F (P_s - P_t))/(1+F)$		
$M = \max(M_p ; M_0)$		$M_0 = M_p + D_0^2/64 (3+\nu) (P_s - P_t)$		
Case	M^* (N·mm/mm)	M_p (N·mm/mm)	M_0 (N·mm/mm)	M (N·mm/mm)
1	0	0	0	0
2	293,8926	120,9464	566,5175	566,5175
3	293,8926	120,9464	566,5175	566,5175
[13.4.5.2] Bending stress		$\sigma = 6 M / [\mu^* (e - h_g)^2]$ (with $e = e_a$) $ \sigma $ shall be $\leq \sigma_a = 2f$		
[13.4.5.3] Shear stress		$\tau = 1/(4\mu) (D_0/e) P_s - P_t $ (with $e = e_{ap}$) $ \tau $ shall be $\leq \tau_a = 0.8f$		
Case	σ_t (MPa)	σ_a (MPa)	τ (MPa)	τ_a (MPa)
1	0,000	485,714	0,000	194,286
2	23,812	485,714	2,239	194,286
3	23,812	485,714	2,239	194,286
Error(s) and/or Warning(s): The thickness is acceptable				

Slučaj opterećenja 0T [ispitni uslovi]

SRPS EN 13445 §[13.4]	Plate		Tubes	Shellside	Tubeside
	Tubeside	Shellside			
Pressure	$P_t = 1,55 \text{ MPa}$	$P_s = 0 \text{ MPa}$			
Corrosion	$c_t = 1,5 \text{ mm}$	$c_s = 1,5 \text{ mm}$		1,5 mm	1,5 mm
Material	P265GH		Cu Zn 28 Sn 1	SA106GRB	SA106GRB
Temperature	20 °C		20 °C ($t_{m=}$)	20 °C ($t_{s,m=}$)	20 °C
Nominal stress	$f = 242,9 \text{ MPa}$		$f_t = 111,4 \text{ MPa}$	$f_s = 229,5 \text{ MPa}$	$f_c = 229,5 \text{ MPa}$
modulus of elasticity	$E = 212.000 \text{ MPa}$		$E_t = 110.349 \text{ MPa}$	$E_s = 200.350 \text{ MPa}$	$E_c = 200.350 \text{ MPa}$
Poisson's ratio	$\nu = 0,3$		$\nu_t = 0,3$	$\nu_s = 0,3$	$\nu_c = 0,3$
Diameter	$A = 306 \text{ mm}$		$d_t = 19,05 \text{ mm}$	273 mm	273 mm
Thicknesses as new	24 mm		$e_t = 1,24 \text{ mm}$	8 mm	8 mm
Tolerance	0,8 mm			7/8 (12.5%)	7/8 (12.5%)

pattern Triangular	$N_t = 64$	$OTL = 240,7 \text{ mm}$	$p = 23,8 \text{ mm}$
--------------------	------------	--------------------------	-----------------------



Configuration d

$D_s = 262 \text{ mm}$
 $D_c = 262 \text{ mm}$
 $h_g = 0 \text{ mm}$
 Extra thickness
 (periphery) :

$G_s = 293,15 \text{ mm}$
 $G_c = 293,15 \text{ mm}$
 $e_s = 5,5 \text{ mm}$
 Tubeside = 0 mm

$e_a = 20,2 \text{ mm}$
 $e_{a,p} = 20,2 \text{ mm}$
 $e_c = 5,5 \text{ mm}$
 Shellside = 0 mm

[13.7] Tubesheet characteristics (with $e = e_a$)		
Diameter of perforated region	$D_0 = 2r_0 + d_t$	$r_0 = 110,827 \text{ mm}$
Tube expansion depth ratio	$\rho = l_{tx}/e = 0,9$	$l_{tx} = 18,18 \text{ mm}$
Ligament efficiency	basic : $\mu = (p - d_t)/p = 0,2$ or if one unperforate d lane and $U_L \leq 4p$:	effective : $\mu^* = (p^* - d^*)/p^* = 0,35$ Effective Tube Pitch : $p = 28,477 \text{ mm}$ $d^* = \max[(d_t - 2e_t E_t/E f_t/f \rho), (d_t - 2e_t)] = 18,515 \text{ mm}$ Unperforated Area : $S = 13.720,14 \text{ mm}^2$ Center to center distance of a row : $U_L = 57 \text{ mm}$
$p^* = \frac{p}{\sqrt{1 - 4 \frac{\min[(S), (4D_0 \cdot \rho)]}{\pi \cdot D_0^2}}}$	$\rho^* = \frac{\rho}{\sqrt{1 - 4 \frac{U_L}{\pi \cdot D_0}}}$	
Effective elastic constants	$E = 83.009 \text{ MPa}$	$\nu^* = 0,281$ (Fig. 13.7.8-1, Fig. 13.7.8.-2)
Bending stiffness	$D^* = (E^* \cdot e^3)/(12(1 - \nu^{*2})) = 61,91326 \times 10^6 \text{ N}\cdot\text{mm}$	

minimum required thickness obtained by iteration under design case conditions : $e = 15,1 \text{ mm} \leq e_u$

