
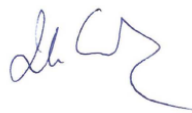



**V M L d.o.o. - SKLADIŠTE NAFTNIH DERIVATA U JAKOVU****IDEJNI PROJEKAT ZA IZGRADNJU NOVIH REZERVOARA ZA
KEROZIN 2 x 4.000 m³****Sveska 6 - Projekat mašinskih instalacija – Rezervoari za kerozin NR1 i NR3**


INVESTITOR:	V M L d.o.o. Ulica Vožda Karađorđa 203A , 11276 Jakovo, Beograd
OBJEKAT:	Skladište naftnih derivata u Jakovu, Ulica Vožda Karađorđa 203A, k.p.1685 K.O.Jakovo
VRSTA TEHNIČKE DOKUMENTACIJE:	IDP – IDEJNI PROJEKAT
NAZIV I OZNAKA DELA PROJEKTA:	6 – PROJEKAT MAŠINSKIH INSTALACIJA – REZERVOARI NR1 i NR3
ZA GRAĐENJE / IZVOĐENJE RADOVA:	NOVA GRADNJA
PROJEKTANT:	KOVAČ-INŽENJERING D.O.O. BEOGRAD, Slobodana Jovića 6b Licenca br. P031M1 (Rešenje br.000385350 2023 14810 005 000 000 001 od 04.12.2023)
ODGOVORNO LICE PROJEKTANTA:	DEJAN KOVAČ
POTPIS:	
ODGOVORNI PROJEKTANT:	DEJAN KOVAČ, dipl.maš.inž.
BROJ LICENCE:	330 A665 04
POTPIS:	
BROJ DELA PROJEKTA	2025130-IDP-6
MESTO I DATUM:	BEOGRAD, Oktobar 2025.

Datum:	Revizija:	Opis revizije:
Oktobar 2025.	0	Za komentar Investitora

 KOVAČ-INŽENJERING d.o.o. Beograd	V M L d.o.o. – Skladište naftnih derivata u Jakovu IDEJNI PROJEKAT ZA IZGRADNJU NOVIH REZERVOARA ZA KEROZION 2 x 4.000 m ³ PROJEKAT MAŠINSKIH INSTALACIJA – REZERVOARI NR1 i NR3	Br. projekta 2025130
		Br.dokumenta 2025130-IDP-6-100
Investitor	V M L d.o.o. Ulica Vožda Karadžića 203A , 11276 Jakovo, Beograd	
Objekat	Skladište naftnih derivata u Jakovu	
Lokacija	Ulica Vožda Karadžića 203A, k.p.1685 K.O.Jakovo	

2. SADRŽAJ PROJEKTA

Red.br.	Broj dokumenta	Naziv dokumenta
	2025130-IDP-6-100	Opšta dokumentacija
1.		Naslovna strana
1.1.		Revizioni list
2.		Sadržaj
3.		Rešenje o određivanju odgovornog projektanta
4.		Izjava odgovornog projektanta
5.	2025130-IDP-6-500	Tekstualna dokumentacija
5.1.	2025130-IDP-6-501	Tehnički opis
6.	2025130-IDP-6-600	Numerička dokumentacija
6.1.	2025130-IDP-6-601	Proračun
6.2.	2025130-IDP-6-602	Procena investicione vrednosti
7.	2025130-IDP-6-700	Grafička dokumentacija
Broj crteža		Naziv crteža
2025130-IDP-6-7-00-01		Situacija
2025130-IDP-6-7-01-01		Dispozicija rezervoara
2025130-IDP-6-8-01		Podloge za građevinski projekat

 KOVAČ-INŽENJERING d.o.o. Beograd	V M L d.o.o. – Skladište naftnih derivata u Jakovu IDEJNI PROJEKAT ZA IZGRADNJU NOVIH REZERVOARA ZA KEROZION 2 x 4.000 m³ PROJEKAT MAŠINSKIH INSTALACIJA – REZERVOARI NR1 i NR3	Br. projekta 2025130
		Br.dokumenta 2025130-IDP-6-100
Investitor	V M L d.o.o. Ulica Vožda Karađorđa 203A , 11276 Jakovo, Beograd	
Objekat	Skladište naftnih derivata u Jakovu	
Lokacija	Ulica Vožda Karađorđa 203A, k.p.1685 K.O.Jakovo	

3. REŠENJE O ODREĐIVANJU ODGOVORNOG PROJEKTANTA

Broj: 2025130-6-103

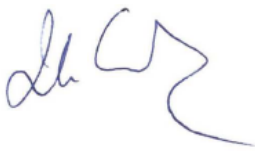
Datum: 01.02.2025.


Na osnovu člana 128. Zakona o planiranju i izgradnji ("Službeni glasnik RS", br. 72/09, 81/09-isppravka, 64/10 odluka US, 24/11 i 121/12, 42/13–odluka US, 50/2013–odluka US, 98/2013–odluka US, 132/14, 145/14, 83/18, 31/19, 37/19, 09/20, 52/21 i 62/23) i odredbi Pravilnika o sadržini, načinu i postupku izrade i načinu vršenja kontrole tehničke dokumentacije prema klasi i nameni objekta ("Službeni glasnik RS", br. 96/2023.), kao:

ODGOVORNI PROJEKTANT

za izradu Projekta mašinskih instalacija – Rezervoari za kerozin NR1 i NR3, koji je deo idejnog projekta (IDP), za novu gradnju rezervoara za kerozin NR1 i NR3 u okviru postojećeg Skladišta naftnih derivata u Jakovu – Beograd, Ulica Vožda Karađorđa 203A, na k.p. 1685 K.O. Jakovo:

Dejan Kovač, dipl.ing.maš..... broj licence IKS 330 A665 04

Projektant:	Kovač-inženjering d.o.o. Slobodana Jovića 6b 11042 Beograd Licenca br: P031M1 (Rešenje br. 000385350 2023 14810 005 000 000 001 od 04.12.2023)
Odgovorno lice/zastupnik:	Dejan Kovač
Potpis:	
Broj tehničke dokumentacije:	2025130-IDP-6
Mesto i datum:	Beograd Mart 2025.

 KOVAČ-INŽENJERING d.o.o. Beograd	V M L d.o.o. – Skladište naftnih derivata u Jakovu IDEJNI PROJEKAT ZA IZGRADNJU NOVIH REZERVOARA ZA KEROZION 2 x 4.000 m³ PROJEKAT MAŠINSKIH INSTALACIJA – REZERVOARI NR1 i NR3	Br. projekta 2025130
		Br.dokumenta 2025130-IDP-6-100
Investitor	V M L d.o.o. Ulica Vožda Karađorđa 203A , 11276 Jakovo, Beograd	
Objekat	Skladište naftnih derivata u Jakovu	
Lokacija	Ulica Vožda Karađorđa 203A, k.p.1685 K.O.Jakovo	

4. IZJAVA ODGOVORNOG PROJEKTANTA

Odgovorni projektant Projekta mašinskih instalacija – Rezervoari za kerozin NR1 i NR3, koji je deo idejnog projekta (IDP), za novu gradnju rezervoara za kerozin NR1 i NR3 u okviru postojećeg Skladišta naftnih derivata u Jakovu – Beograd, Ulica Vožda Karađorđa 203A, na k.p. 1685 K.O. Jakovo

Dejan Kovač, dipl.ing.maš.

IZJAVLJUJEM

1. da je projekat u svemu u skladu sa Lokacijskim uslovima broj ROP-MSGI-22997-LOCH-2/2025, zavodni broj: 003325463 2025 14810 005 001 000 001, Republika Srbija Ministarstvo građevinarstva, saobraćaja i infrastrukture, datum: 30.09.2025. i uslovima imalaca javnih ovlašćenja;
2. da je projekat izrađen u skladu sa Zakonom o planiranju i izgradnji, propisima, standardima i normativima iz oblasti izgradnje objekata i pravilima struke;
3. 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 : Dejan Kovač, dipl.ing.maš.


Broj licence: IKS 330 A665 04

Potpis:



Broj tehničke dokumentacije: 2025130-IDP-6

Mesto i datum: Beograd Oktobar 2025.


