

**INSPEKCIJA, PROCJENE STANJA I MOGUĆNOSTI SANACIJE
VERTIKALNIH-NADZEMNIH REZERVOARA
ZA SKLADIŠTENJE DERIVATA NAFTE**

**INSPECTION, INTEGRITY ASSESSMENT AND REPAIR
POSSIBILITIES FOR VERTICAL-ABOVEGROUND
OIL STORAGE TANKS**

Ismar Hajro, doc.dr. dipl.maš.ing
Mašinski fakultet - Univerzitet u Sarajevu
Sarajevo, Bosna i Hercegovina

Adnan Ibišević dipl.maš.ing; Elvedin Buljubašić, dipl.maš.ing.
Bosna-S d.o.o. za inženjering
Sarajevo, Bosna i Hercegovina

REZIME

Jedan od zahtjeva pred Bosnom i Hercegovinom u okviru evropskih integracija je i obezbjeđenje potrebnih rezervi derivata nafte. S tim u vezi, nameće se potreba realizacije projekata sanacije nekoliko postojećih nadzemnih terminala, odnosno primarno opreme za skladištenje derivata nafte - vertikalnih-nadzemnih rezervoara. Praktično, nameće se potrebno za jednom detaljnom analizom postojećeg stanja, praćenom procjenom pogodnosti za dalju upotrebu uz zahtijevani nivo sanacije. U radu su prikazani osnovni principi i metode inspekcije i ispitivanja, te okvirne smjernice za kriterije prihvatljivosti, sa konačnim naznakama za moguće tipove sanacija. Obzirom da u trenutno važećoj domaćoj tehničkoj regulativi ne postoje pravilnici, standardi i specifikacije koje u potpunosti tretiraju ovu vrstu aktivnosti, nameće se potreba pravovremenog informisanja šire javnosti o dostupnoj inostranoj regulativi koja se već dugi niz godina uspješno koristi u industriji nafte.

Ključne riječi: inspekcija, procjena, sanacija, rezervoari za naftu.

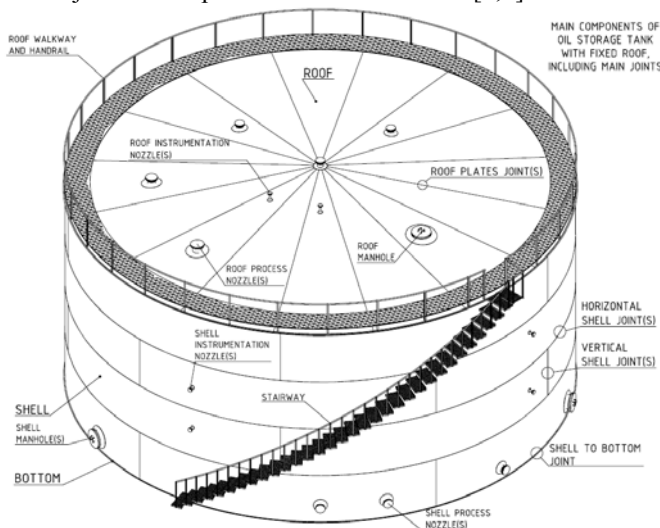
ABSTRACT

The one requirement, among many, for European integration process of Bosnia and Herzegovina is provision of sufficient oil products reserves. Therefore, there is a necessity for numerous reconstruction projects of aboveground oil terminals, or primary oil storage equipment - vertical-aboveground tanks. Practically, there is a need for one detailed analysis of existing condition, followed with fitness-for-service assessment, including required level of reconstruction. The paper presents basic principles and inspection methods, as well as general guidelines for acceptance criteria, with final remarks regarding possible repair solutions. Due to the fact that there is no domestic technical codes, standards and specifications which defines any of mentioned activities, there is a serious need to introduce to domestic audience an available international standards which have been successfully in use for many years in oil industry.

Key words: inspection, assessment, reconstruction, oil storage tank.