[13.4.2] Scope of application		
$e_a \geq 0,75 d_t$	$e_{a,p} \geq 0,8e$	$U_L \leq 4p$

[13.4.4.3] Parameter calculation (with $e = e_a$)							
$\rho_s = G_s/D_0 = 1,218$	$\rho_c = G_c/D_0 = 1,218$	$M_{TS} = D_0^2/16 [(\rho_s - 1)(\rho_s^2 + 1)P_s - (\rho_c - 1)(\rho_c^2 + 1)P_t]$					
$\beta_s = \sqrt[3]{12(1 - \nu_s^2)}/\sqrt{(D_s + e_s)} \cdot e_s = 0 \text{ mm}^{-1}$	$\beta_c = \sqrt[3]{12(1 - \nu_c^2)}/\sqrt{(D_c + e_c)} \cdot e_c = 0 \text{ mm}^{-1}$	$k_s = \beta_s E_s e_s^3 / 6(1 - \nu_s^2) = 0 \text{ N}$					
$\lambda_s = 3D_s k_s [\beta_s^2 + (\beta_s + 2/e)^2] / 2e = 0 \text{ MPa}$	$\lambda_c = 3D_c k_c [\beta_c^2 + (\beta_c + 2/e)^2] / 2e = 0 \text{ MPa}$	$P_t = (2 - \nu_c) D_c^2 P_c / (8E_c e_c)$					
$P_s = (2 - \nu_s) D_s^2 P_s / (8E_s e_s)$	$M_{Ps} = \rho_s k_s \beta_s (1 + e \beta_s) P_s$	$M_{Pc} = \rho_c k_c \beta_c (1 + e \beta_s) P_t$					
$W_s = 0,2493 \times 10^6 \text{ N}$	$W_c = 0,2493 \times 10^6 \text{ N}$	$K = A/D_0 = 1,271$					
$h_g = \max[(h_g - c), (0)] = 0 \text{ mm}$	$W_{\max} = \max[W_s, W_c]$	$F = (1 - \nu^*)/E (\lambda_s + \lambda_c + E \ln K) = 0,441$					
Case	$P_s \text{ (MPa)}$	$P_t \text{ (MPa)}$	$M_{TS} \text{ (N}\cdot\text{mm/mm)}$	$P_s \text{ (mm)}$	$P_t \text{ (mm)}$	$M_{Ps} \text{ (N}\cdot\text{mm/mm)}$	$M_{Pc} \text{ (N}\cdot\text{mm/mm)}$
1	0,000	1,550	-3.036,891	0	0	0	0
2	0,000	0,000	0	0	0	0	0
3	0,000	1,550	-3.036,891	0	0	0	0

[13.4.5.1] bending moments				
$M^* = M_{TS} + M_{PC} - M_{PS} + W_{\max}(G_c - G_s)/2\pi D_0$		$M_p = (M^* - D_0^2/32 F (P_s - P_t))/1 + F$		
$M = \max(M_p , M_0)$		$M_0 = M_p + D_0^2/64 (3 + \nu) (P_s - P_t)$		
Case	M (N·mm/mm)	M_p (N·mm/mm)	M_0 (N·mm/mm)	M (N·mm/mm)
1	-3.036,891	-1.249,779	-5.854,014	5.854,014
2	0	0	0	0
3	-3.036,891	-1.249,779	-5.854,014	5.854,014
[13.4.5.2] Bending stress		$\sigma = 6 M / [\mu^* (e - h^*)^2]$ (with $e = e_a$) $ \sigma $ shall be $\leq \sigma_a = 2f$		
[13.4.5.3] Shear stress		$\tau = 1/(4\mu) (D_0/e) P_s - P_t $ (with $e = e_{ap}$) $ \tau $ shall be $\leq \tau_a = 0.8f$		
Case	σ (MPa)	σ_a (MPa)	τ (MPa)	τ_a (MPa)
1	246,062	485,714	23,136	194,286
2	0,000	485,714	0,000	194,286
3	246,062	485,714	23,136	194,286
Error(s) and/or Warning(s)				
The thickness is acceptable				