 KOVAČ-INŽENJERING d.o.o. Beograd	V M L d.o.o. – Skladište naftnih derivata u Jakovu IDEJNI PROJEKAT ZA IZGRADNJU NOVIH REZERVOARA ZA KEROZION 2 x 4.000 m ³ PROJEKAT MAŠINSKIH INSTALACIJA – REZERVOARI NR1 i NR3	Br. projekta 2025130
		Br.dokumenta 2025130-IDP-6-500
Investitor	V M L d.o.o. Ulica Vožda Karadžića 203A , 11276 Jakovo, Beograd	
Objekat	Skladište naftnih derivata u Jakovu	
Lokacija	Ulica Vožda Karadžića 203A, k.p.1685 K.O.Jakovo	

5. TEKSTUALNA DOKUMENTACIJA

Sadržaj tekstualne dokumentacije:

Red.br.	Broj dokumenta	Naziv dokumenta
5.1.	2025130-IDP-6-501	Tehnički opis

Revizija: 0	Oktobar 2025.	Opšta dokumentacija	
-------------	---------------	---------------------	--

 KOVAČ-INŽENJERING d.o.o. Beograd	V M L d.o.o. – Skladište naftnih derivata u Jakovu IDEJNI PROJEKAT ZA IZGRADNJU NOVIH REZERVOARA ZA KEROZION 2 x 4.000 m³ PROJEKAT MAŠINSKIH INSTALACIJA – REZERVOARI NR1 i NR3	Br. projekta 2025130
		Br.dokumenta 2025130-IDP-6-501
Investitor	V M L d.o.o. Ulica Vožda Karađorđa 203A , 11276 Jakovo, Beograd	
Objekat	Skladište naftnih derivata u Jakovu	
Lokacija	Ulica Vožda Karađorđa 203A. k.p. 1685 K.O.Jakovo	

5.1. TEHNIČKI OPIS

5.1.1. Uvod

Skladište naftnih derivata u Jakovu namenjeno je skladištenju tečnih naftnih derivata i TNG-a. Trenutni skladišni prostor čine podzemni rezervoari za skladištenje tečnih goriva, podzemni rezervoari za skladištenje TNG i dva nadzemna rezervoara za skladištenje dizel goriva. Punjenje rezervoara vrši se iz vagon cisterni sa železničkog koloseka koji je izgrađen u sklopu skladišta, kao i iz brodskih barži sa obližnjeg pristaništa na reci Savi. Otprema tečnih goriva vrši se preko auto-pretakališta u neposrednoj blizini podzemnih rezervoara za tečna goriva. Otprema TNG-a vrši se sa auto-pretakališta koja su locirana blizu rezervoara za TNG. Skladište je opremljeno i pumpnim stanicama, instalacijama za protivpožarnu zaštitu, upravnim zgradama i drugim objektima i opremom.

Građevinskom dozvolom br. 351-03-00673/2012-04 od 01.08.2013. na skladištu je odobrena izgradnja 4 vertikalna nadzemna rezervoara za tečne naftne derivate, i to 2 rezervoara zapremine 2 x 2.700 m³ za skladištenje benzina i 2 x 2.700 m³ za skladištenje dizel goriva. Investitor je izgradio dva rezervoara za dizel gorivo (oznake NR2 i NR4), za koje je dobijena upotrebna dozvola i koji su trenutno u upotrebi. Za druga dva rezervoara izgrađeni su betonski temelji na šipovima, ali rezervoari nisu izgrađeni.


Zbog izmenjenih potreba za skladišnim prostorom, Investitor planira da, na mestu koje je bilo predviđeno za izgradnju rezervoara za benzin, izgradi dva nova rezervoara za mlazno gorivo Jet A1 (kerozin), zapremine 2 x 4.000 m³. Novi rezervoari biće opremljeni čeličnim tankvanama, koje se izvođe izjedna sa rezervoarima, po principu "čaša u čaši". Rezervoari i pripadajuće tankvane će se graditi na postojećim temeljima, koji će za tu svrhu biti rekonstruisani i prošireni tako da temelji budu zajednički za rezervoar i tankvanu.

Predmet ove sveske idejnog projekta je izgradnja čelične konstrukcije rezervoara i tankvane, dok su temelji i ostale instalacije predmet drugih sveski idejnog projekta. U daljem tekstu dat je opis konstrukcije rezervoara i pripadajućih tankvana.

5.1.2. Opšti podaci o rezervoaru

Rezervoari za skladištenje mlaznog goriva Jet A1 (kerozina) su nadzemni, čelični, vertikalni rezervoari sa ravnim dnom i fiksnim kupolnim čeličnim krovom. Oko svakog rezervoara se nalazi njegova čelična tankvana, koja je preko čeličnog dna povezana sa rezervoarom i sa njim čini jedinstvenu celinu. Novi rezervoari imaju oznake NR1 i NR3 i njihova zapremina je 2 x 4.000 m³.

Rezervoari i tankvane će biti izgrađeni na postojećim betonskim temeljima, koji su bili predviđeni za izgradnju rezervoara za benzin, a koji će biti rekonstruisani tako što će biti prošireni, da bi svaki rezervoar i pripadajuća tankvana mogli da se smeste na isti temelj. Temelji moraju biti izvedeni izjedna za rezervoar i tankvanu, tako da omogućuju ravnomerno sleganje. U ovom projektu date su podloge sa opterećenjima za proračun temelja (grafička dokumentacija, crtež 2025130-IDP-6-8-01-01).

 KOVAČ-INŽENJERING d.o.o. Beograd	V M L d.o.o. – Skladište naftnih derivata u Jakovu IDEJNI PROJEKAT ZA IZGRADNJU NOVIH REZERVOARA ZA KEROZION 2 x 4.000 m³ PROJEKAT MAŠINSKIH INSTALACIJA – REZERVOARI NR1 i NR3	Br. projekta 2025130
		Br.dokumenta 2025130-IDP-6-501
Investitor	V M L d.o.o. Ulica Vožda Karađorđa 203A , 11276 Jakovo, Beograd	
Objekat	Skladište naftnih derivata u Jakovu	
Lokacija	Ulica Vožda Karađorđa 203A. k.p. 1685 K.O.Jakovo	

Osnovni podaci o rezervoarima su:

Tip rezervoara:	Nadzemni, cilindrični, vertikalni
Unutrašnji prečnik rezervoara	16,5 m
Visina omotača	20,018 m
Visina punjenja	18,75 m
Ukupna visina rezervoara sa krovom	21,457 m (preliminarna visina, precizna visina će biti određena nakon detaljne konstruktivne razrade)
Nazivna zapremina	4.000 m ³
Korisna zapremina	4.000 m ³
Krov rezervoara	čelični kupolni fiksni
Dno rezervoara	ravno duplo dno sa kontrolom nepropusnosti
Materijal krova, omotača i dna	S235J2 / JR
Uskladišteni fluid	Mlazno gorivo A1 – kerozin
Gustina fluida (max.)	820 kg/m ³
Projektna maksimalna gustina fluida	1000 kg/m ³
Skladišna temperatura	ambijentalna (max. +40 °C)
Projektna temperatura	+80 / -20 °C
Radni pritisak	Atmosferski (+ 250 Pa / - 250 Pa)
Projektni pritisak	Atmosferski (+ 1200 Pa / - 600 Pa)
Dodatak na koroziju	CA=1mm
Grejanje rezervoara	Ne
Toplotna izolacija	Ne


Osnovni podaci o tankvani su:

Oblik tankvane:	Cilindrična, sa ravnim dnom i bez krova
Unutrašnji prečnik tankvane	20,5 m
Visina omotača	13,022 m
Zapremina	4.298 m ³
Dodatak na debljinu lima zbog korozije	CA=1mm
Projektni pritisak	Atmosferski
Materijal omotača i dna	S235J2

Rezervoar se sastoji od dna, omotača i krova, kao i pripadajuće opreme i priključaka. Tankvana se sastoji od omotača i dna, koje je povezano sa dnom rezervoara. Tankvana će biti opremljena slivnikom, koji će se povezati sa sistemom tehnološke i atmosferske kanalizacije.

Tankvana je dimenzionisana tako da može da prihvati sav sadržaj rezervoara u slučaju havarijskog izlivanja, a da pritom visina omotača tankvane ne prelazi 4/5 visine rezervoara, u skladu sa propisima. Konstrukcija rezervoara i tankvane je takva da je pristup krovu rezervoara moguć bez silaska u tankvanu. Sva glavna zaporna armatura rezervoara se nalazi sa spoljne strane tankvane, tako da je manipulacija moguća bez ulaska u prostor tankvane.

