

Republički zavod za standardizaciju i metrologiju  
Banja Luka

**ANALIZA POREĐENJA REZULTATA BAŽDARENJA HORIZONTALNIH  
CILINDRIČNIH REZERVOARA METODAMA GEOMETRIJE,  
VOLUMETRIJE I LASERSKOG SKENIRANJA**

Izradili: Drago Bijelić, dipl.inž.

Nedeljko Beneuz, dipl.inž.



Verifikovao: Nikola Đukić, dipl.inž.

Banja Luka, 02.10.2015. god.

## SADRŽAJ

1. Zadatak
2. Uvod
3. Učesnici poređenja
4. Termini i definicije
5. Kratak opis metoda
  - 5.1. Geometrijska metoda (ručna i elektro-optička)
  - 5.2. Volumetrijska metoda
6. Prethodni uslovi za pristupanje baždarenju
7. Zapisnici i tabele zapremine
8. Numerička analiza rezultata i dijagrami
9. Završna razmatranja
  - 9.1. Uočeno stanje
  - 9.2. Analiza rezultata dobijenih numeričkom analizom i dijagrama
  - 9.3. Zahtjevi standarda BAS ISO 12917-2
  - 9.4. Preporuke
10. Zaključak
11. Literatura

### 1. Zadatak

Izvršiti poređenje rezultata baždarenja horizontalnih cilindričnih, rezervoara i analizu poređenja. Rezultate generisati geometrijskom (ručna i elektro-optička) i volumetrijskom metodom. Za referentne podatke uzeti podatke dobijene volumetrijskom metodom. Priložiti zapisnike baždarenja, tabele zapremine, numeričku analizu i dijagrame poređenja. Na kraju dati zaključak sa uočenim zapažanjima i preporuke za dalji rad.

### 2. Uvod

Republički zavod za standardizaciju i metrologiju je, u dogovoru sa zainteresovanim stranama, organizovao da se izvrši baždarenje horizontalnih, cilindričnih rezervoara, na više lokacija i na više rezervoara, geometrijskom (ručna i elektro-optička) i volumetrijskom metodom. Korišćene su lokacije i rezervoari koji su imali redovno baždarenje volumetrijskom metodom, na kojima je urađeno još baždarenje geometrijskom (ručna i elektro-optička) metodom. Ručna geometrijska metoda je rađena prema standardu BAS ISO 12917-1, elektro-optička geometrijska metoda je rađena prema standardu BAS ISO 12917-2 a volumetrijska metoda je rađena prema standardu BAS ISO 4269.

Obavljeno je baždarenje sljedećih rezervoara sa tri navedene metode:

R. br.	Vlasnik i mjesto rezervoara	Oznaka rezervoara	Registarski broj	Nazivna zapremina
1.	„Nestro Petrol“ a.d., Banja Luka – b/s „Gradiška“	R4	RS 5599	50 m <sup>3</sup>
2.	„Nestro Petrol“ a.d., Banja Luka – b/s „Balkana“	R3	RS 5764	20 m <sup>3</sup>
3.	„Nestro Petrol“ a.d., Banja Luka – b/s „Balkana“	R4	RS 5765	10 m <sup>3</sup>
4.	„Nestro Petrol“ a.d., Banja Luka – b/s „Lazarevo“	R1	RS 5767	20 m <sup>3</sup>
5.	„Nestro Petrol“ a.d., Banja Luka – b/s „Lazarevo“	R2	RS 5768	40 m <sup>3</sup>
6.	„Nestro Petrol“ a.d., Banja Luka – b/s „Lazarevo“	R3	RS 5769	20 m <sup>3</sup>
7.	„Nestro Petrol“ a.d., Banja Luka – b/s „Lazarevo“	R4	RS 5770	40 m <sup>3</sup>
8.	„Nestro Petrol“ a.d., Banja Luka – b/s „Lazarevo“	R5	RS 5771	20 m <sup>3</sup>

### 3. Učesnici poredjenja

Za geometrijsku ručnu metodu:

- a) Odjeljenje za verifikaciju Banja Luka
- b) Odjeljenje za verifikaciju Bijeljina

Za geometrijsku elekto-optičku metodu:

- a) „Geocentar“ d.o.o. – Banja Luka

Za volumetrijsku metodu:

- a) „Green Tank“ d.o.o. – Gradiška
- b) „Tehnomont“ d.o.o. – Brčko

Prikaz naziva rezervoara i izvršilaca baždarenja po metodama:

R.b.	Rezervoar	Izvršilac baždarenja		
		Geometrija BAS ISO 12917-1	Geometrija (EODR) BAS ISO 12917-2	Volumetrija BAS ISO 4269
1.	„Nestro Petrol“ a.d. - Banja Luka b/s „Gradiška“ – R4	OV Banja Luka	„Geocentar“ d.o.o. Banja Luka	„Green Tank“ d.o.o. Gradiška
2.	„Nestro Petrol“ a.d. - Banja Luka b/s „Balkana“ – R3	OV Banja Luka	„Geocentar“ d.o.o. Banja Luka	„Tehnomont“ d.o.o. Brčko
3.	„Nestro Petrol“ a.d. - Banja Luka b/s „Balkana“ – R4	OV Banja Luka	„Geocentar“ d.o.o. Banja Luka	„Tehnomont“ d.o.o. Brčko
4.	„Nestro Petrol“ a.d. - Banja Luka b/s „Lazarevo“ – R1	OV Bijeljina	„Geocentar“ d.o.o. Banja Luka	„Tehnomont“ d.o.o. Brčko
5.	„Nestro Petrol“ a.d. - Banja Luka b/s „Lazarevo“ – R2	OV Bijeljina	„Geocentar“ d.o.o. Banja Luka	„Tehnomont“ d.o.o. Brčko
6.	„Nestro Petrol“ a.d. - Banja Luka b/s „Lazarevo“ – R3	OV Bijeljina	„Geocentar“ d.o.o. Banja Luka	„Tehnomont“ d.o.o. Brčko
7.	„Nestro Petrol“ a.d. - Banja Luka b/s „Lazarevo“ – R4	OV Banja Luka	„Geocentar“ d.o.o. Banja Luka	„Tehnomont“ d.o.o. Brčko
8.	„Nestro Petrol“ a.d. - Banja Luka b/s „Lazarevo“ – R5	OV Banja Luka	„Geocentar“ d.o.o. Banja Luka	„Tehnomont“ d.o.o. Brčko

### 4. Termini i definicije

**Rezervoar**, kao mjerilo zakonske metrologije, je posuda cilindričnog oblika, kružnog poprečnog presjeka, sa dva bočna dna sferičnog oblika, koji je baždaren i posjeduje Uvjerenje o ispravnosti mjerila – Tabelu zapremine rezervoara. Namijenjen je za skladištenje i mjerenje zapremine tečnosti u njemu.

**Baždarenje rezervoara** je postupak određivanja zapremine rezervoara za svaki izmjereni nivo tečnosti u njemu i izrada tabele zapremine rezervoara.

**Referentna ploča** je metalna ploča dimenzija 10x10 cm, zavarena na dno rezervoara, na mjesto koje dira letva prilikom mjerenja visine nivoa tečnosti u rezervoaru.

**Referentna tačka** je tačka sa kojom se određuje početak i kraj mjerenja, kad se tečnost prima i isporučuje, i može se nalaziti na referentnoj ploči ili na dnu rezervoara ako referentna ploča ne postoji na mjestu koje dira letva prilikom mjerenja.

**Mrtva zapremina** je zapremina rezervoara koju popuni tečnost do donje referentne ravni rezervoara, odakle počinje da se mjeri nivo. Mrtva zapremina rezervoara ne utiče na promjenu

nivoa tečnosti u rezervoaru čija se zapremina mjeri ali se koristi za izračunavanje ukupno usute količine u rezervoar. Iskazuje se kao posebna veličina u tabeli zapremine rezervoara.

**Donja referentna ravan** je horizontalna ravan u kojoj leži gornja površina referentne ploče u odnosu na koju se mjeri nivo tečnosti.

**Gornja referentna ravan** je najveća dozvoljena visina punjenja rezervoara u odnosu na donju referentnu ravan.

**EODR postupak** je postupak mjerenja unutrašnjih rastojanja elektro-optičkim postupkom prema standardu BAS ISO 12917-2.

**Referentna ciljna tačka** je fiksna tačka na unutrašnjoj površini rezervoara obilježena markerom.

**Kosa dužina** je rastojanje mjereno od elektro-optičkog instrumenta do ciljne tačke na bilo kojem dijelu rezervoara.

**Ciljna tačka** je jedna od niza tačaka na unutrašnjoj površini rezervoara koju ćemo dobiti na kraju kose dužine, pri mjerenju vertikalnih i horizontalnih uglova, korišćenjem elektro-optičkog instrumenta.

## 5. Kratak opis metoda

Baždarenje rezervoara je vršeno sljedećim metodama:

- a) ručna geometrijska metoda – prema standardu BAS ISO 12917-1
- b) elektro-optička geometrijska metoda – prema standardu BAS ISO 12917-2 i
- c) volumetrijska metoda – prema standardu BAS ISO 4269.

**5.1. Geometrijska ručna metoda** za određivanje zapremine rezervoara bazira se na standardu BAS ISO 12917-1, a koristi se u slučajevima kada su rezervoari izgrađeni u svemu prema odgovarajućim propisima i standardima, odnosno kada su pravilnog geometrijskog oblika, bez deformacija i kada je moguće izmjeriti sve geometrijske i druge veličine rezervoara neophodne za izračunavanje njegove zapremine. Geometrijska ručna metoda se može primjeniti ukoliko je razlika između bilo koja dva izmjerena prečnika cilindričnog dijela rezervoara manja od  $\pm 0.7\%$  nazivnog prečnika.

Postupak baždarenja geometrijskom ručnom metodom obuhvata pregled rezervoara iznutra, pri čemu se utvrđuju oblici bočnih danaca, postojanje deformacija, definisanje njihovog oblika, površine i predznaka (konkavan ili konveksan deformitet) kao i sprovođenje neophodnih mjerenja što se evidentira u propisani zapisnik.

Izmjerene veličine pri snimanju rezervoara ne mogu se direktno koristiti za izradu tabela zapremine. Podatke iz zapisnika o snimanju treba srediti i unijeti u malu tabelu na desnoj strani zapisnika, odakle se unose u program za izračunavanje tabela zapremine.

Za rezervoare koji imaju bočna danca u obliku kupe, u program je potrebno unijeti 11 parametara a za rezervoare koji imaju bočna danca u obliku trapeza 13 parametara. Unose se sljedeći podaci: L, Dv, H0, K1, K2, A0, Hmax, Reg.br., Br.rez., Nagib, Dh, Z i V0, na osnovu kojih se izrađuje tabela zapremine pomoću odgovarajućeg programa za izračunavanje i generiše kao Excel fajl sa pratećim dijagramom.