1. VERTIKALNI-NADZEMNI REZERVOARI ZA SKLADIŠTENJE NAFTE

Vertikalni-nadzemni rezervoari ili spremnici za skladištenje derivata nafte sastavni su dio naftnih terminala, a projektuju se i izrađuju kao zavarene čelične konstrukcije prema važećim standardima i specifikacijama, od kojih su najzastupljeniji američki API 650 [1], i evropski EN 14015 [2]. Uvažavajući brojne izvedbe i tipove vertikalnih-nadzemnih rezervoara za naftu, bitno je razlikovati one sa fiksnim krovom i/ili plivajućim krovom; te atmosferske (malog unutrašnjeg pritiska) ili povišenog radnog pritiska (<500 mbar). Kako god, precizne definicije su date u predmetnim standardima [1,2].



Slika 1. Osnovne komponente vertikalnih-nadzemnih rezervoara [3]

S275 (prema EN 10025). U principu, kompletna izvedba rezervoara je zavarena, kombinacijom ugaonih (preklopnih; uglavnom za podnicu i krov) i sučeonih spojeva (obavezni za plašt). Najčešće, većina poslova zavarivanja se izvodi u montažnim uslovima, pa izgradnja rezervoara predstavlja vrlo često izazov za inženjere i tehnologe, bez obzira što je riječ o uglavnom dobro zavarljivim osnovnim materijalima. Ovo posebno dolazi do izražaj kod velikih rezervoara čije dimenzije mogu prelaziti 60 metara u prečniku i preko 20 metara u visinu, odnosno sa skladišnom zapreminom i do 60.000 m³, i sa više stotina tona ugrađenog čelika. Bitno je istaći da se radi osiguranja pouzdanog radnog vijeka, najčešće kao zahtjev klijenta ili operatera, nadzemni-vertikalni rezervoari zaštićuju jednom optimalnog kombinacijom anti-korozivnih premaza, katodnom zaštitom i odgovarajućim dodatkom na koroziju (zajedno AKZ; anti-korozivna zaštita). Naravno, pouzdan, siguran i funkcionalan rad nadzemnih-vertikalnih rezervoara ne bi se mogao zamisliti bez brojne mjerno-regulaciono-sigurnosne opreme, poput dišnih ventila, mjerača nivoa, automatski reguliranih ventila (armatura), te sistema za protu-požarnu zaštitu (PPZ; najčešće kao odvojeni sistemi vode za hlađenje i pjene).

2. USLOVI EKSPLOATACIJE I MEHANIZMI DEGRADACIJE

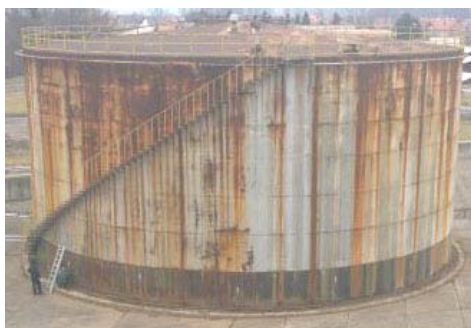
Osnovni uslovi eksploatacije, odnosno različita opterećenja konstrukcije su određeni jasno u projektnim standardima [1,2], i najmanje podrazumijevaju i moraju uzeti u obzir: a) hidrostatičko opterećenje uslijed uskladištenog produkta; b) opterećenje uslijed unutrašnjeg pritiska (iako relativno mali pritisak, značajno određuje pristup projektovanju); c) opterećenje vjetrom u smislu narušavanja dovoljne krutosti i stabilnosti (protiv prevrtanja); d) seizmičko opterećenje (uslijed zemljotresa); e) elektro-kemijsko (korozivno) opterećenje za uskladišteni

Glavne komponente i elementi vertikalnih-nadzemnih rezervoara su prikazane na Sl. 1, od čega posebno treba izdvojiti tri osnovne: podnicu, plašt i krov [3].