Novi rezervoari imaju povećanu visinu u odnosu na prethodno planirane rezervoare, radi uštede prostora na skladištu. Ukupna planirana visina rezervoara je manja od maksimalno dozvoljene visine

 KOVAČ-INŽENJERING d.o.o. Beograd	V M L d.o.o. – Skladište naftnih derivata u Jakovu IDEJNI PROJEKAT ZA IZGRADNJU NOVIH REZERVOARA ZA KEROZION 2 x 4.000 m³ PROJEKAT MAŠINSKIH INSTALACIJA – REZERVOARI NR1 i NR3	Br. projekta 2025130
		Br.dokumenta 2025130-IDP-6-501
Investitor	V M L d.o.o. Ulica Vožda Karađorđa 203A , 11276 Jakovo, Beograd	
Objekat	Skladište naftnih derivata u Jakovu	
Lokacija	Ulica Vožda Karađorđa 203A. k.p. 1685 K.O.Jakovo	

koja je propisana urbanističkim planom i koja iznosi 24 m za posebne delove konstrukcije, tehničke instalacije i tehnološke objekte.

Rezervoar i tankvana će biti opremljeni:

- tehnološkim priključcima (za punjenje, pražnjenje, drenažu, ostale manipulativne cevovode i dr...)
- ulaznim otvorima na omotaču i krovu,
- priključcima za mernu i sigurnosnu opremu,
- priključcima za uzimanje uzoraka,
- ostalim potrebnim priključcima, prema zahtevima tehnologije,
- duplim dnom sa kontrolom nepropusnosti,
- stepeništima, radnim platformama, prelaznicama, penjalicama i ogradama,
- mernim instrumentima za merenje i kontrolu nivoa, temperature i pritiska,
- priključcima za normalnu i sigurnosnu disajnu armaturu,
- stabilnom instalacijom za zaštitu od požara (gašenje i hlađenje),
- uzemljenjem,
- ostalim delovima i opremom koji su potrebni za pouzdan i bezbedan rad.

Opšti izgled rezervoara i tankvane i dispozicija priključaka i opreme prikazani su na crtežu 2025130-IDP-6-7-01-01 u grafičkoj dokumentaciji.

5.1.3. Opis konstrukcije rezervoara i tankvane

Dno rezervoara


Dno rezervoara je duplo, vakuumirano. Vakuumiranje dna vrši se u cilju kontrole nepropusnosti. Dno se postavlja na unapred pripremljen temelj, koji se izvodi sa nagibom 1% od centra ka periferiji.

Duplo dno čine primarno (donje) dno i unutrašnje dno.

Primarno dno rezervoara se sastoji iz centralnog dela i anularnog prstena. Centralni deo izrađuje se od tabli lima dimenzija 2000 x 8000 i debljine 7 mm. Table se međusobno zavaruju preklopno. Anularni deo dna je od tabli lima debljine 9 mm, koje se međusobno zavaruju sučeono (sa upotrebom podložne trake od lima), a sa centralnim delom dna na preklop od najmanje 60 mm. Anularni prsten je poligonalnog oblika i na njega se oslanja omotač rezervoara.

Materijal limova anularnog prstena primarnog dna rezervoara je S235J2, a materijal centralnog dela je S235JR.

Unutrašnje dno rezervoara se izrađuje od bradavičastog lima (rebrasti lim, SRPS C.B4.114 vrsta B odnosno DIN 59220 Oblik "T"). Limovi se postavljaju tako da im ispupčena strana bude okrenuta na dole, da bi se stvorio međuprostor između dva dna. Table bradavičastog lima su dimenzija $\neq 6/2 \times$

 KOVAČ-INŽENJERING d.o.o. Beograd	V M L d.o.o. – Skladište naftnih derivata u Jakovu IDEJNI PROJEKAT ZA IZGRADNJU NOVIH REZERVOARA ZA KEROZION 2 x 4.000 m³ PROJEKAT MAŠINSKIH INSTALACIJA – REZERVOARI NR1 i NR3	Br. projekta 2025130
		Br.dokumenta 2025130-IDP-6-501
Investitor	V M L d.o.o. Ulica Vožda Karadžića 203A , 11276 Jakovo, Beograd	
Objekat	Skladište naftnih derivata u Jakovu	
Lokacija	Ulica Vožda Karadžića 203A. k.p. 1685 K.O.Jakovo	

1500 x 6000 i međusobno se zavaruju preklopnim zavarenim spojevima, osim na delu uz omotač rezervoara, u pojasu od 200 mm, gde se zavaruju sučeono.

Sučeonu var po obodnom delu koristi se zbog naleganja obodnog L-ugaonika, koji treba da obezbedi nepropusnu vezu limova unutrašnjeg dna sa omotačem. Spoj omotača i ugaonika, kao i spoj ugaonika sa limovima unutrašnjeg dna ostvaruje se ugaonim kontinuiranim varom. L – ugaonik se prethodno savija na unutrašnji radijus krivine omotača rezervoara.

Limovi unutrašnjeg dna ne zavaruju se za limove primarnog dna, osim:

- po obimu, isprekidanim ugaonim varom,
- oko odmuljne jame kontinualnim ugaonim varom,

Materijal limova unutrašnjeg dna je S235JR. Dno rezervoara je opremljeno odmuljnom jamom prečnika Ø1220 mm i dubine 600 mm. Jama se takođe izvodi kao dupla, sa kontrolom nepropusnosti.

U svrhu kontrole nepropusnosti, predviđena su dva priključaka za vakuumiranje: jedan za dno i jedan za odmuljnu jamu. Svaka sekcija duplog dna ima zaseban priključak za vakuumiranje. Na ove priključke priključuju se vakuum – pumpe i ugrađuju se vakuummetri za kontrolu ostvarenog vakuuma.


Omotač

Omotač je cilindričnog oblika i sastoji se od ukupno 10 pojaseva. Međusobno, limovi omotača se zavaruju sučeono, s tim da se zavarivanje vrši sa spoljne strane sa V-šavom, uz potpuni provar. Donji pojas omotača se zavaruje za anularni prsten dna obostranim kontinualnim zavarenim spojem. Limovi omotača se pre zavarivanja savijaju na radijus rezervoara, a prilikom zavarivanja poravnavaju se po unutrašnjoj strani.

Dimenzije pojaseva omotača (odozdo na gore) su date u tabeli:

Pojas br.	Visina (mm)	Debljina (mm)
10	2000	6
9	2000	6
8	2000	6
7	2000	7
6	2000	8
5	2000	9
4	2000	10
3	2000	11
2	2000	12
1	2000	14

Materijal omotača je S235J2.

 KOVAČ-INŽENJERING d.o.o. Beograd	V M L d.o.o. – Skladište naftnih derivata u Jakovu IDEJNI PROJEKAT ZA IZGRADNJU NOVIH REZERVOARA ZA KEROZION 2 x 4.000 m³ PROJEKAT MAŠINSKIH INSTALACIJA – REZERVOARI NR1 i NR3	Br. projekta 2025130
		Br.dokumenta 2025130-IDP-6-501
Investitor	V M L d.o.o. Ulica Vožda Karađorđa 203A , 11276 Jakovo, Beograd	
Objekat	Skladište naftnih derivata u Jakovu	
Lokacija	Ulica Vožda Karađorđa 203A. k.p. 1685 K.O.Jakovo	

Vrh omotača ukrućen je rubnim ugaonikom od profila L120x120x12, koji ujedno predstavlja i oslonac krovnog pokrivača. Rubni ugaonik zavaruje se sa spoljne strane omotača, na 6 mm ispod vrha, a okrenut je nožicom ka omotaču.

Omotač je dodatno ukrućen jednim sekundarnim prstenom za ukrućenje koji se izrađuje od lima u obliku profila L100x10 /100x10.

Krov rezervoara

Krov rezervoara je čelični, sferni, sa prečnikom kupole R19800. Sastoji se od noseće krovne konstrukcije i krovnog pokrivača (limovi krova).

Krovnna konstrukcija se sastoji od 28 glavnih radijalnih nosača izrađenih od čeličnih toplovaljanih profila IPN140. Glavni nosači su bočno ukrućeni pomoću 3 prstena od profila L60x60x6. Glavni radijalni nosači se za omotač vezuju zavarivanjem, oslanjajući se na stolice od lima. U centru krovne kupole je centralni prsten prečnika 1800 mm, izrađen od lima, koji formira presek u obliku I-profila.

Konstrukcija je dodatno ukrućena sa 4 ravnomerno raspoređena sprega od dijagonalnih nosača L70x70x7.

Krovni pokrivač se sastoji iz limova debljine 6 mm, koji se međusobno zavaruju preklapno. Limovi krova ne zavaruju se za krovnu konstrukciju, nego samo za lim na vrhu omotača kontinuiranim ugaonim varom.