**5.2. Geometrijska elektro-optička metoda** za određivanje zapremine rezervoara bazira se na standardu BAS ISO 12917-2 i odnosi se na mjerenje unutrašnjih rastojanja elektrooptičkim postupkom (EODR) a može se primijeniti samo za rezervoare prečnika preko 2 metra. Ovaj postupak baždarenja je naročito pogodan za rezervoare koji su deformisani jer sama deformacija ne utiče na postupak baždarenja. Prednost mu je velika preciznost laserskog skenera, kratko zadržavanje u rezervoaru i ekološki čist postupak mjerenja. EODR metoda se zasniva na mjerenju stvarnih unutrašnjih rastojanja u rezervoaru elektro-optičkim uređajem a zatim se u laboratoriji, pomoću specijalizovanih softverskih paketa, vrši izrada 3D modela rezervoara koji se zatim dijeli na odsječke visine jednog centimetra, kojima se izračunava zapremina, i na

osnovu toga se izrađuje tabela zapremine. Ako je rezervoar pregrađen na više dijelova, svaki dio se mora skenirati posebno.

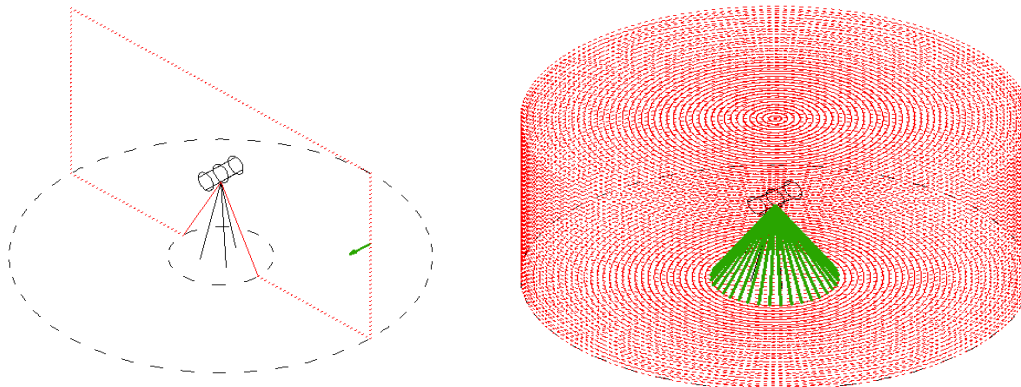
U ovom poređenju, kod EODR metode, korišten je 3D skener proizvođača „Trimble Germany“ GmbH i softverski paket za obradu podataka, Trimble Realworks v8.0.1 i 3D Extractor.



EODR instrument - Trimble CX

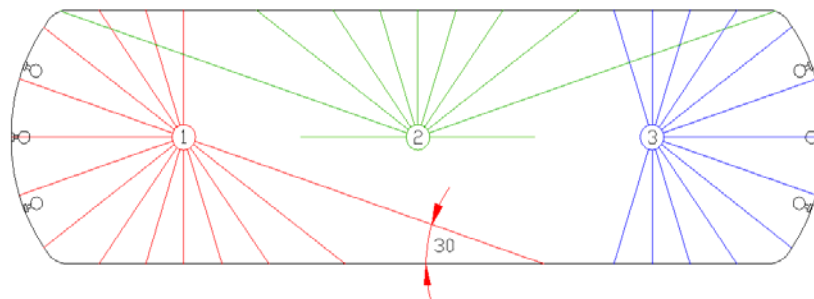
Baždarenje rezervoara ovom metodom se izvodi na terenu (3D skeniranje unutrašnjosti rezervoara) a u kancelarijama laboratorije se vrši obrada podataka i izrada tabele zapremine.

Prije početka mjerenja vrši se podešavanje parametara za skeniranje u vidu željene rezolucije 3D tačaka, uključivanje dvoosnog kompenzatora, odabir pozicije stajališta u rezervoaru, postavljanje 3D skenera na tronožac i približno horizontalno nivelisanje instrumenta pomoću centrične libele nakon čega dvoosni kompenzator izvrši precizno postavljanje skenera u vertikalnu osu. Zatim se vrši potpuno panoramsko skeniranje sa zahvatom vertikalnog ugla od  $300^\circ$  i punog kruga horizontalnog ugla od  $360^\circ$ .



Prikaz panoramskog skeniranja za vertikalni rezervoar sa zahvatom vertikalnog ugla od  $300^\circ$  i punog kruga horizontalnog ugla od  $360^\circ$

Skeniranje horizontalnih rezervoara se najčešće radi sa 2 ili 3 stajališta, te se za potrebu dalje obrade podataka, a prije početka samog skeniranja, na bočna dna rezervoara postavljaju minimalno po tri sferne ili ravne crno-bijele markice. Jedna markica se obavezno postavlja na obilježeno mjesto nulte (referentne) tačke, od koje počinje mjerenje nivoa tečnosti u rezervoaru. Prilikom skeniranja vodi se računa da su sve markice obuhvaćene.

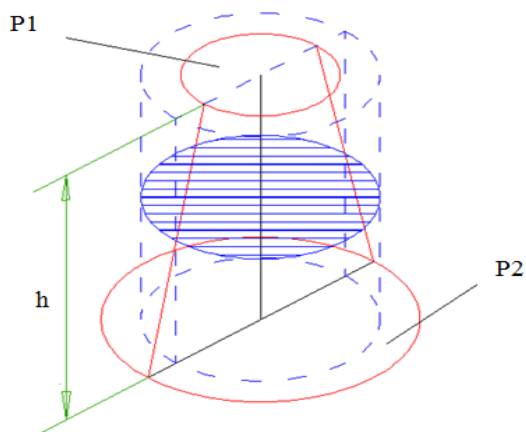


Prikaz skeniranja sa tri pozicije skenera u rezervoaru

Obrada oblaka tačaka se vrši u laboratoriji, specijalizovanim softverskim paketima, u nekoliko koraka:

- čišćenje nepotrebnih i manje pouzdanih 3D tačaka iz svakog pojedinačnog oblaka,
- spajanje (registracija) više skenova u jedan zajednički,
- izrada 3D modela,
- isjecanje 3D modela horizontalnim ravnima,
- računanje površina svakog odsječka,
- računanje zapremina svakog odsječka.

Zapremina svake pojedinačne kriške rezervoara između dva horizontalna presjeka računa se metodom "End Average Area" koja je prikazana na sljedećoj slici:



$$V = (P1 + P2)/2 * h$$

Zbir svih pojedinačnih zapremina čine ukupnu zapreminu rezervoara. Rezultati računanja zapremina se automatskim putem eksportuju u Excel i nastaje tablica zapremine predmetnog rezervoara.

**5.3. Volumetrijska metoda** za određivanje zapremine rezervoara bazira se na standardu BAS ISO 4269, a koristi se u slučajevima kada nije moguća primjena geometrijske ručne metode, odnosno kada je rezervoar nepravilnog geometrijskog oblika i kada ima deformacije na dancima i omotaču ili kada ne posjedujemo EODR uređaj za primjenu elektro-optičke geometrijske metode. Volumetrijska metoda se može koristiti kada su na mjestu njegove upotrebe prisutni svi neophodni priključci i cjevovod i ostali elementi infrastrukture potrebni za volumetrijsko baždarenje, kao i na izričit zahtjev imao/a/korisnika mjerila.

Postupak baždarenja volumetrijskom metodom obuhvata ulivanje radnog fluida u rezervoar u iznosima zapremine čija je minimalna vrijednost takva da izazove značajan porast nivoa tečnosti u rezervoaru koji mjerilo nivoa može registrovati ali i da su dovoljno male da minimiziraju nesigurnost interpolacije koja se koristi za računanje tabele zapremine.

Izabrane zapremine koje će se uliti u rezervoar mogu se realizovati kombinacijom od više etalon mjernih posuda ili etalon protočnim mjerilom pri protoku na koji je verifikovan, pazeći da se izazovu što manje turbulencije površine tečnosti u rezervoaru. Poslije ulivene svake porcije tečnosti, mora se sačekati da se površina tečnosti dovoljno umiri kako bi se pouzdano izmjerio nivo. Nivo tečnosti se mjeri na mjernom mjestu sa mjernom letvom ili automatskim mjerilom nivoa. Ako se mjerenje nivoa vrši sa mjernom letvom, mjerenje se mora ponavljati sve dok se dva uzastopna mjerenja i očitavanja ne poklope sa razlikom manjom od jednog milimetra.

Prije prvog ulivanja radnog fluida potrebno je odrediti referentnu tačku (tačka od koje počinje mjerenje), i usuti mrtvu zapreminu, te istu evidentirati u zapisnik o baždarenju rezervoara. Pri mjerenju i evidentiranju svakog porasta nivoa tečnosti u rezervoaru mora se svaki put mjeriti i evidentirati temperatura u etalon mjernim posudama ili protočnom mjerilu i u rezervoaru, kao i temperatura okolnog vazduha rezervoara, sa termometrima koji imaju vrijednost podioka 0,1°C.

## 6. Prethodni uslovi za pristupanje baždarenju

Kod ugradnje novog rezervoara, mora se strogo držati propisanog postupka ugradnje, jer deformacije koje nastaju prilikom nepravilne ugradnje najviše utiču na tačnost tabele zapremine. Prije početka pregleda rezervoara, mora se utvrditi da li je rezervoar potpuno čist i da li je pripremljen za pregled.

Potrebno je ispuniti uslov, iz Pravilnika o metrološkim uslovima za položene cilindrične rezervoare, da novoukopani rezervoari moraju biti napunjeni vodom najmanje 36 časova.

Prije nego što se krene u proces baždarenja rezervoara potrebno je izmjeriti **Dv** i **Dh** prečnike i provjeriti da li se dobijeni rezultati mjerenja uklapaju u metrološke uslove za položene cilindrične rezervoare.

Kod prvog pregleda rezervoara, odnosno kod novoproduzvedenog rezervoara u koji nije sipana zapaljiva tečnost, pod potpuno čistim rezervoarom se smatra onaj rezervoar iz kojeg je potpuno odstranjena voda, ostaci i opiljci metala i drugih materijala i zapaljive i/ili otrovne pare.

Kod periodičnog pregleda rezervoara, odnosno kod rezervoara koji je korišćen i u njemu je bila zapaljiva tečnost, pod potpuno čistim rezervoarom se smatra onaj rezervoar iz kojeg su potpuno odstranjeni gorivo i njegovi tragovi, ostatak taloga (mulj), inkrustracije (kamenac) i zapaljive i/ili otrovne pare.

Čišćenje rezervoara može obaviti samo pravni subjekt ili fizičko lice koje posjeduje važeći dokument o registraciji za čišćenje rezervoara. Pri čišćenju rezervoara, pripremi za pregled i samom pregledu moraju se koristiti odgovarajuća oprema i postupci koji zadovoljavaju mjere zaštite od eksplozije i požara i zaštite životne sredine. Da je rezervoar očišćen dokazuje se i potvrđuje odgovarajućim dokumentom kojeg popunjava i ovjerava subjekt koji je očistio rezervoar. Rezervoari se moraju pregledati (baždariti) pojedinačno.