Najčešće korišteni materijal za izgradnju je opšti konstrukcioni nelegirani čelik, pri čemu samo u slučaju plašta ima smisla koristiti čelike povišene čvrstoće u cilju smanjenja mase. Tako, u slučaju podnice i krova uglavnom je razumno usvojiti čelik klase čvrstoće poput S235 do

produkt (indirektno uzeto u obzir kroz dodatak na koroziju). Tako zapravo, sa aspekta naponsko-deformacionog stanja, najopterećenije elemente konstrukcije vertikalnih-nadzemnih rezervoara predstavljaju plašt i obodni prsten podnice, dok su centralni dio podnice i pločevina krova znatno manje opterećeni (moguća usporedba sa membranom). Dodatno, obzirom na opterećenje uslijed vjetra rezervoari moraju biti ukrućeni najmanje na vrhu plašta (vjetrovnim vršnim ili ivičnim ukrućenjem), a ne rijetko i dodatnim (sekundarnim) ukrućenjem na određenoj visini plašta. Također, bitan aspekt projektovanja rezervoara predstavlja provjera na prevrtanje, odnosno osiguranje potrebne stabilizirajuće mase koja se suprotstavlja relativno velikom (projektom) momentu prevrtanja vjetrom u kombinaciji sa podizanjem uslijed unutrašnjeg pritiska. Ovdje se projektanti praktično mogu naći pred jednim izazovom: da li koristiti visoko-čvrste čelike za plašt radi smanjenja mase ili koristiti čelike manje čvrstoće, time i veće mase plašta radi osiguranja potrebne stabilnosti. Drugačije, vertikalne-nadzemne rezervoare neophodno je ankerisati. Važno je istaći, da se prema projektnim standardima [1,2] ova stabilnost provjerava za principijelno dva uslova: (1) kada je rezervoar prazan (nepovoljan slučaj); i (2) kada je rezervoar do pola napunjen produktom (povoljan slučaj, uglavnom zadovoljavajuće stabilnosti).

Jasno je da u toku eksploatacije vertikalni-nadzemni rezervoari trpe brojna i istovremeno kombinirana opterećenja [4,5,6,7]. Ipak jedno opterećenje posebno narušava integritet rezervoara, a to je korozija (Sl. 2 i 3). Naime, lokalnim i/ili opštim gubitkom materijala uslijed korozije, čelična konstrukcija rezervoara gubi pouzdanost u smislu da se povećavaju radna opterećenja, a eventualnim probojima značajno narušava sigurnost, gubi uskladišteni produkt i zagađuje okolina. Iskustveno, korozija je najintenzivnija na mjestima loše AKZ, ili na mjestima potpunog odsustva iste, te na zavarenim spojevima loše kvalitete. Nije rijedak slučaj da vertikalni-nadzemni rezervoar ima curenje produkta ispod podnice, zbog proboja uslijed korozije. Naravno, danas su u važećoj internacionalnoj regulativni poznati tzv. sistemi za prevenciju curenja (RPS; eng. *Release Prevention System*), koji kombiniraju brojna projektno-izvedbena rješenja uključujući i odgovarajući sistem AKZ [4].



Slika 2. Izgled rezervoara (krov i plašt) degradiranog korozijom



Slika 3. Primjer lokalne degradacije korozijom spoja plašt-podnica

Iskustveno, potrebno je istaći i važnost optimalnog izbora AKZ. Ovdje pored kvalitetnog sistema AKZ-premaza i katodne zaštite važnu ulogu igra i dodatak na koroziju (c u [mm]). Naime, brojni proračuni u procesu projektovanja rezervoara podrazumijevaju provjeru na stanje materijala u korodiranom stanju, ili za barem određeni usvojeni obim (gubitak debljine uslijed korozije), kada se suštinski uglavnom ne može računati na dodatak na koroziju. Tako na primjer, uočeno je da rezervoari ukupne ugradbene mase od cca. 60 tona, mogu uslijed korozije izgubiti i preko 6 tona iste te mase (10%), za prosječan eksploatacioni vijek od cca. 20-30 godina do prve ozbiljne sanacije, na osnovu prosječne brzine korozije od 0,05-0,10