Oprema rezervoara i priključci


Rezervoar je opremljen sledećom opremom i priključcima:

Oprema:

- ograda oko krova,
- penjalice i radne platforme na krovu,
- spiralne stepenice,
- prelaznica sa rezervoara na tankvanu,
- unutrašnje merdevine,
- disajna i sigurnosna armatura,
- dupla odmuljna jama,
- stabilna instalacija za gašenje i hlađenje (predmet posebnog projekta),
- plivajući usis,
- ankeri,
- natpisna pločica i dr.

Priključci na omotaču:

- | | | |
|---|---|-----|
| - ulazni otvor na omotaču 24" | 1 | kom |
| - priključak za izlaz fluida sa plivajućim usisom 8" 150# | 1 | kom |

 KOVAČ-INŽENJERING d.o.o. Beograd	V M L d.o.o. – Skladište naftnih derivata u Jakovu IDEJNI PROJEKAT ZA IZGRADNJU NOVIH REZERVOARA ZA KEROZION 2 x 4.000 m³ PROJEKAT MAŠINSKIH INSTALACIJA – REZERVOARI NR1 i NR3	Br. projekta 2025130
		Br.dokumenta 2025130-IDP-6-501
Investitor	V M L d.o.o. Ulica Vožda Karadžića 203A, 11276 Jakovo, Beograd	
Objekat	Skladište naftnih derivata u Jakovu	
Lokacija	Ulica Vožda Karadžića 203A. k.p. 1685 K.O.Jakovo	

- | | | |
|--|---|-----|
| - priključak za ulaz fluida sa barži 8" 150# | 1 | kom |
| - priključak za ulaz fluida iz vagon cisterni 8" 150# | 1 | kom |
| - priključak za drenažu i potpuno pražnjenje 4" 150# | 1 | kom |
| - priključci za vakuumiranje unutrašnjeg dna i odmuljne jame 3/4" 150# | 2 | kom |
| - priključak za lokalno merenje temperature 2" 150# | 1 | kom |
| - priključak za transmiter pritiska tečne faze 2# 150# | 1 | kom |
| - priključak za nivo-prekidač maksimalnog nivoa 2 x 2" 150# | 1 | kom |
| - priključak za nivo-prekidač minimalnog nivoa 2 x 2# 150# | 1 | kom |
| - priključak za ubacivanje pene za gašenje požara DN125 PN16 | 3 | kom |

Priključci na krovu:

- | | | |
|---|---|-----|
| - ulazni otvori na krovu 24" | 1 | kom |
| - priključak za uzimanje uzoraka 8" 150#, sa poklopcem | 1 | kom |
| - priključak za daljinski merač nivoa 8" 150# | 1 | kom |
| - priključak za daljinsko merenje temperature 3" 150# | 1 | kom |
| - priključak za sigurnosni ventil (zaklopku) 24" | 1 | kom |
| - priključak za disajni ventil 12" 150# | 1 | kom |
| - rezervni priključak (transmitter pritiska gasne faze) 3" 150# | 1 | kom |


Svi cevni priključci i oprema izvođe se prema preporukama i tipskim rešenjima standarda API 650 / EN 14015. Cevni priključci i pribornice su prema ASME standardima, klase 150 lb.

Priključci za merenje temperature i nivoa na krovu i priključak za uzimanje uzoraka opremljeni su umirujućim cevima. Između umirujućih cevi priključaka za daljinsko merenje i uzimanje uzoraka postavljene su unutrašnje penjalice.

Dno tankvane

Dno tankvane izrađuje se od limova debljine 9 mm, koji su zavareni za anularni prsten rezervoara i sa njim čine jednu celinu. Zavarivanje limova dna tankvane međusobno i zavarivanje za limove dna rezervoara vrši se sučeonim spojevima uz upotrebu podložne trake. Materijal limova dna tankvane je S235J2.

Dno tankvane je takođe opremljeno odmuljnom jamom prečnika Ø900 mm i dubine 450 mm, ali se ona ne izvodi kao dupla. Jama je opremljena priključkom za drenažu, kojim se vrši pražnjenje tankvane. Priključak i cev za drenažu vodi se ispod dna, kroz betonski temelj, pa izradu treba uskladiti sa izvođenjem radova na temelju.

 KOVAČ-INŽENJERING d.o.o. Beograd	V M L d.o.o. – Skladište naftnih derivata u Jakovu IDEJNI PROJEKAT ZA IZGRADNJU NOVIH REZERVOARA ZA KEROZION 2 x 4.000 m³ PROJEKAT MAŠINSKIH INSTALACIJA – REZERVOARI NR1 i NR3	Br. projekta 2025130
		Br.dokumenta 2025130-IDP-6-501
Investitor	V M L d.o.o. Ulica Vožda Karađorđa 203A , 11276 Jakovo, Beograd	
Objekat	Skladište naftnih derivata u Jakovu	
Lokacija	Ulica Vožda Karađorđa 203A. k.p. 1685 K.O.Jakovo	

Omotač tankvane

Omotač tankvane je cilindričnog oblika i sastoji se od ukupno 5 pojaseva. Međusobno, limovi omotača se zavaruju sučeono, s tim da se zavarivanje vrši sa spoljne strane (V-šav) uz potpuni provar. Donji pojas omotača se zavaruje za limove dna tankvane obostranim kontinualnim zavarenim spojem. Limovi omotača se pre zavarivanja savijaju na radijus tankvane, a prilikom zavarivanja poravnavaju se po unutrašnjoj strani.

Dimenzije pojaseva omotača (odozdo na gore) su date u tabeli:

Pojas br.	Visina (mm)	Debljina (mm)
7	1500	6
6	1500	6
5	2000	6
4	2000	7
3	2000	8
2	2000	10
1	2000	11

Materijal omotača je S235J2.


Vrh omotača tankvane ukrućen je rubnim ugaonikom L80x80x8. Na visini 1110 mm ispod vrha, omotač je ukrućen primarnim prstenom za ukrućenje, koji služi kao staza za hodanje oko vrha tankvane. Staza je izrađena od lima debljine 6 mm i ima ogradu sa spoljne strane.

Oprema i priključci na tankvani

Svi tehnološki priključci koji postoje na omotaču samog rezervoara, čiji cevovodi prodiru kroz tankvanu, zahtevaju postojanje odgovarajućih priključaka na tankvani. Ovi priključci na tankvani su ugaono pomereni u odnosu na svoj par na rezervoaru, kako bi se obezbedila samokompenzacija cevovoda unutar tankvane koji ih povezuju. Glavna zaporna armatura rezervoara postavlja se izvan tankvane, a na cevovodima unutar tankvane dozvoljeni su samo servisni ventili, koji tokom normalnog rada moraju biti zaključani u otvorenom položaju. Cevovodi unutar tankvane su opremljeni prirubničkim vezama, radi rastavljalivosti.

Priključci na tankvani:

- ulazni otvor na omotaču 24"	1	kom
- priključak za izlaz fluida sa plivajućim usisom 8" 150#	1	kom
- priključak za ulaz fluida sa barži 8" 150#	1	kom
- priključak za ulaz fluida iz vagon cisterni 8" 150#	1	kom
- priključak za drenažu i potpuno pražnjenje 4" 150#	1	kom

 KOVAČ-INŽENJERING d.o.o. Beograd	V M L d.o.o. – Skladište naftnih derivata u Jakovu IDEJNI PROJEKAT ZA IZGRADNJU NOVIH REZERVOARA ZA KEROZION 2 x 4.000 m³ PROJEKAT MAŠINSKIH INSTALACIJA – REZERVOARI NR1 i NR3	Br. projekta 2025130
		Br.dokumenta 2025130-IDP-6-501
Investitor	V M L d.o.o. Ulica Vožda Karadžića 203A , 11276 Jakovo, Beograd	
Objekat	Skladište naftnih derivata u Jakovu	
Lokacija	Ulica Vožda Karadžića 203A. k.p. 1685 K.O.Jakovo	

- | | | |
|--|---|-----|
| - priključci za vakuumiranje unutrašnjeg dna i odmuljne jame 3/4" 150# | 2 | kom |
| - priključak za drenažu tankvane 3" 150# | 1 | kom |
| - priključak za transmitter pritiska / rezervni 2" 150# | 1 | kom |
| - priključak za nivo-prekidač maksimalnog nivoa tankvane 2" 150# | 1 | kom |
| - priključak za ubacivanje pene za gašenje požara DN125 PN16 | 2 | kom |
| - priključak za dovodni cevovod za gašenje DN100 PN16 | 1 | kom |
| - priključak za dovodni cevovod za hlađenje DN100 PN16 | 1 | kom |

Oprema:

- primarni prsten za ukrućenje (staza za hodaње),
- ograda na prstenu,
- spiralne stepenice,
- prelaznica sa tankvane na rezervoar,
- odmuljna jama,
- stabilna instalacija za gašenje i hlađenje (predmet posebnog projekta),
- natpisna pločica,
- kleme za uzemljenje, i dr.