## 7. Zapisnici i tabele zapremine

Nakon rada na terenu i uvida u samu tehniku izvođenja baždarenja rezervoara geometrijskom ručnom, geometrijskom elektro-optičkom i volumetrijskom metodom, na osnovu izrađenih zapisnika i skeniranih podataka, u laboratorijama su izrađene tabele zapremine. Dobijene tabele zapremine (zajedno sa zapisnicima) i njima pripadajući dijagrami su prikazani u prilogima ove analize. Kod geometrijske elektro-optičke metode ne radi se klasičan zapisnik jer se podaci o skeniranim tačkama snimaju direktno na USB disk sa koga se prenose na računar.

## 8. Numerička analiza rezultata i dijagrami

Izvršeno je poređenje dobijenih rezultata a kao referentna metoda, dogovorno je uzeta volumetrijska metoda. Tabele zapremine dobijene pomoću geometrijske ručne i geometrijske elektro-optičke metode poređene su sa tabelama zapremine koje su dobijene pomoću volumetrijske metode za svaki centimetar visine rezervoara.

Prema članu 23. Pravilnika o metrološkim uslovima za položene cilindrične rezervoare („Službeni list SFRJ“, broj 26/81), odstupanja od vrijednosti datih u tabeli zapremine pri očitavanju visine nivoa tečnosti na mjernoj letvi ili skali nivokazne cijevi mogu iznositi:









- 1) za zapremine jednake ukupnoj zapremini rezervoara  $\pm 0,5\%$  od ukupne zapremine;
- 2) za zapremine manje od ukupne a veće od najmanje zapremine  $\pm 0,5\%$  od izmjerene zapremine;
- 3) za zapremine jednake ili manje od najmanje zapremine rezervoara  $\pm 0,5\%$  od najmanje zapremine.

Najmanja zapremina rezervoara je zapremina koja se dobija kao proizvod površine najvećeg horizontalnog presjeka rezervoara i visine od 20 cm.

Prema navedenom, za zapremine koje su jednake ili manje od najmanje zapremine rezervoara, potrebno je izvršiti analizu prema tački 3) a za sve ostale (veće) zapremine prema tački 1) i 2) člana 23. Pravilnika o metrološkim uslovima za položene cilindrične rezervoare.

Prvo su u AutoCAD-u, na osnovu **L**, **Dh**, **K1** i **K2** nacrtani najveći horizontalni presjeci svakog rezervoara i izračunate njihove površine u kvadratnim centimetrima. Zatim su, za svaki rezervoar, izračunate zapremine nad najvećim horizontalnim presjecima za visinu od 20 cm i pretvorene u litre. Zatim je izvršeno poređenje zapremina za svaki centimetar u odnosu na volumetrijsku metodu.

U sljedećoj tabeli su dati: naziv rezervoara, izgled najvećeg horizontalnog presjeka rezervoara, površina najvećeg horizontalnog presjeka za sve rezervoare u kvadratnim centimetrima i izračunata najmanja zapremina rezervoara u litrama prema definiciji iz člana 23. pravilnika za sve rezervoare:

	Rezervoar	Najveći horizontalni poprečni presjek	Najmanja zapremina
1	„Nestro Petrol“ a.d. - Banja Luka b/s „Gradiška“ – R4		P = 251.848,24 cm <sup>2</sup> h = 20 cm V = 5.036.964,8 cm <sup>3</sup> Vn = 5.036,97 litara (dm <sup>3</sup> ) <b>Vn = 5.037 litara</b>
2	„Nestro Petrol“ a.d. - Banja Luka b/s „Balkana“ – R3		P = 130.095,7 cm <sup>2</sup> h = 20 cm V = 2.601.914 cm <sup>3</sup> Vn = 2.601,91 litara (dm <sup>3</sup> ) <b>Vn = 2.602 litara</b>
3	„Nestro Petrol“ a.d. - Banja Luka b/s „Balkana“ – R4		P = 51.976,95 cm <sup>2</sup> h = 20 cm V = 1.039.539 cm <sup>3</sup> Vn = 1.039,54 litara (dm <sup>3</sup> ) <b>Vn = 1.040 litara</b>
4	„Nestro Petrol“ a.d. - Banja Luka b/s „Lazarevo“ – R1		P = 106.415,65 cm <sup>2</sup> h = 20 cm V = 2.128.313 cm <sup>3</sup> Vn = 2.128,31 litara (dm <sup>3</sup> ) <b>Vn = 2.128 litara</b>
5	„Nestro Petrol“ a.d. - Banja Luka b/s „Lazarevo“ – R2		P = 195.738,24 cm <sup>2</sup> h = 20 cm V = 3.914.764,8 cm <sup>3</sup> Vn = 3.914,77 litara (dm <sup>3</sup> ) <b>Vn = 3.915 litara</b>
6	„Nestro Petrol“ a.d. - Banja Luka b/s „Lazarevo“ – R3		P = 106.310,7 cm <sup>2</sup> h = 20 cm V = 2.126.214 cm <sup>3</sup> Vn = 2.126,21 litara (dm <sup>3</sup> ) <b>Vn = 2.126 litara</b>
7	„Nestro Petrol“ a.d. - Banja Luka b/s „Lazarevo“ – R4		P = 196.202,1 cm <sup>2</sup> h = 20 cm V = 3.924.042 cm <sup>3</sup> Vn = 3.924,04 litara (dm <sup>3</sup> ) <b>Vn = 3.924 litara</b>
8	„Nestro Petrol“ a.d. - Banja Luka b/s „Lazarevo“ – R5		P = 128.921,22 cm <sup>2</sup> h = 20 cm V = 2.578.424,4 cm <sup>3</sup> Vn = 2.578,42 litara (dm <sup>3</sup> ) <b>Vn = 2.578 litara</b>

Numerička analiza podataka je prikazana tabelarno i u vidu dijagrama i data je u priložima ove analize za svaki rezervoar.



U tabeli analize, za svaki rezervoar, je debljom linijom označena granica koja predstavlja najmanju zapreminu rezervoara ( $V_n$ ).

U sljedećoj tabeli su dati nazivi rezervoara i procent uklapanja u dozvoljenu grešku prema definiciji iz člana 23. Pravilnika o metrološkim uslovima za položene cilindrične rezervoare, za geometrijsku ručnu i elektro-optičku metodu u odnosu na volumetrijsku metodu, ako se pretpostavi da je volumetrijska metoda 100% tačna:

	<b>Rezervoar</b>	<b>Procent uklapanja u dozvoljeno odstupanje od 0.5% za ručnu geometrijsku metodu</b>	<b>Procent uklapanja u dozvoljeno odstupanje od 0.5% za elektro-optičku geometrijsku metodu</b>
1	„Nestro Petrol“ a.d. - Banja Luka b/s „Gradiška“ – R4	31 %	44 %
2	„Nestro Petrol“ a.d. - Banja Luka b/s „Balkana“ – R3	29 %	1 %
3	„Nestro Petrol“ a.d. - Banja Luka b/s „Balkana“ – R4	40 %	25 %
4	„Nestro Petrol“ a.d. - Banja Luka b/s „Lazarevo“ – R1	83 %	98 %
5	„Nestro Petrol“ a.d. - Banja Luka b/s „Lazarevo“ – R2	93 %	76 %
6	„Nestro Petrol“ a.d. - Banja Luka b/s „Lazarevo“ – R3	100 %	96 %
7	„Nestro Petrol“ a.d. - Banja Luka b/s „Lazarevo“ – R4	68 %	56 %
8	„Nestro Petrol“ a.d. - Banja Luka b/s „Lazarevo“ – R5	77 %	96 %

Iz dobijenih rezultata može se zaključiti da su metode baždarenja rezervoara u b/s Lazarevo prilično zadovoljavajuće, dok rezervoari na b/s Gradiška i b/s Balkana ne odaju povjerenje u tabele zapremine gledano u odnosu na volumetrijsku metodu.

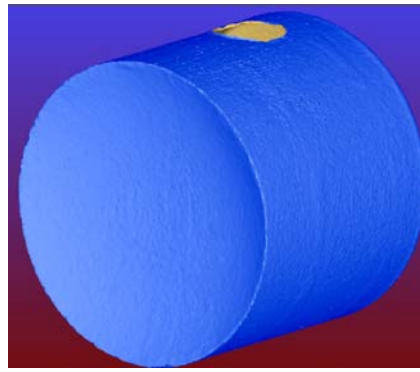
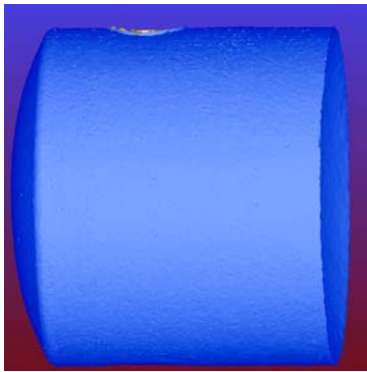
## **9. Završna razmatranja**

### **9.1. Uočeno stanje**

a) Kod geometrijske ručne metode veliki je uticaj čovjeka jer se podaci ručno mjere i izračunavaju, što može dovesti do greške. Neki od zapisnika su nečitki i nerazumljivi pa vrlo lako može doći do pogrešnog unosa određenog podatka i izračunata tabela zapremine može biti sa određenom greškom.

b) Na tabelama zapremine koje su dobijene geometrijskom ručnom metodom nema posebno upisanog iznosa mrtve zapremine, što nije u skladu sa metrološkim uputstvom.

c) Na rezervoaru R4 na b/s „Balkana“ sa jednim bočnim kontra dnom (što je vidljivo na sljedećim slikama) – kod geometrijske ručne metode mjereni su prečnici samo na jednom mjestu, što nije u skladu sa metrološkim uputstvom.



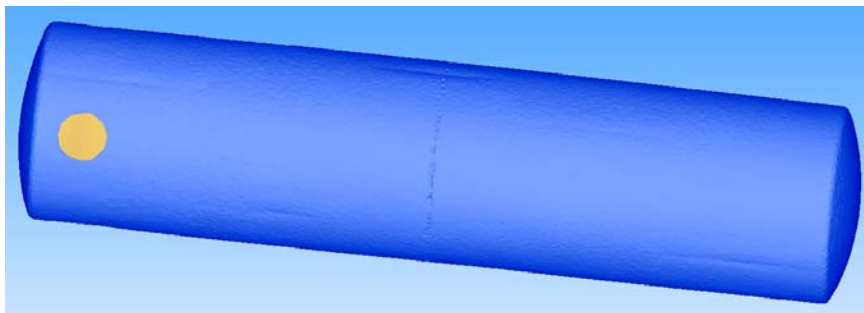
d) Prilikom izrade zapisnika za geometrijsku ručnu metodu za rezervoare R4 i R5 u Lazarevu, nije izračunata vrijednost za veličinu deformacije na mjestu mjerenja „z“ (i upisana u desnu malu tabelu na zapisniku), tako da su tabele zapremine urađene bez te vrijednosti pokazale mnogo veća odstupanja u odnosu na volumetrijsku metodu. Zbog toga su urađene kontrolne tabele zapremine za spomenute rezervoare, gdje je uzet u obzir podatak „z“, i dobijene su vrijednosti u prihvatljivim granicama.