mm/god. Naravno je ovo jedan ekstreman slučaj, uglavnom kao posljedica loše prakse održavanja rezervoara. Na žalost sam gubitak ukupne mase uslijed korozije nije „usamljen“, već za sobom vuče brojne druge probleme, poput povećanja naponskog stanja i eventualnih deformacija uslijed smanjenja debljine ili gubitka potrebne stabilnosti i krutosti, što u konačnici značajno narušava integritet konstrukcije rezervoara.

Prema tehničkoj regulativi, sljedeće se smatra najčešćim uzrocima curenja podnica rezervoara, a koji dalje zahtijevaju odgovarajući nivo sanacije [4,6,7]:

- unutrašnja piting korozija i brzina piting korozije.
- korozija zavarenih spojeva (metala šava i zone uticaja toplote (ZUT-a)).
- pojava rasta pukotina (u toku eksploatacije).
- naponska stanja uslijed prenošenja opterećenja od bliskih komponenti i slijeganja (deformacija) plašta.
- korozija sa strane tla rezervoara (najčešće u formi piting korozije).
- neadekvatna drenaža tla koja ima za posljedicu zadržavanje i protok drenažne vode ispod podnice rezervoara.
- nepostojanje obodnog prstena podnice kada se on zahtjeva.
- neravnomjerna slijeganja tla koja imaju za posljedicu visoke lokalizirane (zaostale) napone u pločevini poda.
- noseći vertikalni stubovi za krovne konstrukcije i ostali zavareni oslonci koji prenose suvišna (nepredviđena) opterećenja na podnicu.

3. ASPEKTI ODRŽAVANJA I INSPEKCIJA

Principe održavanja i inspekcije vertikalnih-nadzemnih rezervoara za skladištenje derivata (produkata) nafte moguće je naći u referentnoj internacionalnoj tehničkoj regulativi ili u internim standardima i specifikacijama velikih naftnih kompanija. Praktično, najpoznatiji standardni ili smjernice su američki API 653 [4] i britanski EEMUA 159 [5]. Prema istim potrebno je razlikovati: (1) vanjsku inspekciju kada je rezervoar u pogonu; i (2) kombiniranu vanjsko-unutrašnju inspekciju kada je rezervoar van pogona. Generalno, vanjska rutinska vizuelna inspekcija treba da se vrši svakih tri (3) mjeseca ne ovisno od drugih uslova, dok se detaljna kombinirana vanjsko-unutrašnja inspekcija treba vršiti u periodu od 1-20 godina u zavisnosti od uskladištenog produkta i klimatskih uslova. Tako na primjer, za rezervoar u kojem se skladišti kerozin u klimatskim uslovima sa umjerenom klimom sa čestom kišom i vjetrom, detaljna vanjsko-unutrašnja inspekcija bi se trebala vršiti najmanje svakih deset (10) godina [4,5]. Pri navedenim inspekcijama potrebno je vršiti brojna i kombinirana ispitivanja bez razaranja (IBR), a to su najčešće ona kako je prikazano u Tab. 1.

Tabela 1. Metode ispitivanja bez razaranja (IBR) u cilju inspekcije [4,5]

Primjenjive metode IBR za osnovne komponente rezervoara	Vanjska inspekcija (u pogonu)	Vanjsko-unutrašnja inspekcija (van pogona)
Podnica	VT ...AE	VT, MFL+UT, MT, VB
Plašt	VT, UT ...AE	VT, MT, UT, RT
Krov	VT, UT ...AE	VT, UT
VT-vizualno ispitivanje; UT-ultrazvučno ispitivanje-mjerenje preostale debljine; MFL-ispitivanje intenziteta korozije magneto-fluksom; VB-ispitivanje nepropusnosti zavarenih spojeva vakuum papučom; AE-akustična emisija; MT-ispitivanje magnetnim česticama; RT-radiografsko ispitivanje		