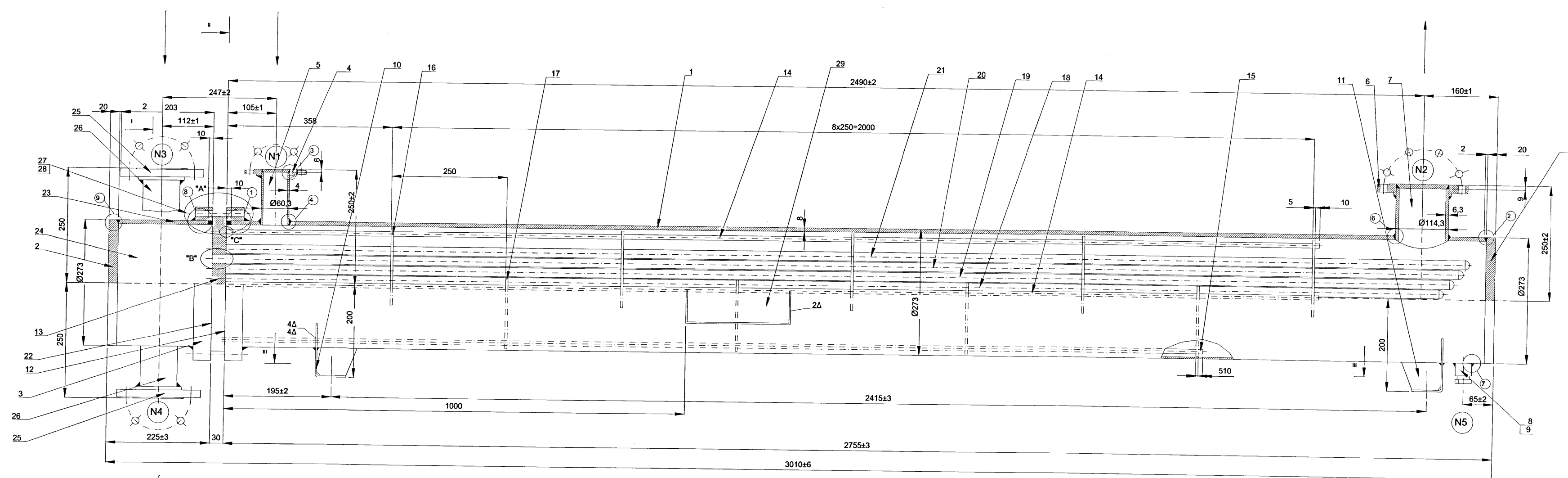
Proračun cevi cevnog snopa

Proračun cevi cevnog snopa na dejstvo unutrašnjeg natpritisaka

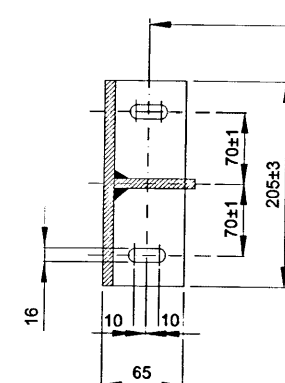
Material : Cu Zn 28 Sn 1		Seamless tube				
temperature in operation : $t = 343\text{ }^{\circ}\text{C}$	Weld joint efficiency : $z = 1$	Brass Alloy				
Nominal thickness : $e_n = 1,24\text{ mm}$	External Diameter : $D_e = 19,05\text{ mm}$	$c = \text{corrosion} + \text{tolerance}$				
$P = \text{internal pressure}$	$f = \text{Allowable stress}$	$e_a = e_n - c$				
SRPS EN 13445-3 :						
Minimum required thickness		circular stress	Maximum allowable pressure			
$e = \frac{PD_e}{2fz + P}$		$\sigma = \frac{P(D_e - e_a)}{2ze_a}$	$P_{\max} = \frac{2fze_a}{D_e - e_a}$			
	$P\text{ (MPa)}$	$f\text{ (MPa)}$	$e+c\text{ (mm)}$	$\sigma\text{ (MPa)}$	$c\text{ (mm)}$	$P_{\max}\text{ (MPa)}$
Horizontal test	1,55	111,43	0,26	12,41	0,12	13,9227
Operation	1,03	82,64	0,24	8,24	0,12	10,3242