Uputstva za izradu i ispitivanje rezervoara

Uputstva za zavarivanje čelične konstrukcije biće data u projektu za izvođenje.

U toku i nakon izgradnje izvršiće se sva potrebna ispitivanja i kontrole, kao što su:


- kontrola mera i oblika,
- kontrole nepropusnosti,
- kontrole zavarenih spojeva (penetrantima, radiografski...),
- hidrottest,
- ostale potrebne kontrole u skladu sa zahtevima standarda API 650 / EN14015.

Zahtevi za kontrolu i ispitivanje biće definisani projektom za izvođenje.

5.1.4 Antikorozivna zaštita rezervoara

Nakon završetka radova na montaži rezervoara, opreme i priključaka i radova na kontroli i ispitivanju, rezervoar treba zaštititi antikorozivnim premazom.

Predlog tehnologije antikorozivne zaštite dat je u donjem tekstu. Način zaštite usaglasiti sa nadležnom službom investitora i sa preporukama proizvođača boja.

 KOVAČ-INŽENJERING d.o.o. Beograd	V M L d.o.o. – Skladište naftnih derivata u Jakovu IDEJNI PROJEKAT ZA IZGRADNJU NOVIH REZERVOARA ZA KEROZION 2 x 4.000 m³ PROJEKAT MAŠINSKIH INSTALACIJA – REZERVOARI NR1 i NR3	Br. projekta 2025130
		Br.dokumenta 2025130-IDP-6-501
Investitor	V M L d.o.o. Ulica Vožda Karadžića 203A , 11276 Jakovo, Beograd	
Objekat	Skladište naftnih derivata u Jakovu	
Lokacija	Ulica Vožda Karadžića 203A. k.p. 1685 K.O.Jakovo	

Zaštita spoljnih površina:

- Peskarenje do SA 2,5, prema ISO 8501-1,
- osnovni epoksi premaz debljine suvog filma 40µm
- međupremaz i završni poliuretanski premaz u dva premaza, ukupna NDFT = 200 µm; nijansa po izboru Investitora

Zaštita unutrašnjih površina:

- odmašćivanje i čišćenjem rastvaračem,
- peskarenje do Sa 2½ , prema ISO 8501-1,
- osnovni etil-silikatni premaz, ukupne debljine suvog filma 60µm
- završni etil-silikatni premaz ukupne debljine suvog filma 200 µm

Primarno dno sa gornje strane i unutrašnje dno odozdo:

- peskarenje do Sa 2½ , prema ISO 8501-1,
- osnovni epoksi premaz, ukupne debljine suvog filma: 40 µm

Primarno dno i dno tankvane sa donje strane (pre polaganja limova):


- peskarenje do Sa 2½ , prema ISO 8501-1,
- završni epoksi - katranski premaz 2x100 µm suvog filma.

Zaštita rešetkastih gazišta:

- toplo cinkovanje

Odgovorni projektant


Dejan Kovač, dipl.maš.ing.
IKS 330 A665 04


 KOVAČ-INŽENJERING d.o.o. Beograd	V M L d.o.o. – Skladište naftnih derivata u Jakovu IDEJNI PROJEKAT ZA IZGRADNJU NOVIH REZERVOARA ZA KEROZION 2 x 4.000 m ³ PROJEKAT MAŠINSKIH INSTALACIJA – REZERVOARI NR1 i NR3	Br. projekta 2025130
		Br.dokumenta 2025130-IDP-6-600
Investitor	V M L d.o.o. Ulica Vožda Karadžića 203A , 11276 Jakovo, Beograd	
Objekat	Skladište naftnih derivata u Jakovu	
Lokacija	Ulica Vožda Karadžića 203A, k.p.1685 K.O.Jakovo	

6. NUMERIČKA DOKUMENTACIJA


Sadržaj numeričke dokumentacije:

Red.br.	Broj dokumenta	Naziv dokumenta
6.1.	2025130-IDP-6-601	Proračun
6.2.	2025130-IDP-6-602	Procena investicione vrednosti

Revizija: 0	Oktobar 2025.	Numerička dokumentacija	
-------------	---------------	-------------------------	--

 KOVAČ-INŽENJERING d.o.o. Beograd	V M L d.o.o. – Skladište naftnih derivata u Jakovu IDEJNI PROJEKAT ZA IZGRADNJU NOVIH REZERVOARA ZA KEROZION 2 x 4.000 m ³ PROJEKAT MAŠINSKIH INSTALACIJA – REZERVOARI NR1 i NR3	Br. projekta 2025130
		Br.dokumenta 2025130-IDP-6-601
Investitor	V M L d.o.o. Ulica Vožda Karadžića 203A , 11276 Jakovo, Beograd	
Objekat	Skladište naftnih derivata u Jakovu	
Lokacija	Ulica Vožda Karadžića 203A, K.P. 1685 KO Jakovo	

6.1. PRORAČUN

 KOVAČ-INŽENJERING d.o.o. Beograd	V M L d.o.o. – Skladište naftnih derivata u Jakovu IDEJNI PROJEKAT ZA IZGRADNJU NOVIH REZERVOARA ZA KEROZION 2 x 4.000 m ³ PROJEKAT MAŠINSKIH INSTALACIJA – REZERVOARI NR1 i NR3	Br. projekta	2025130
		Br.dokum.	2025130-IDP-6-601
Investitor	V M L d.o.o. Ulica Vožda Karađorđa 203A , 11276 Jakovo, Beograd		
Objekat	Skladište naftnih derivata u Jakovu		
Lokacija	Ulica Vožda Karađorđa 203A, K.P. 1685 KO Jakovo		


1. POLAZNI PODACI

1.1. Podaci o rezervoaru

Unutrašnji prečnik rezervoara	$D := 16.5 \cdot m$
Visina omotača (do vrha rubnog ugaonika)	$H := 20 \cdot m$
Rastojanje od vrha omotača do donje ivice preliva (ako postoji)	$h_p := 0 \cdot m$
Ukupna visina rezervoara	$h_k = 21.5 \cdot m$
Uskladištena tečnost:	Mlazno gorivo - kerozin
Radna temperatura:	$t_{max} := 40 \cdot ^\circ C$
Projektna temperatura metala:	$t_{pmax} := 80 \cdot ^\circ C$
Gustina tečnosti $\rho = 800\text{-}820 \text{ kg/m}^3$, za proračun se usvaja:	$\rho := 1000 \cdot \frac{kg}{m^3}$
Dodatak na koroziju:	$CA := 1 \cdot mm$

1.2. Opterećenja

Opterećenja koja deluju na rezervoar su:	
- sopstvena težina elemenata konstrukcije	
- hidrostatičko opterećenje od uskladištene tečnosti u radnim uslovima i od vode pri hidrotestu	
- proračunski nadpritisk u rezervoaru:	$p_n := 1200 \cdot Pa$
- proračunski vakuum u rezervoaru	$p_v := 600 \cdot Pa$
- opterećenje od snega:	$q_{ks} := 1000 \cdot Pa$
	$\mu_l := 0.8$ faktor oblika
	$C_e := 1$ faktor izloženosti
	$C_t := 1$ faktor temperature
	$q_s := q_{ks} \cdot \mu_l \cdot C_e \cdot C_t = 800 \cdot Pa$
- korisno opterećenje krova:	$L_r := 1200 \cdot Pa$
- opterećenje od vetra - videti tačku 1.2.1.	
- seizmičko opterećenje - videti tačku 3.3.2.	