Izbor metode i odgovarajuće opreme može znatno biti određen mogućnostima ispitnog tijela ili institucije nominirane za inspeksijske poslove. Također, sa stalnim tehnološkim napretkom i razvojem novih metoda i opreme za ispitivanja bez razaranja, danas su dostupni različiti specijalizirani i efikasni sistemi i oprema za praćenje i snimanje stanja integriteta rezervoara (Sl. 7) [10]. Naravno bitno je razumjeti suštinsku svrhu ovih inspekcija, a to je prije svega:

- mjerenje preostale debljine osnovnih komponenti rezervoara, redom plašta, krova i podnice;
- detekcija bilo kakvih anomalija, grešaka i nesavršenosti koji značajno mogu narušiti integritet konstrukcije, poput pojave deformacija, inicijacije i rasta pukotina i slično.

Naravno, vizualno ispitivanje (VT) je primarno i ključno (Sl. 4), i na osnovu rezultata istog se određuje dalji obim primjene ostalih metoda za detekciju površinskih ili zapreminskih nesavršenosti i grešaka. U nastavku ili kombinirano primjenjuje se ultrazvučno mjerenje preostale debljine (UT). Teoretski gledano, sa UT je potrebno izmjeriti preostalu debljinu kompletne površine plašta i podnice, ali realno naročito kada se radi o ručnim UT mjeracima (sa mjerenjem u jednoj tački) isto se vrši prema tzv. referentnoj mreži. Ista se definira na osnovu preporuka [3,4] i zavisi od dimenzija rezervoara. Ipak, danas su već dostupni sofisticirani automatski UT skeneri, bilo ručno vođeni ili sa samohodnim mehanizmom, koji praktično mogu relativno brzo snimiti kompletnu površinu plašta i krova (Sl. 5). Naravno ovakvim UT mjerenjem se ne snima kvaliteta zavarenih spojeva, bilo sučeonih na plaštu, ili preklopnih na krovu, već samo preostala debljina. Zavareni spojevi se principijelno ispituju prvo 100% VT, te dodatno po potrebi nekom od metoda za detekciju zapreminskih grešaka i nesavršenosti za sučeone spojeve plašta (najčešće sa RT-radiografskim ispitivanjem ili UT-ultrazvučnim ispitivanjem). Sa druge strane, preklopne spojeve krova je sasvim dovoljno ispitati 100%VT, ako je riječ o atmosferskim rezervoarima.

Ispitivanja podnice podrazumijevaju mjerenje preostale debljine, najčešće u kombinaciji MFL+UT (Sl. 6), ili samo sa UT na referentnoj mreži, te dodatno u slučaju prihvatljive preostale debljine sa VB za ugaone zavarene preklopne spojeve, i MT za ugaoni zavareni spoj plašt-podnica.

Dodatno, svi zavareni spojevi cjevovodno-procesnih priključaka se moraju ispitati MT (ugaoni spojevi) i po potrebi sa RT (sučeoni spojevi), na pojavu grešaka i nesavršenosti izvan dozvoljenih kriterija prihvatljivosti.

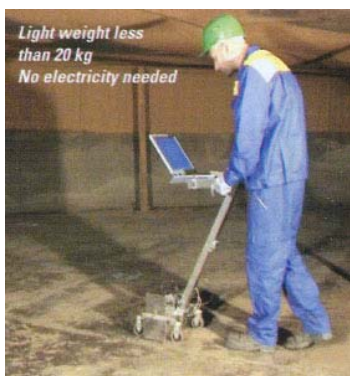
Tako, nakon svih propisanih i izvedenih IBR i akvizicije rezultata, u tzv. „ulaznoj“ fazi inspekcije postojećeg stanja, potrebno je u nastavku pristupiti procjeni stanja. Naravno, tamo gdje se otkriju anomalije, greške ili nesavršenosti koje bitno narušavaju integritet konstrukcije (izvan dozvoljenih kriterija prihvatljivosti) odmah se moraju propisati i odgovarajuće mjere sanacije istih.