Proračun cevi cevnog snopa na dejstvo spoljašnjeg natpritisaka

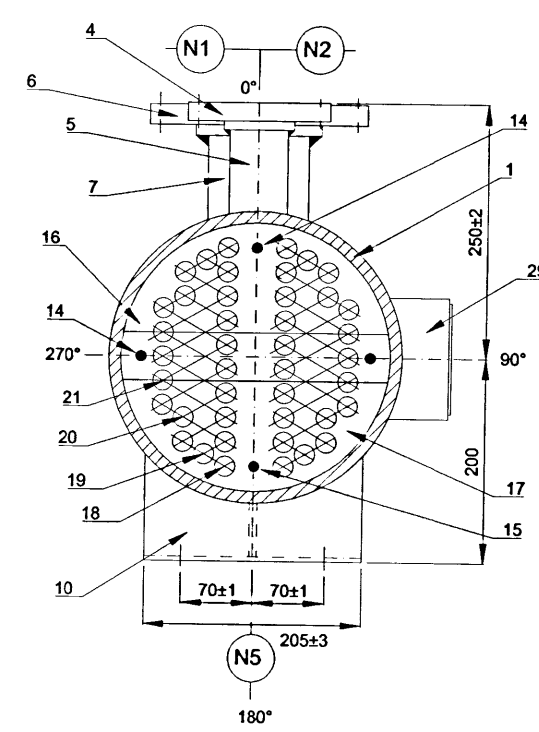
Material : Cu Zn 28 Sn 1				Seamless tube				
P = External Pressure		t = Temperature			Carbon Steel			
σ_e = nominal yield strength		E = modulus of elasticity			S = safety factor			
Analysis thickness : $e_a = 1,12$ mm		External Diameter : $D_e = 19,05$ mm			c = corrosion + tolerance			
SRPS EN 13445-3 [8.5.2.2]								
$L = 2.598,00$ mm		ε : Figure 8.5-3		n_{cyl} : Figure 8.5-4		P_r/P_y : Curve 1) Figure 8.5-5		
$R = (D_e - e_a) / 2$		$P_y = \sigma_e e_a / R$		$P_m = E e_a \varepsilon / R$		$Z = \pi R / L$		
P (MPa)	t (°C)	σ_e (MPa)	E (MPa)	S	ε	n_{cyl}	c (mm)	P_r / S (MPa)
0,15	20	168,7	110.349	1,1	0,0043	2	0,12	11,596
0,103	343	134,99	96.202,5	1,5	0,0043	2	0,12	9,4342



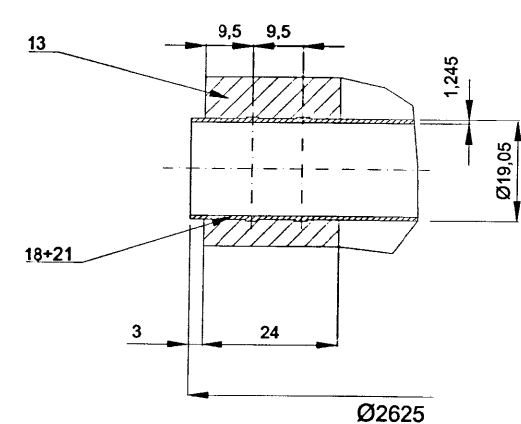
PRESEK III-III



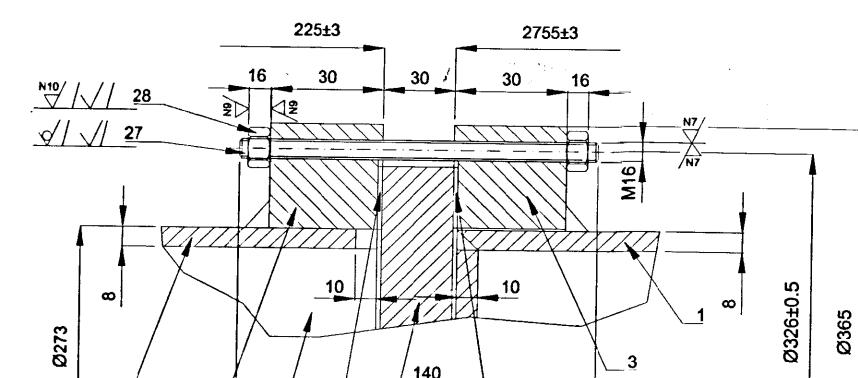
PRESEK II-II



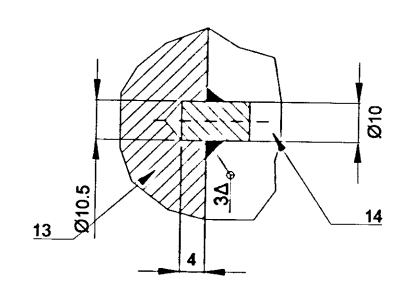
DETALJ "B"



DETALJ "A"



DETALJ "C"