 KOVAČ INŽENJERING d.o.o. Beograd	V M L d.o.o. – Skladište naftnih derivata u Jakovu IDEJNI PROJEKAT ZA IZGRADNJU NOVIH REZERVOARA ZA KEROZION 2 x 4.000 m ³ PROJEKAT MAŠINSKIH INSTALACIJA – REZERVOARI NR1 i NR3	Br. projekta	2025130
		Br.dokum.	2025130-IDP-6-601
Investitor	V M L d.o.o. Ulica Vožda Karađorđa 203A, 11276 Jakovo, Beograd		
Objekat	Skladište naftnih derivata u Jakovu		
Lokacija	Ulica Vožda Karađorđa 203A, K.P. 1685 KO Jakovo		

1.2.1. Proračun opterećenja vetrom prema SRPS EN 1991-1-4

$H_n := 73 \cdot m$ nadmorska visina

$\rho_v := 1.22 \frac{kg}{m^3}$ gustina vazduha

$v_{bo} := 21 \cdot \frac{m}{s}$ fundamentalna vrednost osnovne brzine vetra (SRPS EN 1991-1-4/NA:2017)

$C_{dir} := 1$ koeficijent pravca

$C_{season} := 1$ koeficijent sezonskog delovanja

Osnovna brzina vetra: $v_b := C_{dir} \cdot C_{season} \cdot v_{bo} = 21 \frac{m}{s}$

Osnovni pritisak vetra: $q_b := \frac{1}{2} \cdot \rho_v \cdot v_b^2 = 268.1 Pa$

Kategorija terena: $KT := 2$

$z_o = 0.05$ dužina hrapavosti

$z_{min} = 2 m$ $z_{max} := 200 \cdot m$ granične vrednosti visine

$z_{oII} := 0.05 \cdot m$ dužina hrapavosti za teren II kategorije

Koeficijent terena: $k_r := 0.19 \cdot \left(\frac{z_o}{z_{oII}} \right)^{0.07} = 0.19$

Za: $z_{min} \leq z_o \leq z_{max}$, koeficijent hrapavosti terene je: $C_r(z) := k_r \cdot \ln \left(\frac{z}{z_o} \right)$

Koeficijent topografije terena za ravne terene: $C_o := 1$

Srednja brzina vetra na visini z iznad terena: $v_m(z) := C_r(z) \cdot C_o \cdot v_b$

za visinu: $z := H = 20 m$ $C_r(H) = 1.14$ $v_m(H) = 23.9 \frac{m}{s}$

za visinu: $z := h_k = 21.5 m$ $C_r(h_k) = 1.15$ $v_m(h_k) = 24.2 \frac{m}{s}$

Koeficijent turbulencije vetra: $k_I := 1$

Intenzitet turbulencije: $I_v(z) := \frac{k_I}{C_o \cdot \ln \left(\frac{z}{z_o} \right)}$ za: $z_{min} \leq z_o \leq z_{max}$

Udarni pritisak vetra: $q_p(z) := (1 + 7 \cdot I_v(z)) \cdot \frac{1}{2} \cdot \rho_v \cdot v_m(z)^2$

za visinu: $z := H$ $q_p(H) = 753 Pa$


Ovom pritisku odgovara maksimalna brzina vetra: $v_{max} := \sqrt{\frac{2 \cdot q_p(H)}{\rho_v}} = 35.2 \frac{m}{s}$

Minimalna proračunska brzina vetra po standardu EN 14015: $45 \frac{m}{s}$

Usvaja se proračunski pritisak za dejstvo na omotač:

$$q_p := \frac{\rho_v \cdot \left(\max \left(45 \frac{m}{s}, v_{max} \right) \right)^2}{2} = 1231.1 Pa$$

za visinu: $z := h_k = 21.5 m$ $q_{pk} = 1231 Pa$ (merodavno za dejstvo na krov)

 KOVAČ-INŽENJERING d.o.o. Beograd	V M L d.o.o. – Skladište naftnih derivata u Jakovu IDEJNI PROJEKAT ZA IZGRADNJU NOVIH REZERVOARA ZA KEROZION 2 x 4.000 m ³ PROJEKAT MAŠINSKIH INSTALACIJA – REZERVOARI NR1 i NR3	Br. projekta	2025130
		Br.dokum.	2025130-IDP-6-601
Investitor	V M L d.o.o. Ulica Vožda Karađorđa 203A, 11276 Jakovo, Beograd		
Objekat	Skladište naftnih derivata u Jakovu		
Lokacija	Ulica Vožda Karađorđa 203A, K.P. 1685 KO Jakovo		

2. PRORAČUN KROVNE KONSTRUKCIJE

Materijal limova krova: S235JR $\sigma_v := 235 \cdot \text{MPa}$ - granica tečenja $\sigma_{doz} := 150 \cdot \text{MPa}$

Materijal krovnih nosača: S235JR $\sigma_{dozf} := 180 \cdot \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$ - dozvoljeni napon savijanja

2.1. Dimenzije krova

Usvojeni poluprečnik krivine krova: $R := 19.8 \cdot \text{m}$

Usvojeni prečnik centralnog prstena: $d := 1800 \cdot \text{mm}$

Usvojeni broj glavnih krovnih nosača: $n := 28$

Rastojanje između glavnih nosača, mereno po omotaču: $D \cdot \frac{\pi}{n} = 1851 \text{ mm}$

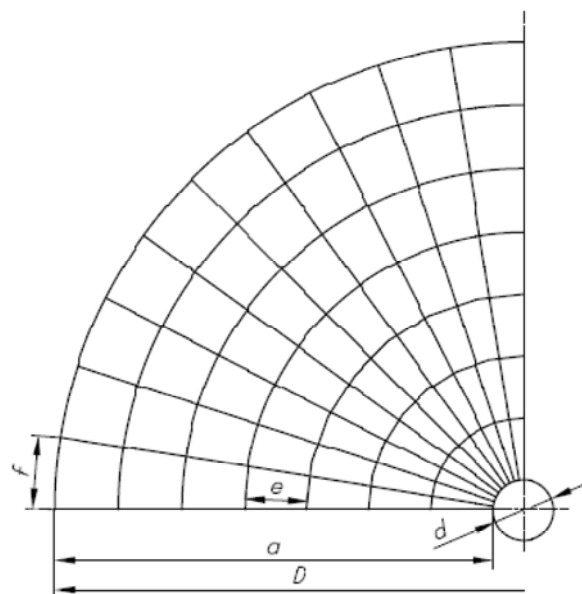
Rastojanje između glavnih nosača, mereno po osi centralnog prstena: $d \cdot \frac{\pi}{n} = 202 \text{ mm}$

Projekcija dužine radijalnog nosača: $a := \frac{D-d}{2} = 7350 \text{ mm}$

Usvojeni broj prstenova za bočno ukrucenje: $n_2 := 3$

Raspored nosača prikazan je na crtežu.

(Broj bočnih nosača je prikazan ilustrativno)




2.2. Proračun debljine krovnog lima

a) Lim opterećen kombinovanim opterećenjem od sopstvene težine, težine izolacije, vakuuma, snega i korisnog tereta

sopstvena težina: $q_{kl} = 471 \text{ Pa}$ za pretpostavljenu debljinu lima $t = 6 \text{ mm}$

debljina izolacije: $\delta_{iz} := 0 \cdot \text{mm}$ nije izolovan

težina izolacije: $q_{iz} = 0 \text{ Pa}$

 KOVAČ-INŽENJERING d.o.o. Beograd	V M L d.o.o. – Skladište naftnih derivata u Jakovu IDEJNI PROJEKAT ZA IZGRADNJU NOVIH REZERVOARA ZA KEROZION 2 x 4.000 m ³ PROJEKAT MAŠINSKIH INSTALACIJA – REZERVOARI NR1 i NR3	Br. projekta	2025130
		Br.dokum.	2025130-IDP-6-601
Investitor	V M L d.o.o. Ulica Vožda Karađorđa 203A, 11276 Jakovo, Beograd		
Objekat	Skladište naftnih derivata u Jakovu		
Lokacija	Ulica Vožda Karađorđa 203A, K.P. 1685 KO Jakovo		

Ukupno opterećenje (*API650*):

$$q_{r1} := \max \left(0.4 \cdot p_v + \max \left(L_r, q_s \right), p_v + 0.4 \cdot \max \left(L_r, q_s \right) \right) + q_{kl} + q_{iz} = 1911 \text{ Pa}$$

Ukupno opterećenje prema EN 1990:

$$\gamma_{fsup} := 1.35 \quad \gamma_Q := 1.5 \quad \psi_0 := 0.6$$

$$q_{r2} := \gamma_{fsup} \cdot (q_{kl} + q_{iz}) + \gamma_Q \cdot \max \left(q_s, L_r \right) + \gamma_Q \cdot \psi_0 \cdot p_v = 2975 \text{ Pa}$$

Kao merodavno usvajamo veće opterećenje: $q_r := \max \left(q_{r1}, q_{r2} \right) = 2975 \text{ Pa}$