Razlike u prvoj i kontrolnoj tabeli (u odnosu na volumetrijsku metodu) za svaki od ova dva rezervoara, na izabranim visinama, date su u sljedećim tabelama:

<b>Rezervoar R4 – b/s Lazarevo</b>				
Visina (cm)	Zapremina (litara) iz prve tabele (bez unešenog „z“)	Zapremina (litara) iz kontrolne tabele (sa unešenim „z“)	Razlika u odnosu na volumetriju (bez unešenog „z“)	Razlika u odnosu na volumetriju (sa unešenim „z“)
10	347	460	75	-38
50	5217	5473	195	-61
100	14407	14729	292	-30
130	20537	20866	312	-17
160	26623	26938	335	20
190	32252	32531	351	72
220	36923	37132	348	139
240	39103	39226	321	198

<b>Rezervoar R5 – b/s Lazarevo</b>				
Visina (cm)	Zapremina (litara) iz prve tabele (bez unešenog „z“)	Zapremina (litara) iz kontrolne tabele (sa unešenim „z“)	Razlika u odnosu na volumetriju (bez unešenog „z“)	Razlika u odnosu na volumetriju (sa unešenim „z“)
10	252	336	92	8
30	1709	1859	168	18
60	4964	5163	224	25
90	8850	9068	255	37
120	12901	13116	260	45
150	16698	16887	234	45
170	18854	19008	204	50
190	20459	20553	119	25

e) Kod rezervoara R4 – b/s „Gradiška“ – uočene su velike deformacije (što je vidljivo na sljedećim slikama modela izvučenim iz EODR metode) - razlika prečnika je veća od  $\pm 0.7\%$  nazivnog prečnika, tako da ovaj rezervoar ne zadovoljava metrološke uslove.



Deformacije vidljive na 3D modelu rezervoara R4 – b/s „Gradiška“

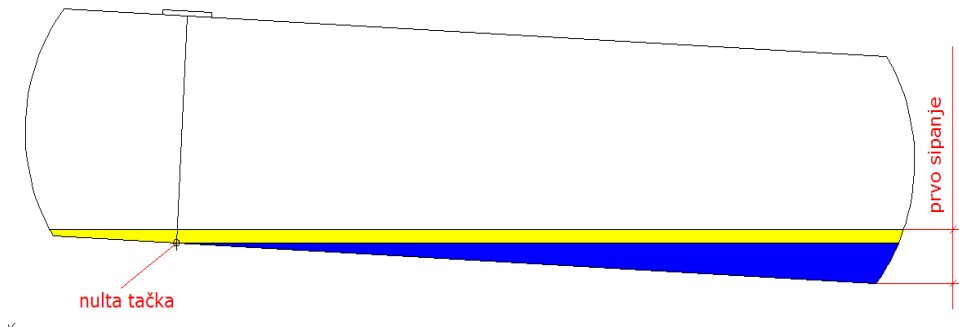


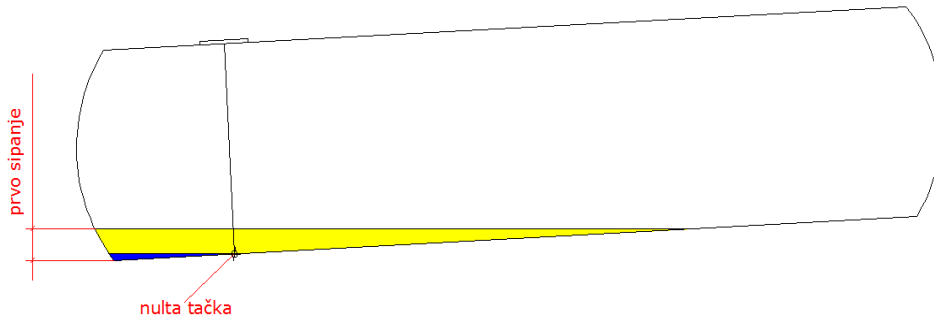
Deformacije u unutrašnjosti rezervoara R4 – b/s „Gradiška“

f) Prilikom baždarenja rezervoara volumetrijskom metodom na rezervoarima b/s „Gradiška“ i b/s „Balkana“, mrtva zapremina nije određena kako je to definisano u Metrološkom uputstvu za baždarenje položenih cilindričnih rezervoara (u daljnjem tekstu Metrološko uputstvo), postepeno dok se ne okvasi referentna ploča (referentna tačka), već je prvo sipanje u rezervoar bilo jednako najmanjoj količini koja se može usuti protočnim mjerilom, što je dovodilo do toga da ta količina pređe preko visine referentne tačke za određenu vrijednost u litrama. Čitava usuta količina se onda dodavala na količinu pri svakom sljedećem sipanju, što je dovodilo do većih vrijednosti u tabeli zapremine po svim tačkama (visinama).

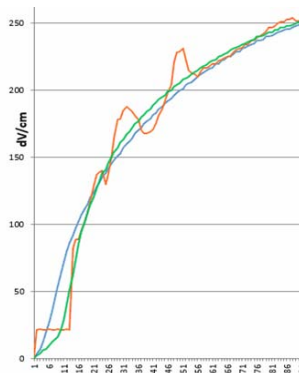
Nije poštovano Metrološko uputstvo gdje jasno piše da je mrtva zapremina rezervoara, zapremina koju popuni tečnost do donje referentne ravni rezervoara, **odakle počinje da se mjeri nivo.**

Pri tome se mogu desiti sljedeća dva pogrešna sipanja mrtve zapremine, od kojih je prvi slučaj gori:



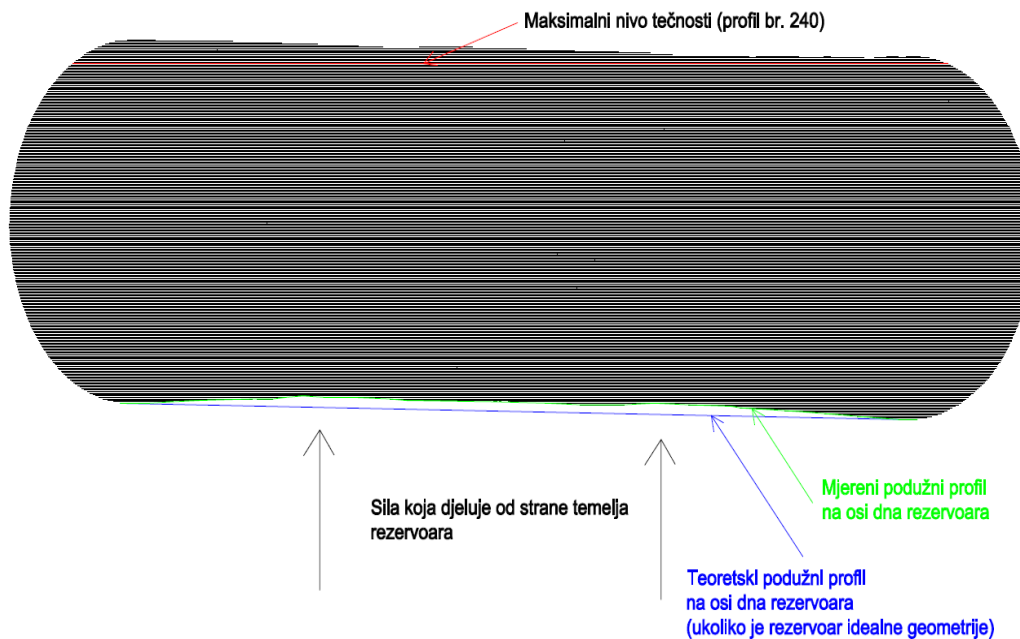


- g) Na tabelama zapremine koje su dobijene primjenom volumetrijske metode nema posebno upisanog iznosa mrtve zapremine, što nije u skladu sa metrološkim uputstvom.
- h) Obrazac zapisnika kod volumetrijske metode nije u skladu sa metrološkim uputstvom.
- i) Ispisi zapisnika kod volumetrijske metode su uglavnom nejasni, pa vrlo lako može doći do pogrešnog unosa ulaznih podataka u program za izradu tabela zapremine, što dovodi do „skokova“ krive na dijagramu zapremine u tačkama za koje su pogrešno uneseni podaci. To je vidljivo na dijagramu zapremine kod rezervoara R4 – b/s „Gradiška“ (crvena kriva):



- j) Kod volumetrijske metode, isti problem može nastati i zbog pogrešnog mjerenja letvom nivoa tečnosti sa kojom se vrši baždarenje rezervoara, što direktno utiče na kvalitet ulaznih podataka za izračunavanje tabele zapremine. Učešće čovjeka u prikupljanju i obradi podataka, prije unosa u program za izradu tabele zapremine, je značajno i kod volumetrijske metode.
- k) Kod izračunavanja tabele zapremine sa podacima dobijenim od volumetrijske metode, vrši se aproksimacija između poznatih tačaka sipanja (poznata zapremina na poznatoj visini), od čega, u zavisnosti gdje se te poznate tačke nalaze na krugu poprečnog presjeka rezervoara, zavisi i tačnost aproksimirane zapremine. U donjem dijelu rezervoara, gdje je najveća promjena prečnika, aproksimacija je najlošija, dok je oko sredine rezervoara, zbog male promjene prečnika, aproksimacija najbolja.
- l) Nepoštovanje procedure sipanja radnog fluida i mjerenja visine, prema Metrološkom uputstvu, odnosno skraćivanje procedure baždarenja rezervoara volumetrijskom metodom, rezultuje zapisnikom sa nekvalitetnim podacima, koji služe kao ulazni podaci za program za izradu tabela zapremina i samim tim dobijamo tabele zapremina sa određenom greškom.
- m) Na tabelama zapremine koje su izrađene na osnovu EODR metode nema posebno upisane količine mrtve zapremine.

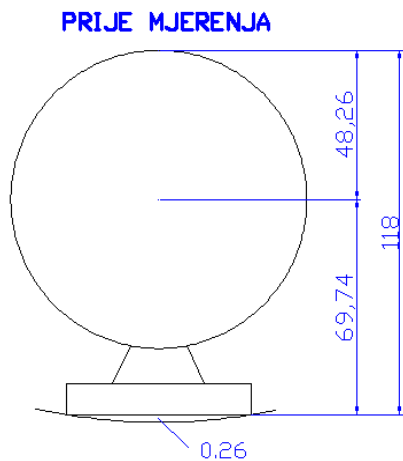
n) Kod rezervoara R4 b/s „Gradiška“, na modelu izvučenom iz EODR metode (sljedeća slika) vidljive su deformacije usljed uticaja temelja na dno rezervoara zbog nepropisne ugradnje. Ova deformacija ne utiče na postupak baždarenja rezervoara EODR metodom.