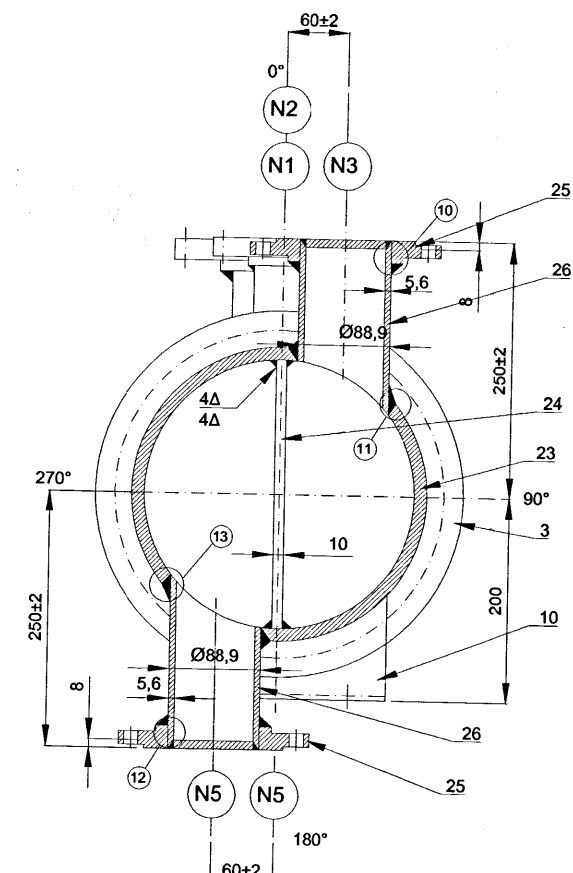
OSNOVNI TEHNIČKI PODACI		OMOTAČ	CEVNI SNOPI
RADNI FLUID		ULJE	VODA
RADNI PRITISAK	bar	1.03+P.V	10.3
PRORAČUNSKI PRITISAK	bar	1.03+P.V	10.3
HIDRO-ISPIITNI PRITISAK	bar	1.5	15.5
RADNA TEMPERATURA (ULAZ/IZLAZ)	°C		
PRORAČUNSKA TEMPERATURA	°C	343	93
NAZIVNA VELIČINA	m³		10.4
MASA	kg		
MASA PRAZNE POSUDE	kg		380
MASA POSUDE PUNE VODOM	kg		523

POZ.	KOM.	R(mm)	A(mm)	RAZVUJENA DUŽINA(mm)
18	10	28.5	2625	5330
19	9	42	2625	5404
20	8	69.7	2625	5469
21	5	90.3	2625	5534

DETALJI VAROVA					
29	NATPISNA PLOCICA SA NOSACEM	/		2	50.C-300-10
28	VISOKA NAVRTKA	24	C4730	M16 H=16	0.9
27	SVORNI VIJAK	12	C4732	M16 L=140	2.6
26	CEV	2	C1214	Ø88.9x5.6x167	3.8
25	RAVNA PRIRUBNICA	2	C1330	DN80NP10.3	7.2
24	PREGRAĐA	/	A106 Gr. B	3" SCH40x167	ANSI B 36.10
23	OMOTAC	/	A105 Gr. I	3" 150# SORF	ANSI B 16.5
22	ZAPTIVAC II	/	C1204	#10 x 255 x 205	41
POZ.	NAZIV DELA	KOM.	MATERIJAL	DIMENZIJA [mm]	MASA