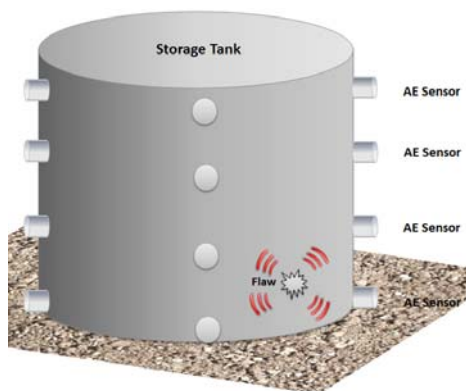
Slika 4. Primjer VT ispitivanja deformacija plašta



Slika 5. Primjer mehaniziranog UT mjerenja debljine plašta [8]



Slika 6. Primjer MFL mjerenja korozije (preostale debljine) podnice [9]



Slika 7. Princip AE i lokacije senzora za praćenje integriteta rezervoara [10]

4. OPŠTI PRINCIPI PROCJENE STANJA

Procjena stanja postojećih rezervoara se vrši na principima i kriterijima prihvatljivosti koji slijede logiku kao u fazi projektovanja (za nove rezervoare). Tako se npr. procjena stanja plašta, na osnovu prethodno snimljenih preostalih prosječnih i minimalnih debljina izvodi na sličan način kao pri projektovanju, odnosno primarno na osnovu opterećenja hidrostatičkim pritiskom. Praktično, plašt mora posjedovati minimalno prihvatljivu debljinu određenu prečnikom rezervoara, čvrstoćom materijala ili dozvoljenim naponom plašta, dubinom uskladištenog fluida i procijenjenim preostalim dodatkom na koroziju. Pojednostavljeno, sva područja plašta sa debljinom manjom od prethodno minimalno propisane nisu prihvatljive i ista se moraju sanirati na odgovarajući način. Dalje, akvizicijom preostalih prosječnih debljina ostalih elemenata konstrukcije (krova, podnice, cjevovodnih i konstrukcionih priključaka i slično) neophodno je najmanje u nastavku izvršiti i provjere na opterećenje uslijed vjetrova i zemljotresa. U okviru ovih procjena od presudnog značaja su informacije o ugrađenim materijalima i debljinama za novi rezervoar, odnosno dostupnost projekta izvedenog stanja. Iskustveno, na žalost i kao prilična otežavajuća okolnost za procjenitelje, klijenti ili operateri uglavnom ne posjeduju tehničku dokumentaciju izvedenog stanja, što dalje aktivnosti procjene stanja čini u određenoj mjeri kompliciranom.

Naravno, pored plašta sljedeći bitan element konstrukcije rezervoara kojem se mora posvetiti posebna pažnja je podnica kao i spoj plašta sa podnicom (uglavnom izveden kao obostrani ugaoni zavareni spoj) uz napomenu da je detaljna inspekcija podnice moguća jedino u situaciji kada je rezervoar van pogona i detaljno očišćen. Dok je obodni prsten podnice, najčešće u izvedbi sučeono zavarenih ploča i sa nešto većim potrebnim debljinama, to je centralni dio podnice najčešće u izvedbi preklopno zavarenih ploča sa manje potrebnom debljinom i više u funkciji membrane prema nosivom tlu. Dodatno, stanje podnice se provjerava u odnosu na nosivi temelj, a posebice na eventualna slijeganja i ugibe. Tako, bilo kakva prevelika slijeganja ili deformacije u obodnom prstenu podnice značajno povećavaju naponsko stanje i narušavaju integritet spoja plašt-podnica. Za ove procjene od značajne pomoći može biti jedno detaljno geodetsko snimanje.