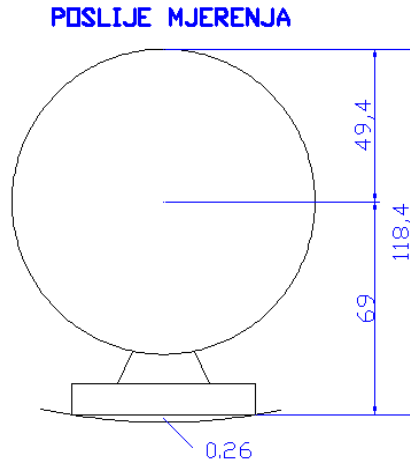
- p) Unutrašnja površina rezervoara R4 na b/s „Gradiška“ je bila vlažna a na samom dnu rezervoara je bilo ostataka vode, što može dovesti do slabijeg odbijanja laserskih zraka od zida rezervoara kod EODR metode a samim tim i do lošijih rezultata u tabeli zapremine.
- r) Referentne kugle koje su korišćene kod EODR metode za obilježavanje nulte tačke i za spajanje više skenova u jedan oblak tačaka, imale su manju dimenziju od deklarisanu u dokumentaciji, što praktično znači da je referentna tačka bila spuštena 1 milimetar od svog stvarnog položaja, što je dovelo do toga da je svaki nivo mjereno na visini manjoj za 1 milimetar, a samim tim i do pojave greške u tabeli zapremine koja je najveća na sredini rezervoara.

Mjerenje kugli je izvršeno pomičnim mjerilom u prostorijama laboratorije „Geocentar“ d.o.o. i dobijeni su sljedeći rezultati:

Redni br. kugle	Suprotno od sastava (mm)	Preko sastava (mm)	Visina od vrha kugle do dna (mm)	Srednje vrijednosti
1	98.6	99.0	118.3	Srednja vrijednost prečnika kugle: 98.8 mm Srednja vrijednost visine kugle do donje ravni postolja: 118.4 mm
2	98.6	99.0	118.3	
3	98.6	99.0	118.6	
4	98.6	99.0	118.5	
5	98.6	99.0	118.5	
6	98.6	99.0	118.3	
7	98.6	99.0	118.4	
8	98.6	99.0	118.5	
9	98.6	99.0	118.3	
10	98.6	99.0	118.3	



Dimenzije na osnovu dokumentacije



Dimenzije nakon mjerenja

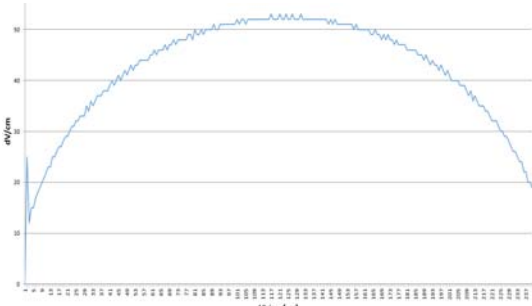
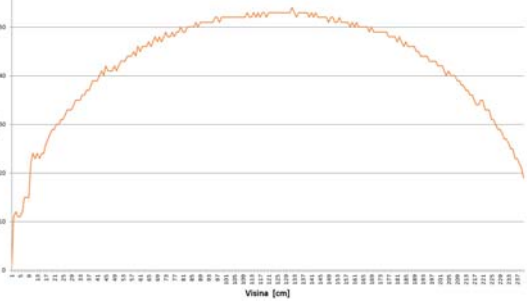
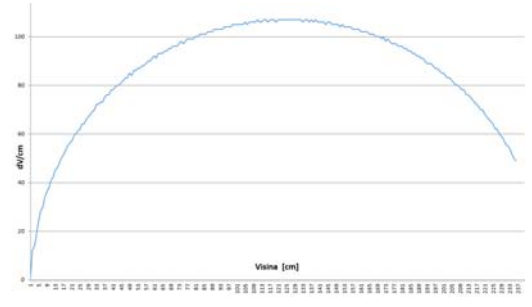
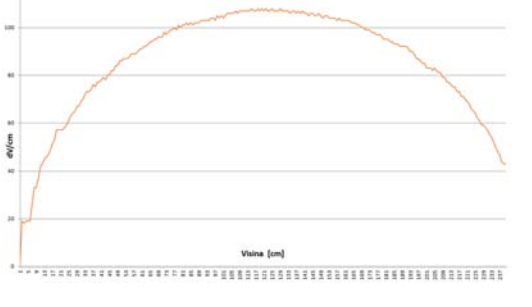
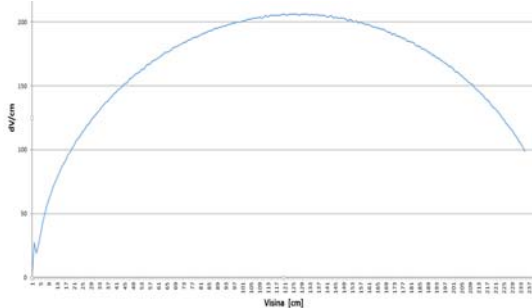
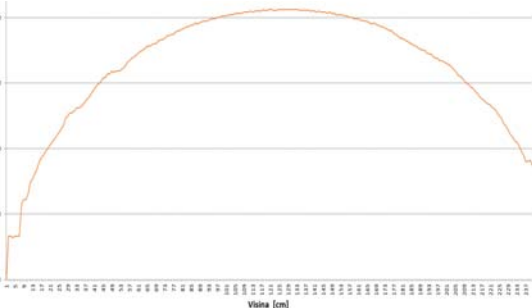
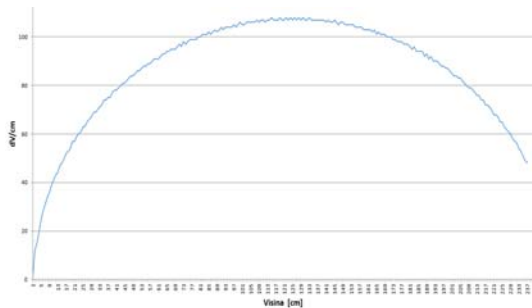
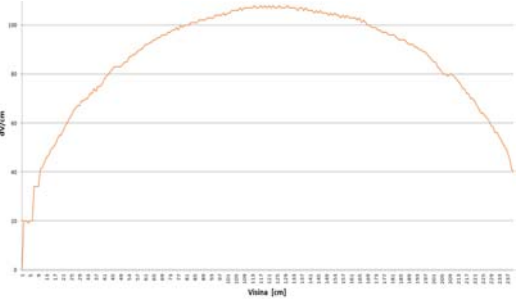
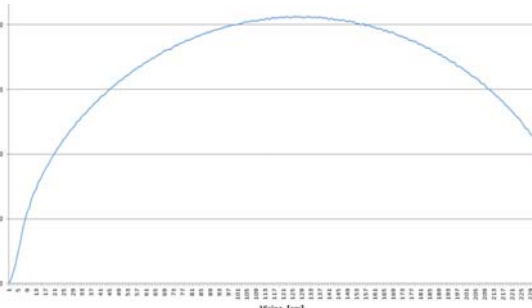
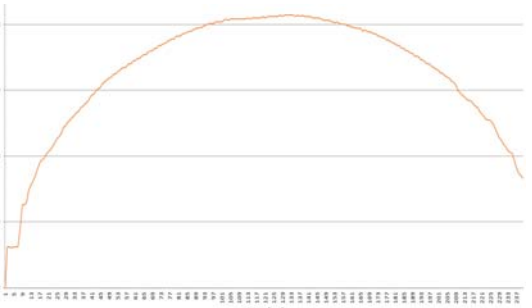
Razlika u visini:  $69.74 - 69 = 0.74 \text{ mm} + 0.26 \text{ mm} = 1 \text{ mm}$

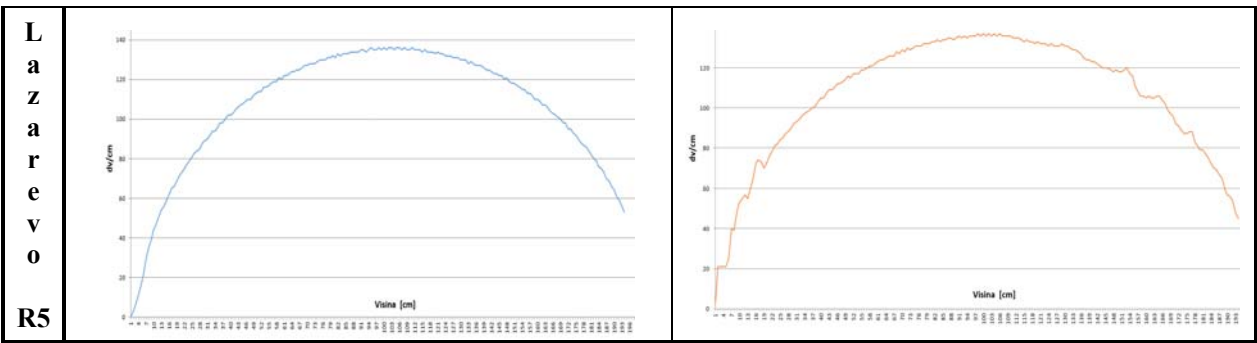
## 9.2. Analiza rezultata dobijenih numeričkom analizom

Poređenje rezultata je izvršeno u odnosu na volumetrijsku metodu iako pojedini dijagrami dobijeni ovom metodom ne ukazuju povjerenje u vezi tačnosti (Gradiška R4, Balkana R4 i Lazarevo R5).

U sljedećoj tabeli je dat uporedni prikaz pojedinačnih dijagrama dobijenih **geometrijskom ručnom** metodom i **volumetrijskom** metodom za svaki rezervoar:

	Geometrijska manuelna metoda	Volumetrijska metoda
<b>G r a d i š k a  R4</b>		
<b>B a l k a n a  R3</b>		

<b>B a l k a n a</b>  <b>R4</b>		
<b>L a z a r e v o</b>  <b>R1</b>		
<b>L a z a r e v o</b>  <b>R2</b>		
<b>L a z a r e v o</b>  <b>R3</b>		
<b>L a z a r e v o</b>  <b>R4</b>		