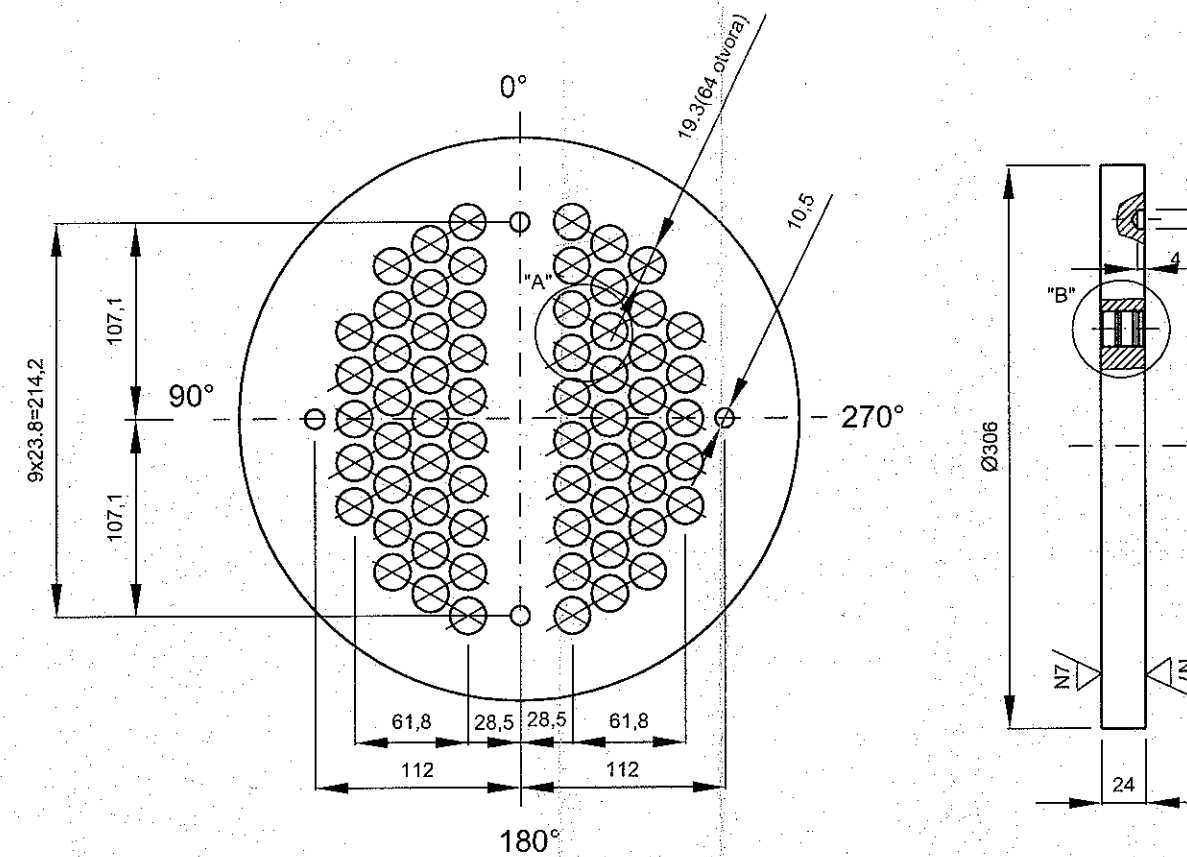
OZN.	KOM.	NAZ. VELIČINA	DIM. PRIKLJ.	TIP PRIRUB.	DIM. OJACANJA	NAMENA	PRIMEDBA
N5	/	1/2"NPT 3000"	ANSI B 16.11			PRAZNJENJE	
N4	/	DN80NP10.3	Ø88.9x5.6	RAVNA		IZLAZ VODE	
N3	/	DN80NP10.3	Ø88.9x5.6	RAVNA		ULAZ VODE	
N2	/	DN100NP10.3	Ø114.3x6.3	RAVNA		ULAZ VODENE PARE	
N1	/	DN50NP10.3	Ø60.3x4	RAVNA		ODZRACIVANJE	

PRESEK I-I



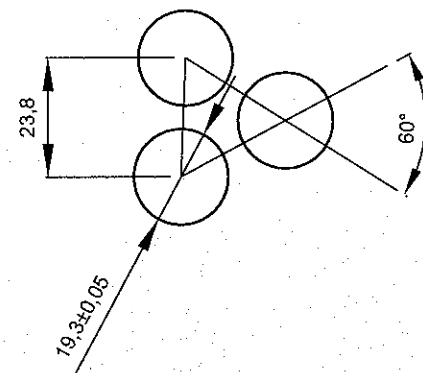
21	CEV CEVNOG SNOPA	5			15.2	
20	CEV CEVNOG SNOPA	8	CuZn28Sn1	Ø19,05x1,245x5339		
19	CEV CEVNOG SNOPA	9	CuZn28Sn1	Ø19,05x1,245x5339	24	
18	CEV CEVNOG SNOPA	10	CuZn28Sn1	Ø19,05x1,245x5339	26.7	
17	POPREČNA PREGRAĐA II	4			29.4	
16	POPREČNA PREGRAĐA I	5				
15	ODSTOJNIK	/	S235 JR.	Ø10x2127	3.2	50.C-300-7
14	ODSTOJNIK	3	S235 JR.	Ø10x2377	4	50.C-300-6
13	CEVNA PLOČA	/			10.2	50.C-300-5
12	ZAPTIVAC I	/	Tesnit unit	≠3xØ306/Ø280	0.07	
11	SEDLASTI NOSAC-NEPOKRETN	/			1.5	50.C-300-4
10	SEDLASTI NOSAC-NEPOKRETN	/			1.5	50.C-300-3
9	CEP SA NAVOJEM	/	C1531	OK22x35	0.1	
8	PRIKLJUČAK SA NAVOJEM	/	C1431	Ø29x40	0.07	ANSI B 16.11
7	CEV	/	C1214	1/2" NPT		ANSI B 16.11
6	RAVNA PRIRUBNICA	/	A106 Gr.B.	Ø114.3x6.3x126	2.1	JUS C.B5.221
5	CEV	/	C1330	4"SCH40x126	5.9	ANSI B.36.10
4	RAVNA PRIRUBNICA	/	A105 Gr I.	DN100NP10.3		ANSI B.16.5
3	RAVNA PRIRUBNICA	2	C1214	4"150#SORF	0.6	JUS C.B5.221
2	RAVNO DANCE	2	A106 Gr.B.	Ø114.3x6.3x126	2.3	ANSI B.36.10
1	OMOTAC	/	C1330	2"SCH40x119		ANSI B.16.5
POZ.	NAZIV DELA	KOM.	MATERIJAL	DIMENZIJA [mm]	MASA	BR.CRT./STAND.
KONSTR.		PREZIME		BMR GROUP D.O.O. ŠABAC		
OBRADIO		POTPIS				
CRTAO						
OVERIO						
Naziv:		ETILEN			IZDANJE:	
1:5		KONDEZATOR ZAPTIVNE PARE			Registarski broj crteža	
					50.C-300	