Najveći nepoduprti raspon lima u meridijalnom pravcu: $f := D \cdot \frac{\pi}{n} = 1851 \text{ mm}$

Najveći nepoduprti rasponi lima u radijalnom pravcu: $a_l := \frac{D-d}{2 \left(n_2 + 1 \right)} = 1838 \text{ mm}$

Proračun potrebne debljine lima, prema teoriji malih deformacija (Gaylord Design of steel bins / Roark)

Za lim, slobodno oslonjen na 4 kraja, važi:

$$\sigma_{doz} := 0.75 \cdot \sigma_v = 176.3 \text{ MPa}$$

Dozvoljeni napon

$$k_{ys} := \frac{0.75}{1 + 1.623 \cdot \left(\frac{\min \left(a_l, f \right)}{\max \left(a_l, f \right)} \right)^3} = 0.29$$

Koeficijent

$$t_{min1} := \min \left(a_l, f \right) \cdot \sqrt{k_{ys} \cdot \frac{q_r}{\sigma_{doz}}} + CA = 5.1 \text{ mm}$$

Minimalna potrebna debljina krovnog lima

b) Lim opterećen kombinovanim opterećenjem od nadpritiska i vetra

Opterećenje prema API 650

$$q_{rn1} := p_n + C_k \cdot q_{pk} - q_{kl} = 1468 \text{ Pa} \quad \text{gde je } C_k \text{ - ukupni (ekvivalentni) koeficijent sile vetra za krov}$$

$$C_k = 0.6 \quad \text{prema DIN 4119 / EN 1993-4-2}$$

Opterećenje prema EN 1990:

$$q_{rn2} := \gamma_Q \cdot C_k \cdot q_{pk} + \gamma_Q \cdot \psi_0 \cdot p_n - \gamma_{fginf} \cdot q_{kl} = 1717 \text{ Pa} \quad \gamma_{fginf} := 1$$

Za proračun usvajamo veće opterećenje:

$$q_{rn} := \max \left(q_{rn1}, q_{rn2} \right) = 1717 \text{ Pa}$$

$$\gamma_{M0} := 1.1 \quad \text{parcijalni stepen sigurnosti}$$


$$f_{yd} := \frac{\sigma_v}{\gamma_{M0}} = 213.6 \text{ MPa} \quad \text{Dozvoljeni napon}$$

$$j := 0.3 \quad \text{Koeficijent kvaliteta zavarenog spoja, za jednostrani preklopni spoj}$$

$$t_{min2} := \frac{q_{rn} \cdot R}{2 \cdot j \cdot f_{yd}} + CA = 1.3 \text{ mm} \quad \text{Minimalna potrebna debljina krovnog lima}$$

Kao merodavnu minimalnu debljinu krova usvajamo: $t_{min} := \max \left(t_{min1}, t_{min2} \right) = 5.1 \text{ mm}$

Usvaja se debljina krovnog lima $t := 6 \text{ mm}$ (min 5mm po standardu + dodatak na koroziju).

 KOVAČ-INŽENJERING d.o.o. Beograd	V M L d.o.o. – Skladište naftnih derivata u Jakovu IDEJNI PROJEKAT ZA IZGRADNJU NOVIH REZERVOARA ZA KEROZION 2 x 4.000 m ³ PROJEKAT MAŠINSKIH INSTALACIJA – REZERVOARI NR1 i NR3	Br. projekta	2025130
		Br.dokum.	2025130-IDP-6-601
Investitor	V M L d.o.o. Ulica Vožda Karađorđa 203A, 11276 Jakovo, Beograd		
Objekat	Skladište naftnih derivata u Jakovu		
Lokacija	Ulica Vožda Karađorđa 203A, K.P. 1685 KO Jakovo		

2.3. Proračun glavnih nosača

Za glavni nosač usvajam profil $IPN=140$, čije karakteristike su:

$A = 1830 \text{ mm}^2$ površina poprečnog preseka $m_l = 14.3 \frac{\text{kg}}{\text{m}}$ masa po jedinici dužine

$W_y = 81.9 \text{ cm}^3$ $W_z = 10.7 \text{ cm}^3$ $i_y = 56.1 \text{ mm}$ $i_z = 14 \text{ mm}$ $I_y = 573 \text{ cm}^4$ $I_z = 35.2 \text{ cm}^4$

Nosači su opterećeni kombinovanim opterećenjem od sopstvene težine, težine lima, vakuuma, snega i korisnog tereta. Za krovove čiji ugao nagiba ne prelazi 25° vetar ima sišuće (rasterećujuće) dejstvo, pa se vetar ne uzima u proračunu.

težina lima: $M_{kl} := \frac{(2 \cdot R \cdot \theta + d)^2 \cdot \pi}{4} \cdot t \cdot 8000 \cdot \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \cdot 1.07 = 11467.1 \text{ kg}$

težina izolacije: $M_{iz} := q_{iz} \cdot \frac{A_k}{g} = 0 \text{ kg}$

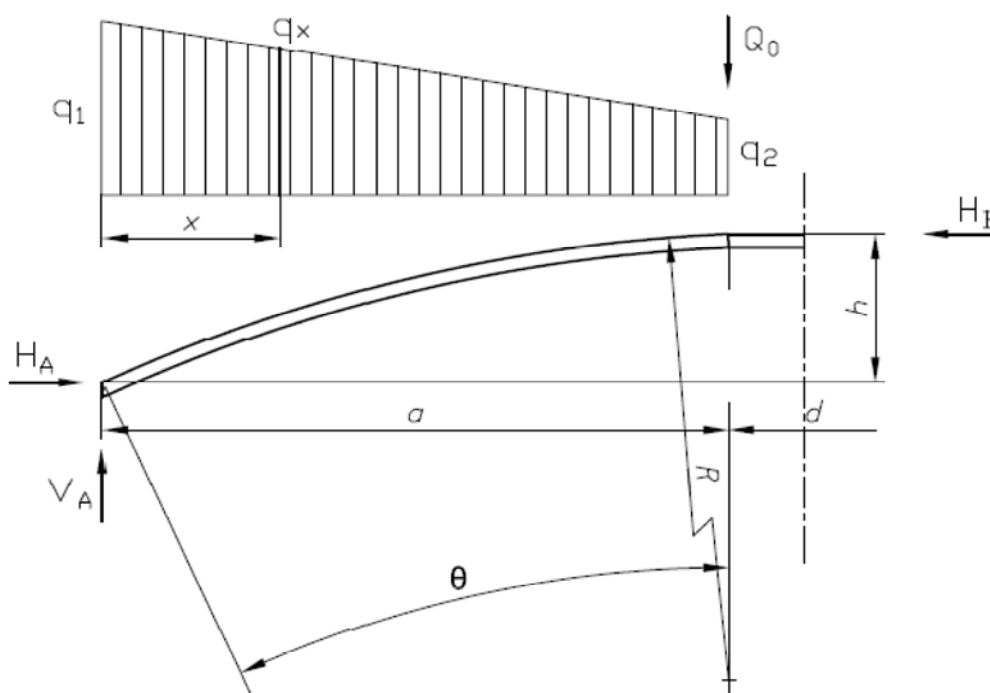
sopstvena težina nosača: $M_{kk} = 4000 \text{ kg}$

težina priključaka i opreme na krovu: $M_{ko} = 4000 \text{ kg}$

Ukupna sopstvena težina krova: $M_k := M_{kl} + M_{ko} + M_{kk} + M_{iz} = 19467.1 \text{ kg}$


Ukupno opterećenje od sopstvene težine: $q_k := \frac{M_k \cdot g}{A_k} = 892.8 \text{ Pa}$

Računsko opterećenje krova: $q_{r1} := \max(0.4 \cdot p_v + \max(L_r, q_s), p_v + 0.4 \cdot \max(L_r, q_s)) + q_k = 2333 \text{ Pa}$



Kontinualna opterećenja po jednom nosaču su: $q_1 := q_{r1} \cdot \frac{D \cdot \pi}{n} = 4318.7 \frac{\text{N}}{\text{m}}$ $q_2 := q_{r1} \cdot \frac{d \cdot \pi}{n} = 471.1 \frac{\text{N}}{\text{m}}$

Koncentrisano opterećenje po nosaču, od centralnog prstena: $Q_o := \frac{m_{cp} \cdot g}{n} = 175.1 \text{ N}$