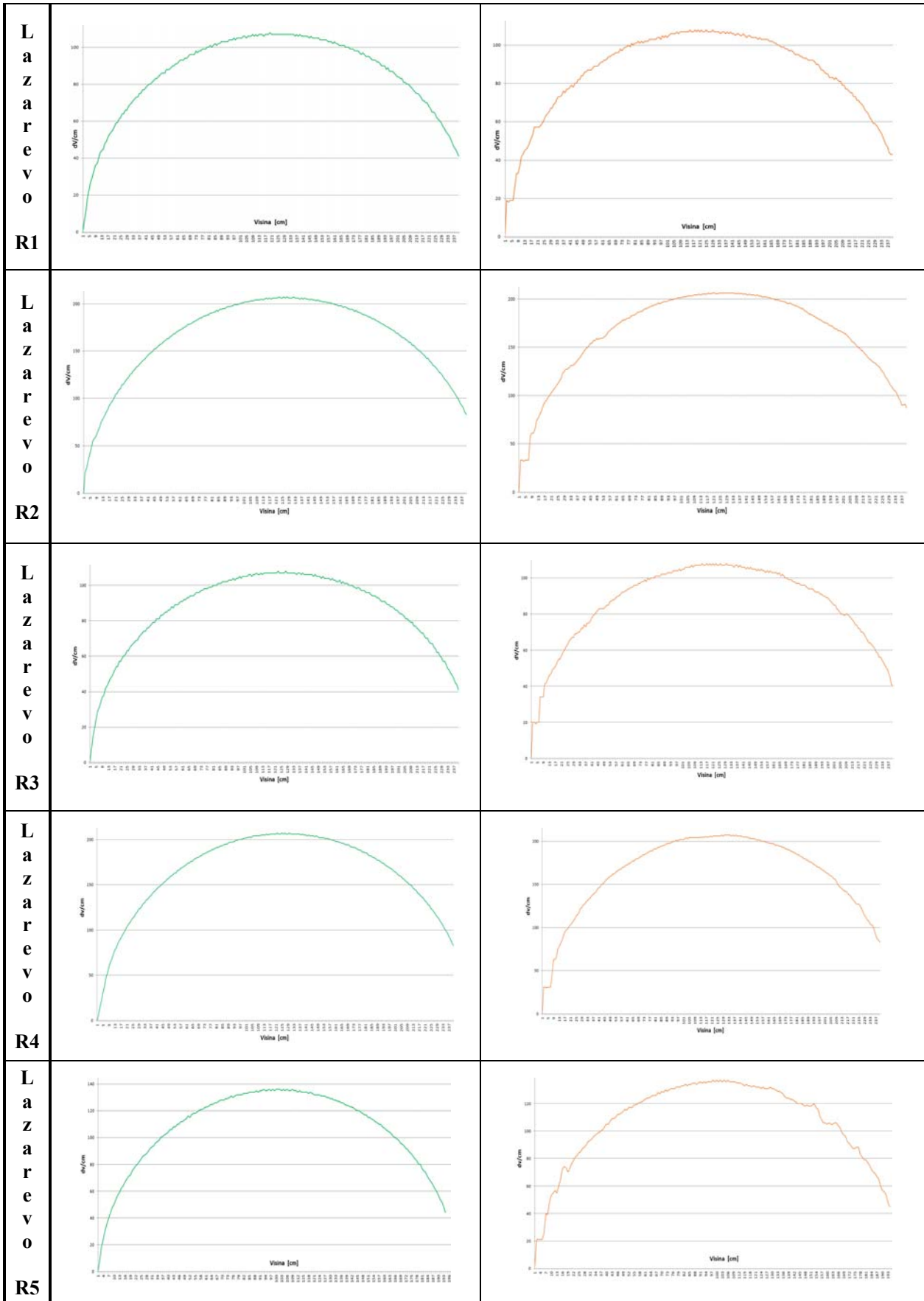
Kod rezervoara R4 b/s Balkana, na dijagramu za geometrijsku ručnu metodu, uočljiv je nagli skok krive na samom početku dijagrama. Manji skok krive je uočljiv na rezervoaru R2 b/s Lazarevo kod geometrijske ručne metode.

Rezervoar R4 b/s Gradiška ne zadovoljava metrološke uslove u vezi razlike bilo koja dva izmjerena prečnika od  $\pm 0.07\%$  pa geometrijska ručna metoda za ovaj rezervoar nije relevantna za poređenje.

U sljedećoj tabeli je dat uporedni prikaz pojedinačnih dijagrama dobijenih **geometrijskom elektro-optičkom (EODR) metodom** i **volumetrijskom metodom** za svaki rezervoar:

	Geometrijska elektro-optička metoda	Volumetrijska metoda	
G r a d i š k a	R4		
B a l k a n a	R3		
B a l k a n a	R4		





Rezervoar R3 b/s Balkana i R5 b/s Lazarevo, ne zadovoljavaju zahtjeve standarda BAS ISO 12917-2 za EODR metodu jer im prečnik nije veći od 2 metra, pa nisu relevantni za poređenje.

Svi ostali rezervoari imaju prečnik veći od 2 metra i zadovoljavaju zahtjev standarda BAS ISO 12917-2 u pogledu minimalnog prečnika za baždarenje (tačka 1. stav 1. standarda).

#### Napomena autora:

Republički zavod za standardizaciju i metrologiju je, preko Instituta za standardizaciju BiH (Miljan Savić – BAS TC11), – postavio pitanje tehničkom komitetu ISO TC28/SC2 WG9 da nam odgovore kada će se izvršiti revizija standarda ISO 12917-2:2002, odnosno smanjiti ograničavajuća vrijednost od 2 metra jer sada već postoje laserski skeneri koji mogu mjeriti rastojanje do 0.5 metara, što znači da bi u standardu trebalo da stoji ograničavajuća vrijednost od 1 metar (umjesto 2 metra).

Od tehničkog komiteta ISO TC28/SC2 WG9 smo dobili odgovor da se granica od 2 metra odnosi na tehnologiju koja je bila dostupna u vrijeme pisanja standarda (2002. godina) i da se i manji rezervoari mogu kalibrirati pomoću ove metode ali bi bilo dobro potvrditi (provjeriti) tačnost dobijenih rezultata. Takođe planiraju preispitivanje ovog standarda, vjerovatno u toku ove godine, kada će se ovo pitanje dalje razmatrati.

Original odgovor od tehničkog komiteta ISO TC28/SC2 WG9 glasi:

Dear Miljan

I raised this question with experts from ISO TC28/SC2 WG 9 who have advised that the limit of 2m related mainly to the optical technology available at the time the standard was written. Although smaller tanks could be calibrated using this method the accuracy which might be achieved would be questioned and would need to be confirmed.

The group is planning to review ISO 12917-2, probably later this year, and this issue will be considered further at that time.

Best Regards

Paul Harrison

Energy Institute Technical Manager - Hydrocarbon Management

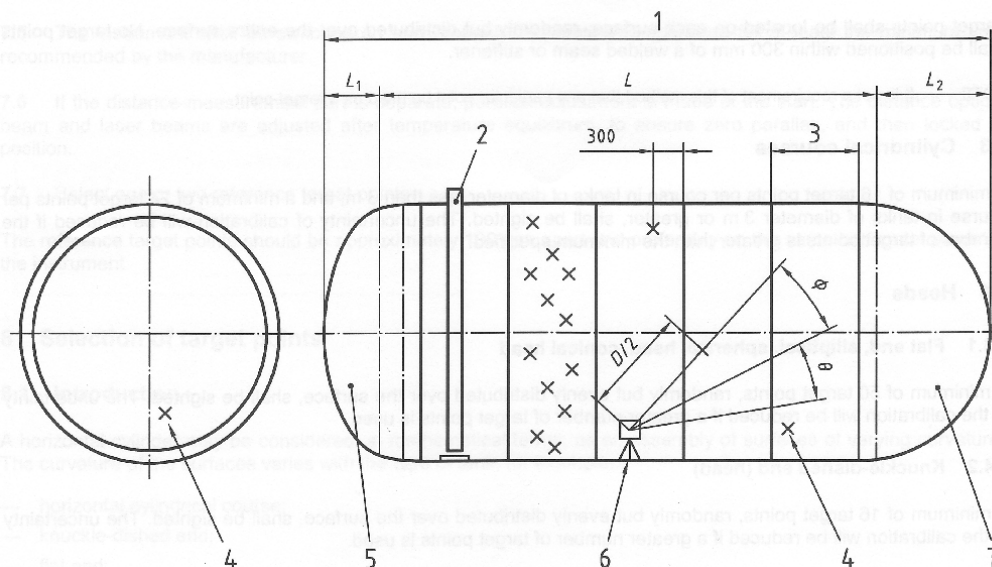
Secretary ISO TC28/SC2

E: [paul.harrison@melvcon.co.uk](mailto:paul.harrison@melvcon.co.uk)

Tel: +44 1694 731120

### 9.3. Zahtjevi standarda BAS ISO 12917-2:2002

Na sljedećoj slici je prikazana procedura baždarenja prema standardu BAS ISO 12917-2:



1 – ukupna dužina (unutrašnja)	$\theta$ - horizontalni ugao
2 – mjerac položaja	$\phi$ - vertikalni ugao
3 – dužina odsječka	D – kosa dužina
4 – ciljna tačka	L – dužina cilindra
5 – zdjelasto bočno dno	L1 – dužina zdjelastog bočnog dna
6 – instrument	L2 – dužina poluloptastog bočnog dna
7 – poluloptasto bočno dno	

- Rezervoari se mogu baždariiti tek nakon što se barem jednom popune sa tečnošću gustine jednake ili veće od tečnosti koju će držati kada su u upotrebi, a pod pritiskom većim od pritiska na kome će raditi kada su u upotrebi. Testiranje na hidrostatički pritisak kod novih rezervoara mora se primijeniti u većini slučajeva.
- Baždarenje se mora vršiti bez prekida.
- Preciznost mjerne jedinice pri mjerenju rastojanja i ugla, utvrđuje se korišćenjem postupaka preporučenih od strane proizvođača.
- Rezervoar treba da bude bez vibracija i čestica prašine u vazduhu.
- Osvjetljenje, kada je to potrebno, treba postaviti u rezervoaru tako da ne ometa rad EODR instrumenta.
- Broj lokacija za postavljanje instrumenta biće određen tako da se ne prelazi ograničenje upadnog ugla opreme. Svi upadni uglovi ispod 30 stepeni se izbacuju iz modela.
- Instrument treba postaviti pažljivo, posebno u horizontalnoj i vertikalnoj osi, a po proceduri i uputama proizvođača.
- Instrument će biti podešen tako da bude stabilan i bez spoljašnjih vibracija. Ako je potrebno, omotač rezervoara u blizini instrumenta, mora biti čvrst i stabilan postavljanjem teških utega u toj oblasti. Noge tronošca na kojem je instrument postavljen mogu se umiriti korišćenjem prikladnih uređaja, poput magnetskih nosača, ili elastične gume, kako bi se spriječilo klizanje po dnu rezervoara.
- Linija nišanja od instrumenta do rezervoara ne smije biti blokirana.
- Instrument će biti uključen i doveden do radne temperature za barem minimum vremena preporučenog od strane proizvođača.
- Najmanje 16 ciljnih tačaka po dijelu rezervoara promjera manjeg od 3 m, i najmanje 24 ciljne tačke po dijelu rezervoara promjera 3 metra ili više, mora biti nanišanjeno. Nesigurnost baždarenja će biti smanjena ako je broj ciljnih tačaka veći od minimuma koji je utvrđen standardom.
- Za ravno, eliptično, okruglo i stožasto dno, najmanje 50 ciljnih tačaka, slučajno ali ravnomjerno raspoređeno po površini, biće nanišanjeno. Nesigurnost kalibracije će biti smanjena ukoliko se koristi veći broj ciljnih tačaka.
- Za zdjelasto dno, najmanje 16 ciljnih tačaka, slučajno ali ravnomjerno raspoređenih po površini, biće nanišanjeno. Nesigurnost kalibracije će biti smanjena ukoliko se koristi veći broj ciljnih tačaka.