N9 ✓ ✓ ✓



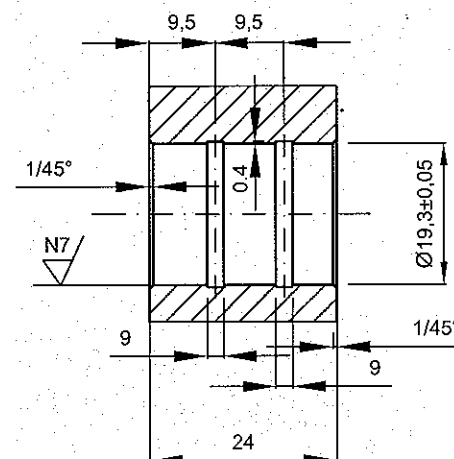
DETALJ "A"

R 1:1



DETALJ "B"

R 1:1

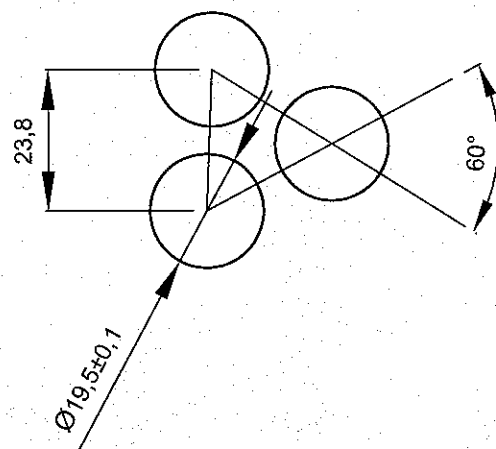


NAPOMENA:

1. Nakon masinske obrade na strugu, a pre busenja otvora izvršiti ultrazvucno ispitivanje materijala po mrežastoj metodi.