Kada je u pitanju krov bitno je napraviti razliku između pločevine krova i eventualne noseće konstrukcije krova, naravno u zavisnosti od tipa krova. U slučaju rezervoara sa fiksnim krovom, za pločevinu krova se uglavnom toleriše nešto veći nivo korozije (ili manja preostala debljina) u odnosu na plašt i obodni prsten podnice, dok noseća konstrukcija mora imati pouzdanu nosivost i krutost. Principijelno, da bi se zadržala postojeća konstrukcija krova, uz

manje lokalne sanacije, toleriše se nivo korozije do 25% od originalno izvedbene debljine elemenata noseće konstrukcije.

Nakon provjere plašta, podnice i krova, sljedeće bitne komponente konstrukcije rezervoara za procjenu stanja su cjevovodno-procesni priključci plašta i krova. Kod istih se principijelno provjeravaju preostale debljine cijevnih priključaka, limova ojačanja i prirubnica, te pridruženi zavareni spojevi.

Za sve potrebne procjene obimni kriteriji prihvatljivosti su jasno definirani u referentnoj tehničkoj regulativi [1,2,3,4], dok klijent ili operater može specificirati i strožije kriterije. Ovdje ipak treba skrenuti pažnju na određene probleme u tumačenju i upotrebi kriterija za rezervoare izgrađene prije 20-30 godina i u tom trenutku primjenjive projektne standarde, sa kriterijima u najnovijim izdanjima tehničke regulative (bilo projektnih standarda ili standarda i specifikacija za procjenu stanja), kao i na probleme u nedostatku lokalnih ili nacionalnih aneksa na projektne standarde. Ovdje se prvenstveno misli na procjenu specifičnih opterećenja poput snijega, vjetrova i zemljotresa, za potrebe daljih provjera.

5. OPŠTI PRINCIPI SANACIJE

Okvirne smjernice za sanaciju na osnovu snimljenih oštećenja i degradacija materijala elemenata rezervoara date su u referentnoj tehničkoj regulativi [1,2,3,4]. Principijelno treba razlikovati, u zavisnosti od vrste i obima oštećenja sljedeće vrste sanacija:

- kompletna zamjena novim materijalom: npr. zamjena jednog ili više prstena plašta uslijed značajnog smanjenja debljine ispod minimalno prihvatljive (Sl. 8);
- lokalna zamjena novim materijalom (umetci): npr. sučeono zavarivanje umetka lima originalne debljine u zonama plašta sa lokalnim većim oštećenjem;
- lokalno krpljenje (zakrpe) tzv. limovima ojačanja: npr. zavarivanje ugaonim spojem preklopnih limova ojačanja (zakrpa) po obimu preko lokalnih manjih oštećenja.
- navarivanje: lokalnih i izdvojenih manjih oštećenja kada nije racionalno izvoditi popravku krpljenjem; i
- nanošenje metalnim česticama ojačanih epoksi premaza; npr. kao alternativa za prethodna dva tipa oštećenja kada se želi izbjeći unošenje toplote i dodatni problemi uslijed primjene zavarivanja (Sl. 9).



Slika 8. Primjer kompletne zamjene novim materijalom dva gornja prstena plašta



Slika 9. Primjer lokalnih popravki primjenom metalnim česticama ojačanih epoksi premaza [11]

6. ISKUSTVENE SPOZNAJE I ZAVRŠNI KOMENTARI

Bazirano na višegodišnjem iskustvu u kombiniranim poslovima projektovanja, procjene stanja i sanacije vertikalnih-nadzemnih rezervoara za skladištenje derivata nafte, bitno je istaći neke specifične spoznaje, čije pravovremeno prepoznavanje i razumno tehničko rješavanje,

posebice u odnosu klijent (operater) - procjenitelj i/ili inspektor - izvođač sanacionih radova, može pomoći u svim budućim projektima:

- vrlo često klijent ili operater ne posjeduje tehničku dokumentaciju ili mašinski projekat izvedenog stanja što dalje procjene može učiniti prilično otežanim;
- iako dostupna internacionalna regulativa jasno propisuje obaveze klijenta (operatera) i procjenitelja i/ili inspektora, kao i izvođača radova, u smislu obima i vrste minimalno potrebne tehničke dokumentacije, odgovornosti i zahtjevi prema istoj se u praksi u određenoj mjeri brkaju i miješaju;
- nedostatka jednog sveobuhvatno iskustva domaćih institucija u poslovima projektovanja, specifične primjene ispitivanja bez razaranja, procjene stanja, praćeno nedostatkom sofisticirane i efikasne opreme za brojna IBR;
- relativno visoka cijena angažmana po internacionalnoj regulativi certificiranih inspektora [4,5], kao i neprepoznavanje i neusklađenost istih sa domaćom važećom tehničkom regulativom;
- razlike u principima projektovanja, tehničkim uslovima i kriterijima prihvatljivosti i neusklađenost tehničke regulative iz perioda izgradnje rezervoara sa aktuelnom (najnovijom) za rezervoare koji su bili u eksploataciji i preko 30 godina.

Kako god, poslove inspekcije i procjene stanja vertikalnih-nadzemnih rezervoara u trenutnim bosansko-hercegovačkim uslovima, sa jasnim smjernicama za eventualne sanacije [4,5] trebaju vršiti timovi iskusnih i obučenih kadrova, od projekatana, preko IBR osoblja, do inženjera ili po mogućnosti inspektora specijalista zavarivanja (IWE/IWI), uključujući i odgovarajuće osoblje inspektorata tehničke inspekcije. Dobra koordinacija i detaljno planiranje svih aktivnosti, od jasnog definiranja svih tehničkih uslova, poput kriterija prihvatljivosti, metoda procjene i proračuna, do preporuka za sanaciju, uključujući i potrebna ispitivanja nakon sanacije (neposredno pred puštanje u pogon) je od presudne važnosti.

7. LITERATURA

- [1] API 650, Welded Steel Tanks for Oil Storage, American Petroleum Institute, 2011.
- [2] EN 14015, Specification for the design and manufacture of site built, vertical, cylindrical, flat-bottomed, above ground, welded, steel tanks for the storage of liquids at ambient temperature and above, CEN, 2004.
- [3] I. Hajro, D. Hodžić; Basic comparison of selected structural steel strength influence on total welding fabrication costs of oil storage tanks, Proceedings of 12th International research/expert conference on trends in the development of machinery and associated technology: TMT 2008, Istanbul, Turkey, 26-30 August, ISBN 9958-617-21-8, 2008.
- [4] API 653, Tank Inspection, Repair, Alteration, and Reconstruction, American Petroleum Institute, 2013.
- [5] EEMUA 159, Users' Guide to the Inspection, Maintenance and Repair of Above Ground Vertical Cylindrical Steel Storage Tanks, EEMUA - The Engineering Equipment and Materials Users' Association, 2003.
- [6] API 575, Inspection of Existing Atmospheric and Low-pressure Storage Tanks, American Petroleum Institute, 2005.
- [7] API 571, Damage Mechanisms Affecting Fixed Equipment in the Refining Industry, American Petroleum Institute, 2003.
- [8] Ultrasonic Thickness Inspection of Above Ground Tank, TesTex; www.testex-ndt.com ; 2014.
- [9] Brošura TST-27 Tank Scanning Tool, CorrocontGroup; www.corrocont.com ; 2014.
- [10] Dokumentacija TrokutTest-a o primjerni ispitivanja akustičnom emisijom (AE) vertikalnih-nadzemnih rezervoara, TrokutTest; www.trokuttest.com ; 2013.
- [11] Primjeri popravki iz petrokemijske industrije, Spremnici i tankvane - Belzona 1111 i Belzona 3111, Belzona; www.belzona.hr ; 2013.