## 9.4. Preporuke

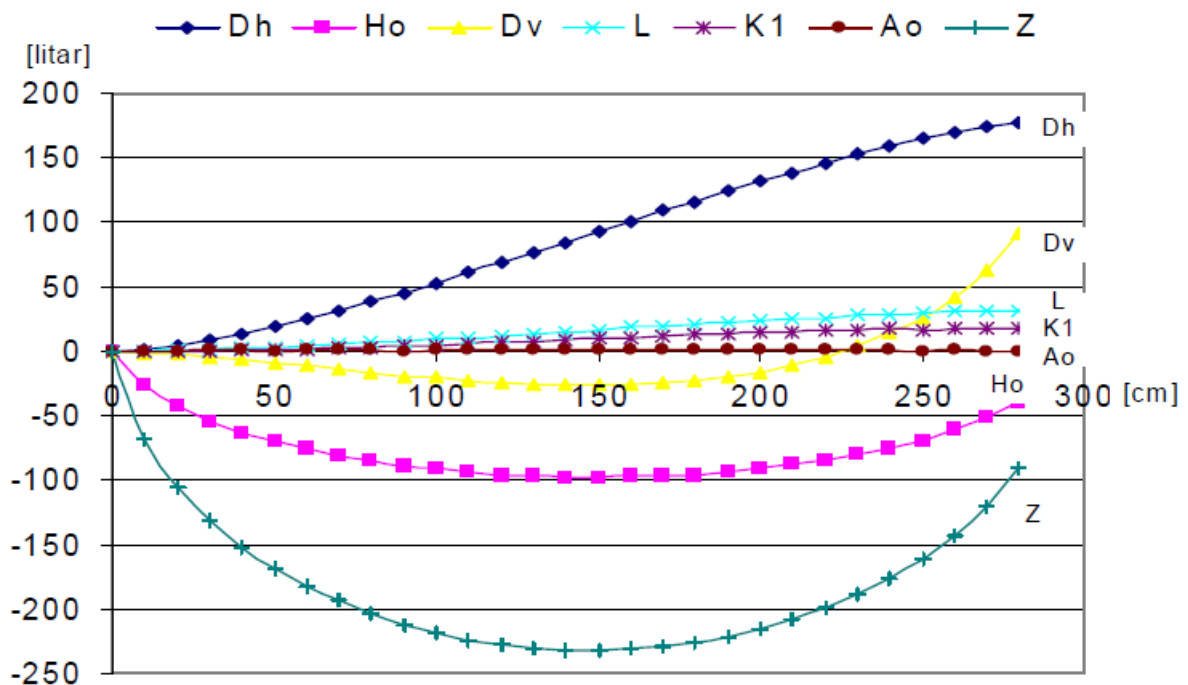
### 9.4.1. Za geometrijsku ručnu metodu:

- Mjerenje veličina rezervoara treba vršiti prema Uputstvu za premjeravanje (snimanje) linearnih veličina položenih cilindričnih rezervoara.
- Izmjerene veličine pri snimanju rezervoara ne mogu se direktno koristiti za izradu tabela zapremine, već ih treba srediti prema Uputstvu o pripremi ulaznih podataka koji se koriste za izradu tabela zapremine.
- Potrebno je obratiti pažnju da se zapisnik, koji se radi na terenu, ispisuje čitko i razumljivo. Neki od dosadašnjih zapisnika su dosta nečitki i nerazumljivi tako da vrlo lako može doći do

pogrešnog izračunavanja dimenzija koje se unose u program a samim tim i tabela zapremine koje ne odgovaraju stvarnim količinama u rezervoaru.

- Zapisnik treba biti potpisan.
- Nakon što se iz zapisnika odrede dimenzije rezervoara, iste se moraju čitko upisati u malu tabelu na desnoj strani zapisnika jer to služi poslije za unos u program za izračunavanje tabela zapremine.
- Posebnu pažnju treba obratiti na mjerenje deformacije na mjestu mjerenja, jer ona, pored deformacije horizontalnog prečnika i nagiba rezervoara, najviše doprinosi mjernoj nesigurnosti baždarenja.
- Potrebno je obratiti pažnju da se ne zaboravi unijeti podatak za visinu referentne ploče (ako ista postoji) koja se unosi kao deformacija na mjestu mjerenja sa negativnim predznakom.
- Na tabeli zapremine mora biti, obavezno, posebno napisan podatak kolika je mrtva zapremina rezervoara.
- Ako rezervoar ne ispunjava metrološke uslove u vezi razlike bilo koja dva izmjerena prečnika (manje od  $\pm 0.7\%$ ) ne treba ga baždariti sa ovom metodom a ako se to ipak radi, treba obavezno to naglasiti u zapisniku i na tabeli zapremine.
- Na tačnost tabela zapremine najviše utiču deformacije na rezervoaru koje obično nastaju prilikom nepravilnog postavljanja rezervoara. Postojanje deformacija na rezervoaru je glavni ograničavajući faktor za korišćenje geometrijske ručne metode za određivanje zapremine rezervoara.
- Najveći uticaj na odstupanje rezultata u tabeli zapremine izaziva promjena vrijednosti visine deformacije na mjestu mjerenja ( $z$ ). Sljedeća dva parametra koja izazivaju najveće odstupanje vrijednosti rezultata u tabeli zapremine su: srednji horizontalni prečnik rezervoara ( $D_h$ ) i nagib ose rezervoara ( $H_0$ ). Promjena u nagibu ose rezervoara izaziva najveće promjene vrijednosti u tabeli zapremine oko sredine punjenja rezervoara, dok promjena horizontalnog prečnika rezervoara izaziva najveće promjene vrijednosti u tabeli zapremine pri vrhu punjenja rezervoara. Zbog toga, prilikom mjerenja dimenzija rezervoara posebnu pažnju treba obratiti na ova tri parametra.

Na sljedećoj slici je prikazan primjer odstupanja zapremine pri promjeni parametara rezervoara:



#### 9.4.2. Za volumetrijsku metodu:

- Preporuka je da se prvo odredi referentna (nulta) tačka, a zatim treba postepeno sipati radni fluid u malim količinama sve dok ne okvasi gornju površinu referentne ravni (referentnu tačku). Tada se sipanje prekida i posebno se zapisuje ta usuta količina radnog fluida kao iznos mrtve zapremine ( $V_{mz}$ ). U referentnoj tački vrijednosti visine i zapremine su:  $h_0=0$ ,  $V_0=0$ .



Određivanje iznosa mrtve zapremine

- Od referentne tačke (referentne ravni) počinje da se mjeri nivo i dalje se sipaju i mjere količine radnog fluida prema Metrološkom uputstvu i na osnovu njih se pravi tabela zapremine. Mrtva zapremina rezervoara ne utiče na promjenu nivoa tečnosti u rezervoaru čija se zapremina mjeri a iskazuje se kao posebna veličina na obrazcu tabele zapremine rezervoara. Mrtva zapremina se uzima u obzir samo kod prvog sipanja tečnosti u rezervoar radi izračunavanja ukupno usute količine, a prilikom sljedećih pražnjenja i punjenja rezervoara ne utiče na tabelu zapremine.
- Potrebno je raditi postupak mjerenja polako, tj. sačekati da se površina usute tečnosti smiri i mjeriti po propisu, dok se dva uzastopna mjerenja ne poklope u milimetar, pa će rezultati u tabeli zapremine biti daleko tačniji.
- Postupak baždarenja rezervoara treba sprovesti uvijek istim ritmom, bez obzira koliko će to trajati, da bi rezultati bili pouzdani.
- Zapisnici sa baždarenja rezervoara volumetrijskom metodom su takođe prilično nečitki a pošto se sa njih unose podaci u program, vrlo lako može doći do pogrešnog unosa za pojedine tačke a samim tim i do netačne tabele zapremine. Dakle, zapisnici treba da budu jasni i čitki.
- Pogrešni unosi se manifestuju „skokovima“ na krivoj dijagrama zapremine.
- Kod volumetrijske metode, etalon protočno mjerilo, pomoćna oprema i cjevovodi moraju biti napunjeni radnim fluidom prije početka baždarenja, kako bi se spriječio ulazak vazduha u etalonsku mjernu instalaciju.
- Pri punjenju tečnosti u rezervoar crijevo za ulivanje treba da je potopljeno, kako bi se izbjegla turbulencija radnog fluida.
- Na tabelama zapremine mora obavezno pisati podatak kolika je mrtva zapremina u litrama.
- Tabelu zapremine koju dobijemo u Excel-u, treba pregledati i ispraviti eventualne pravopisne greške pa je tek onda odštampati, potpisati i staviti pečat, čime ona postaje važeća.

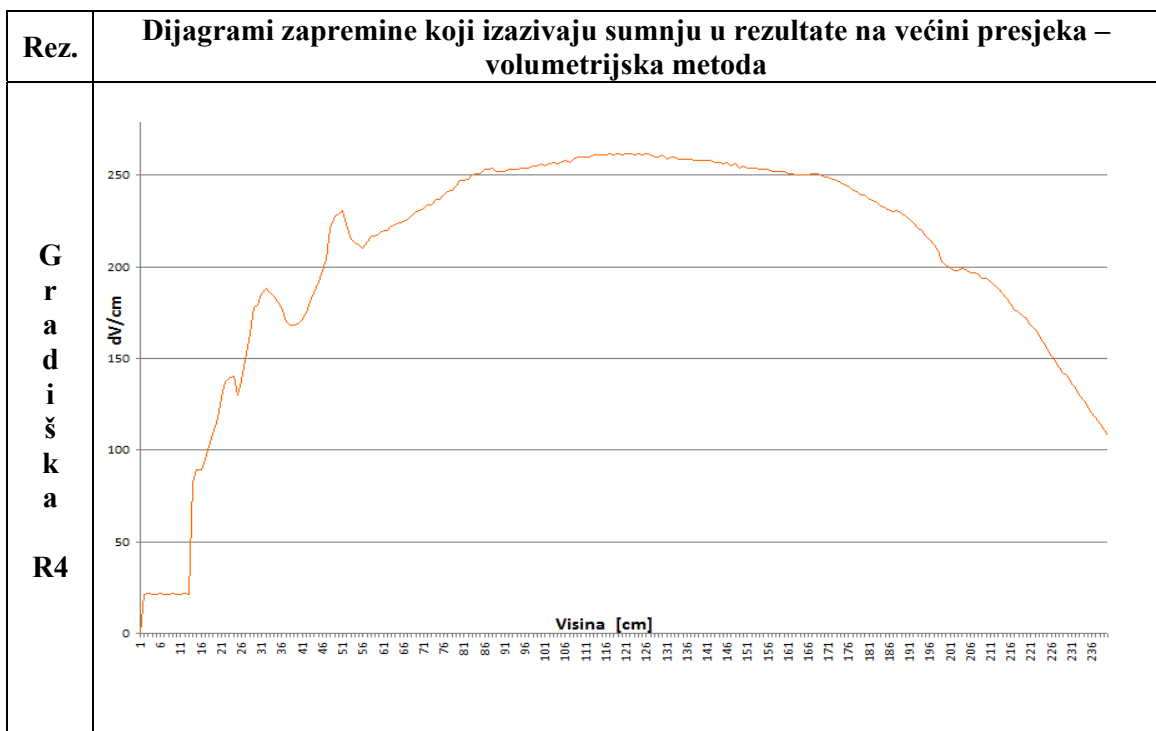
#### 9.4.3. Za geometrijsku elektro-optičku (EODR) metodu:

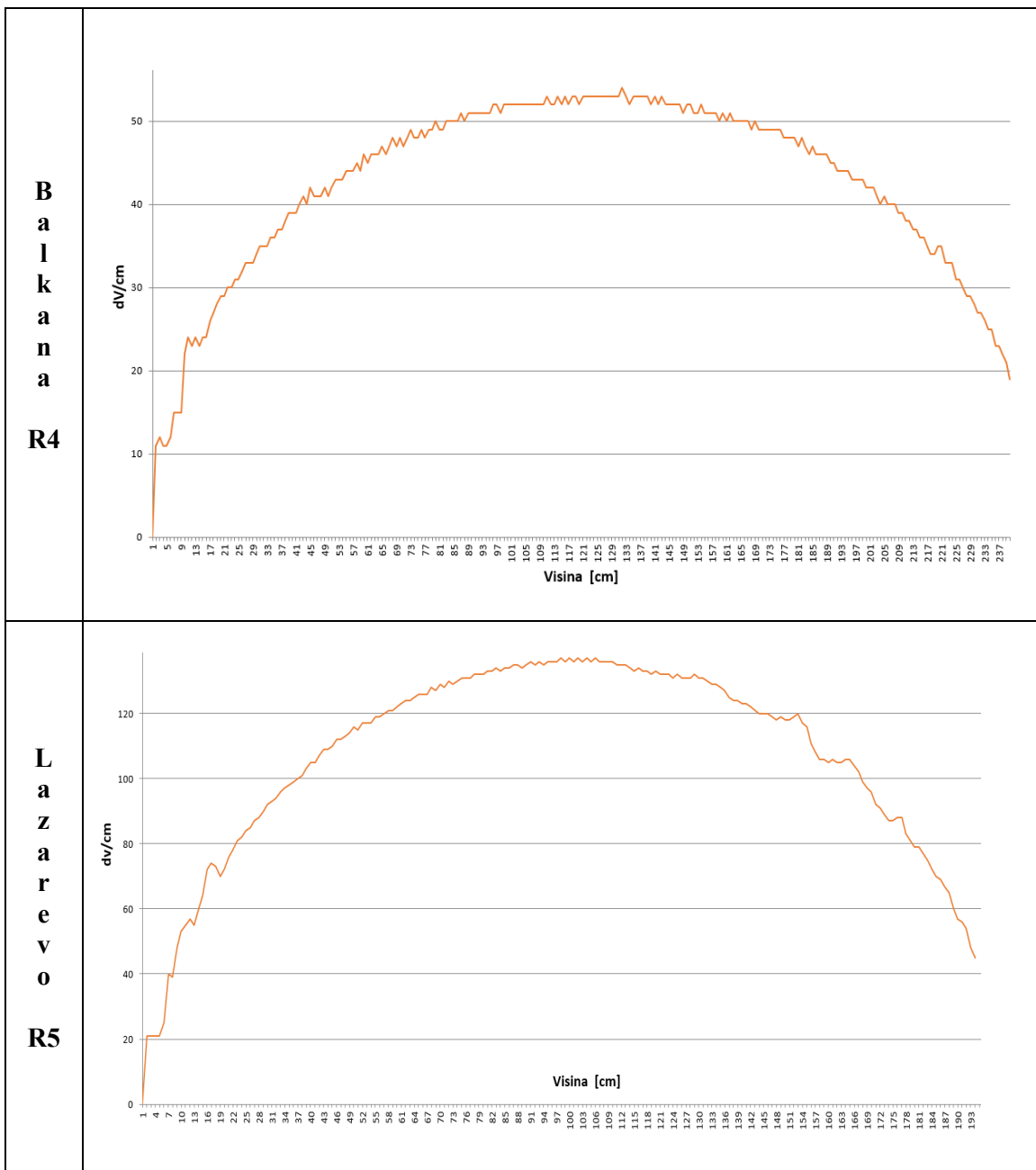
- Ovom metodom mogu se baždari samo rezervoari prečnika preko 2 metra (definisano u tački 1. stav 1. standarda BAS ISO 12917-2 koji glasi: „Ovaj dio BAS ISO 12917-2 određuje metodu za kalibraciju horizontalnih cilindričnih rezervoara koji imaju prečnik veći od 2 metra putem mjerenja unutrašnjeg rastojanja pomoću elektro-optičkog instrumenta, za kasniju izradu tabele zapremine“.
- Baždarenje položenih cilindričnih rezervoara geometrijskom elektro-optičkom (EODR) metodom, vrši se prema standardu BAS ISO 12917-2.

- Pri radu u rezervoaru, nema nekog velikog uticaja čovjeka jer sve radi instrument, ali je zato potrebno obratiti pažnju na određivanje mjesta i obilježavanje nulte tačke i pravilno postavljanje i podešavanje skenera u rezervoaru.
- Kod ove metode mora se obratiti pažnja da unutrašnji omotač rezervoara bude što čistiji, kako bi se postiglo što bolje odbijanje laserskih zraka od omotača.
- Prilikom analize rezultata i postupaka baždarenja, mjerenjem pomoću pomičnog mjerila je utvrđeno da su referentne kugle, koje se koriste za obilježavanje nulte tačke i referentnih tačaka za povezivanje urađenih skenova, manje dimenzije nego što piše u pratećoj dokumentaciji i da su im vrijednosti iste za sve kugle, što je, prilikom unosa u program, dovelo do manjih grešaka jer je nulta tačka praktično spuštena jedan milimetar ispod stvarne vrijednosti. U daljem radu je potrebno u program unositi stvarnu (izmjerenu) veličinu kugli.
- Na tabelama zapremine mora obavezno pisati podatak kolika je mrtva zapremina rezervoara u litrama.

## 10. Zaključak

- Tabela zapremine dobijena geometrijskom manuelnom metodom za rezervoar R4 – b/s „Gradiška“ ne zadovoljava metrološke uslove po pitanju dozvoljene razlike bilo koja dva uzastopno izmjerena prečnika od  $\pm 0.7\%$ , tako da se ne može uzimati u obzir za poređenje.
- Rezultati dobijeni geometrijskom manuelnom metodom, kod rezervoara koji nisu deformisani, odnosno koji zadovoljavaju metrološke uslove za položene cilindrične rezervoare po pitanju dozvoljene razlike bilo koja dva uzastopno izmjerena prečnika od  $\pm 0.7\%$ , kreću se u granicama dozvoljene greške.
- Tabele zapremine dobijene volumetrijskom metodom za rezervoare: R4 – b/s „Gradiška“, R4 – b/s Balkana i R5 – b/s Lazarevo, izazivaju sumnju u dobijene rezultate na većem broju presjeka pa nisu pouzdane za poređenje, što je vidljivo iz njihovih dijagrama zapremine (u sljedećoj tabeli):





- Ostale tabele zapremine dobijene volumetrijskom metodom, koje su urađene u skladu sa Metrološkim uputstvom, relevantne su za poređenje.
- Tabele zapremine dobijene volumetrijskom metodom, najviše u donjem dijelu visine (iznad referentne tačke), nisu dobro interpolirane, pa smatramo da su u tom dijelu tačnije vrijednosti iz tabela zapremine koje su dobijene geometrijskom ručnom ili elektro-optičkom metodom.
- Deformacije rezervoara ne utiču na rezultate baždarenja dobijene volumetrijskom metodom.
- EODR metoda se sprovodi po zahtjevima standarda BAS ISO 12917-2, gdje se u tački 8.3. definiše da je za izradu modela potrebno nanišani najmanje 16 ciljnih tačaka po jednom omotaču za rezervoare prečnika manjeg od 3 metra, ili najmanje 24 ciljne tačke po jednom omotaču za rezervoare prečnika 3 metra i više. Nesigurnost baždarenja se smanjuje sa porastom broja ciljnih tačaka.

- U tački 8.4. standarda se za ravno, eliptično, okruglo i stožasto dno traži najmanje 50 ciljnih tačaka ravnomjerno raspoređenih po površini dna, dok se za zdjelasto dno traži najmanje 16 ciljnih tačaka ravnomjerno raspoređenih po površini dna. Nesigurnost baždarenja se smanjuje sa porastom broja ciljnih tačaka.
- Laserski skener za jedan sken izmjeri nekoliko miliona tačaka, što prema zahtjevima tačke 8.3. i 8.4. standarda za minimalnim brojem ciljnih tačaka, višestruko smanjuje mjernu nesigurnost baždarenja i višestruko premašuje postavljene zahtjeve standarda.
- Rezultati dobijeni EODR metodom, u poređenju sa volumetrijskom metodom, za rezervoare koji su relevantni za poređenje, kreću se u granicama dozvoljenog odstupanja.
- Deformacije rezervoara ne utiču na rezultate baždarenja dobijene EODR metodom.

## 11. Literatura

- Standard **BAS ISO 12917-1**: Nafta i tečni naftni proizvodi – Kalibracija horizontalnih cilindričnih rezervoara – Dio 1: Manuelne metode (Petroleum and liquid petroleum products – Calibration of horizontal cylindrical tanks - Part 1: Manual methods).
- Standard **BAS ISO 12917-2**: Nafta i tečni naftni proizvodi - Kalibracija horizontalnih cilindričnih rezervoara - Dio 2: Mjerenje unutrašnjeg rastojanja elektro - optičkim postupkom (Petroleum and liquid petroleum products - Calibration of horizontal cylindrical tanks - Part 2: Internal electro-optical distance-ranging method).
- Standard **BAS ISO 4269**: Nafta i tečni naftni proizvodi - kalibracija rezervoara mjerenjem tečnosti (mokro baždarenje) korištenjem volumetrijskih mjerača-metoda postepenog povećanja volumena tečnosti (Petroleum and liquid petroleum products – Tank calibration by liquid measurement - Incremental method using volumetric meters).
- New Method for Calibration of Horizontal Fuel Tanks - V. Knyva, M. Knyva (Department of Electronics and Measurements Systems, Kaunas University of Technology, Studentu St.50, LT-51368, Kaunas, Lithuania, mindaugas.knyva@ktu.lt).
- Postupak baždarenja horizontalnog, cilindričnog, nepokretnog rezervoara metodom laserskog skeniranja i prikaz rezultata u odnosu na volumetrijsku metodu – Rad sa kongresa metrologa 2013. godine,
- Program za izradu tabela zapremine za horizontalne i vertikalne cilindrične rezervoare – Srđan Damjenović – Infoteh Jahorina 2006. godine,
- Uticaj pojedinih parametara rezervoara na program za izračunavanje tabela zapremine – Srđan Damjanović, Borislav Pajkić – Rad sa kongresa metrologa 2007. godine,
- Uputstvu za premjeravanje (snimanje) linearnih veličina položenih cilindričnih rezervoara.
- Uputstvo o pripremi ulaznih podataka koji se koriste za izradu tabela zapremine.
- Metrološko uputstvo za baždarenje položenih cilindričnih rezervoara.
- Priručnik za početak rada – Trimble CX 3D laserski skener.