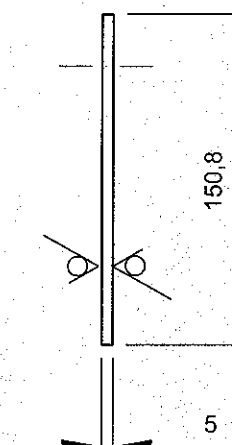
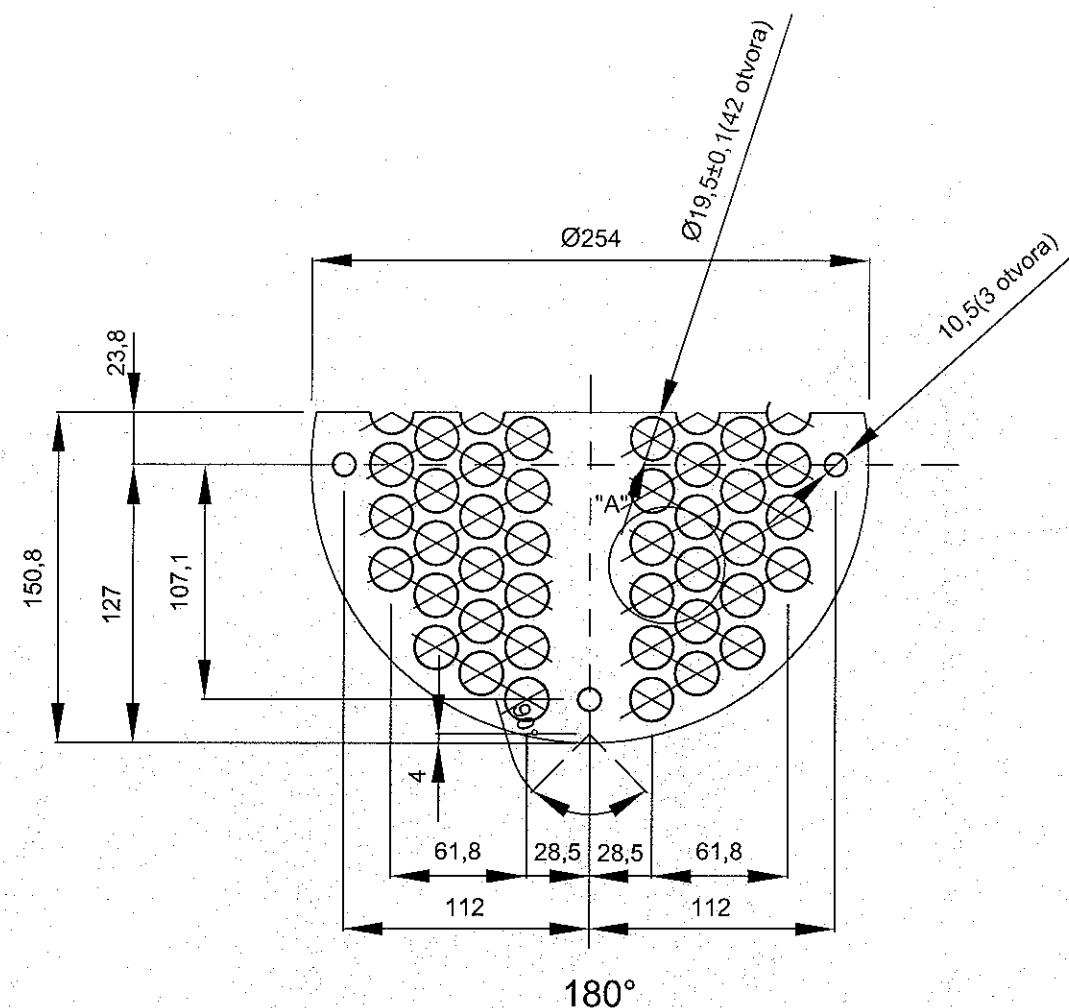
			P265 GH	#24 x Ø306	10,2	
POZ.	NAZIV DELA		KOM.	MATERIJAL	DIMENZIJA	MASA
KONSTR.	DATUM	PREZIME	POTPIS	D.P."HIP-PETROREMONT" PANČEVO		
OBRADIO		A. KOVAČEVIĆ				
CRTAO		I. MARTIĆ				
OVERIO		I. MAKSIMOVIĆ				
Razmere	Za: ETILEN				IZDANJE:	
1:2.5	Naziv: CEVNA PLOČA				Registarski broj crteža	
					50.C-300-5	

R 1:1



1. Ivice otvora $\varnothing 19,5 \pm 0,1$ obraditi sa $1/45^\circ$

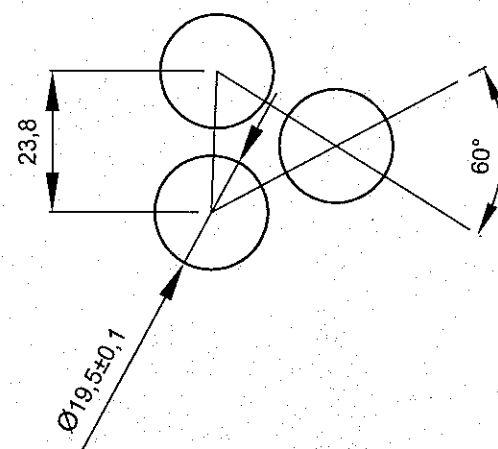
			S235 JR.	#5x150,8x254	0,8	
POZ.	NAZIV DELA	KOM.	MATERIJAL	DIMENZIJA	MASA	BR.CRT./ST.
	DATUM	PREZIME	POTPIS	D.P."HIP-PETROREMONT" PANČEVO		
KONSTR.		A. KOVAČEVIĆ				
OBRADIO		I. MARTIĆ				
CRTAO		I. MAKSIMOVIĆ				
OVERIO		D. PREDOJEVIĆ				
Razmere 1:2.5 1:1	Za:	ETILEN			IZDANJE:	
	Naziv:	PREGRADNA PLOČA I			Registarski broj crteža	
					50.C-300-6	



N9

DETALJ "A"

R 1:1



NAPOMENA:

1. Ivice otvora $\varnothing 19,5 \pm 0,1$ obraditi sa $1/45^\circ$

			S235 JR.	#5x150,8x254	0,8	
POZ.	NAZIV DELA		KOM.	MATERIJAL	DIMENZIJA	MASA
	DATUM	PREZIME	POTPIS	D.P."HIP-PETROREMONT" PANČEVO		
KONSTR.		A. KOVAČEVIĆ				
OBRADIO		I. MARTIĆ				
CRTAO		I. MAKSIMOVIĆ				
OVERIO		D. PREDOJEVIĆ				
Razmere	Za: ETILEN				IZDANJE:	
1:2.5	Naziv: PREGRADNA PLOČA II				Registarski broj crteža	
					50.C-300-7	