 KOVAČ-INŽENJERING d.o.o. Beograd	V M L d.o.o. – Skladište naftnih derivata u Jakovu IDEJNI PROJEKAT ZA IZGRADNJU NOVIH REZERVOARA ZA KEROZION 2 x 4.000 m³ PROJEKAT MAŠINSKIH INSTALACIJA – REZERVOARI NR1 i NR3	Br. projekta	2025130
		Br.dokum.	2025130-IDP-6-601
Investitor	V M L d.o.o. Ulica Vožda Karađorđa 203A, 11276 Jakovo, Beograd		
Objekat	Skladište naftnih derivata u Jakovu		
Lokacija	Ulica Vožda Karađorđa 203A, K.P. 1685 KO Jakovo		

gde je $m_{cp} = 500 \text{ kg}$ masa centralnog prstena

Reakcije u osloncima su: $V_A := \frac{a}{2} \cdot (q_1 + q_2) + Q_o = 17778 \text{ N}$

$$H_B := \frac{a^2}{6 \cdot h} \cdot (q_1 + 2 \cdot q_2) + Q_o \cdot \frac{a}{h} = 34392 \text{ N}$$

$$H_A := H_B = 34391.9 \text{ N}$$

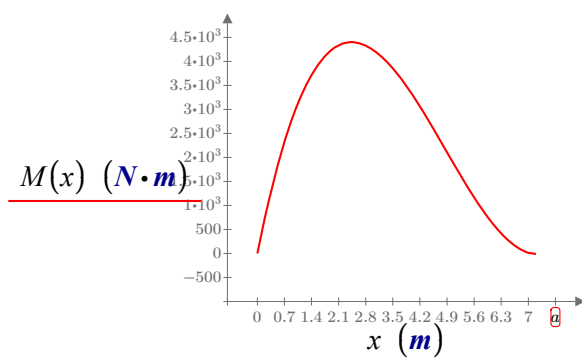
gde je: $a = 7350 \text{ mm}$ - dužina projekcije glavnog nosača

$h = 1415 \text{ mm}$ - visina krova

Momentna jednačina za presek na rastojanju x od omotača:

$$M(x) := V_A \cdot x - q(x) \cdot \frac{x^2}{2} - (q_1 - q(x)) \cdot \frac{x^2}{3} - H_B \cdot \left(\sqrt{R^2 - (a-x)^2} - R \cdot \cos(\theta) \right)$$

gde je $q(x) := q_1 - \frac{x}{a} \cdot (q_1 - q_2)$ vrednost kontinualnog opterećenja u preseku x



Maksimalni moment javlja se u preseku $x_{max} = 2436 \text{ mm}$ i iznosi: $M_{max} = 4403 \text{ N} \cdot \text{m}$
Napon savijanja je


$$\sigma_f := \frac{M_{max}}{W_y} \quad \sigma_f = 53.8 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2} < \sigma_{dozf} = 180 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

Aksijalna sila u nosaču na mestu maksimalnog momenta:

$$P := H_A \cdot \cos(\phi(x_{max})) + \left(V_A - \frac{1}{2} \cdot (q_1 + q(x_{max})) \cdot x_{max} \right) \cdot \sin(\phi(x_{max})) \quad P = 35503 \text{ N}$$

Napon od aksijalne sile: $\sigma_a := \frac{P}{A} \quad \sigma_a = 19.4 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2} < \sigma_{doz} := 160 \cdot \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$

Kontrola napona: $\sigma := \sigma_a + \sigma_f \quad \sigma = 73.2 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2} < \sigma_{doz} := 160 \cdot \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$

 KOVAČ-INŽENJERING d.o.o. Beograd	V M L d.o.o. – Skladište naftnih derivata u Jakovu IDEJNI PROJEKAT ZA IZGRADNJU NOVIH REZERVOARA ZA KEROZION 2 x 4.000 m ³ PROJEKAT MAŠINSKIH INSTALACIJA – REZERVOARI NR1 i NR3	Br. projekta	2025130
		Br.dokum.	2025130-IDP-6-601
Investitor	V M L d.o.o. Ulica Vožda Karađorđa 203A, 11276 Jakovo, Beograd		
Objekat	Skladište naftnih derivata u Jakovu		
Lokacija	Ulica Vožda Karađorđa 203A, K.P. 1685 KO Jakovo		

Kontrola stabilnosti nosača izloženog pritisku (SRPS EN 1993-1-1)

a) Klasifikacija poprečnog preseka

Geometrija profila: $t_f = 8.6 \text{ mm}$ $t_w = 5.7 \text{ mm}$ $h_n = 140 \text{ mm}$ $b = 66 \text{ mm}$ $r_l = 5.7 \text{ mm}$
 $d_r = 109.1 \text{ mm}$ $I_w = 1.54 \cdot 10^9 \text{ mm}^6$ $I_t = 4.3 \cdot 10^4 \text{ mm}^4$ $W_{ply} = 95400 \text{ mm}^3$

$$\text{Za } f_y := \sigma_v = 235 \text{ MPa} \quad \varepsilon := \sqrt{\frac{235 \cdot \text{MPa}}{f_y}} = 1$$

Za rebro profila

$$\frac{d_r}{t_w} = 19.1 < 33 \cdot \varepsilon = 33 \quad \text{Klasa 1 (tabl.5.2)}$$

Za flanšu profila

$$c := \frac{(b - t_w - 2 \cdot r_l)}{2} = 24.5 \text{ mm}$$

$$\frac{c}{t_f} = 2.8 < 9 \cdot \varepsilon = 9 \quad \text{Klasa 1 (tabl.5.2)}$$

Ceo profil zadovoljava klasu 1.

b) Otpornost poprečnog preseka

Za klasu 1 $\beta_A := 1$

$\gamma_{M0} := 1.1$ parcijalni stepen sigurnosti

$$N_{cRd} := \frac{\beta_A \cdot A \cdot f_y}{\gamma_{M0}} = 390955 \text{ N}$$

Računska otpornost poprečnog preseka na pritisak

$$N_{Sd} := P = 35503 \text{ N}$$

Računska aksijalna sila

$$N_{Sd} < N_{cRd}$$

Otpornost preseka zadovoljava

c) Otpornost elementa na izvijanje

Dužina izvijanja u ravni y-y

$$l_{iy} := a = 7350 \text{ mm}$$

Dužina izvijanja u ravni z-z


$$l_{iz} := \frac{a}{(n_2 + 1)} = 1837.5 \text{ mm}$$

Vitkost i relativna vitkost:

$$\lambda_y := \frac{l_{iy}}{i_y} \quad \lambda_y = 131 \quad \lambda'_y := \frac{\lambda_y}{\lambda_1} \cdot \sqrt{\beta_A} = 1.4$$

$$\lambda_z := \frac{l_{iz}}{i_z} \quad \lambda_z = 131.3 \quad \lambda'_z := \frac{\lambda_z}{\lambda_1} \cdot \sqrt{\beta_A} = 1.4$$

gde je $\lambda_1 := \pi \cdot \sqrt{\frac{E}{f_y}} = 93.9$ vitkost pri granici razvlačenja

 KOVAČ-INŽENJERING d.o.o. Beograd	V M L d.o.o. – Skladište naftnih derivata u Jakovu IDEJNI PROJEKAT ZA IZGRADNJU NOVIH REZERVOARA ZA KEROZION 2 x 4.000 m ³ PROJEKAT MAŠINSKIH INSTALACIJA – REZERVOARI NR1 i NR3	Br. projekta	2025130
		Br.dokum.	2025130-IDP-6-601
Investitor	V M L d.o.o. Ulica Vožda Karađorđa 203A, 11276 Jakovo, Beograd		
Objekat	Skladište naftnih derivata u Jakovu		
Lokacija	Ulica Vožda Karađorđa 203A, K.P. 1685 KO Jakovo		

Merodavne linije izvijanja:

za osu y-y $\frac{h_n}{b} = 2.1$ $t_f = 8.6 \text{ mm}$ Linija a (Tabela 6.2) $\alpha_y := 0.21$

za osu z-z $\frac{h_n}{b} = 2.1$ $t_f = 8.6 \text{ mm}$ Linija b (Tabela 6.2) $\alpha_z := 0.34$

Faktor redukcije

$$\Phi_y := \frac{1 + \alpha_y \cdot (\lambda'_y - 0.2) + \lambda'^2_y}{2} = 1.6$$

$$\chi_y := \frac{1}{\Phi_y + \sqrt{\Phi_y^2 - \lambda'^2_y}} = 0.42$$

$$\Phi_z := \frac{1 + \alpha_z \cdot (\lambda'_z - 0.2) + \lambda'^2_z}{2} = 1.7$$

$$\chi_z := \frac{1}{\Phi_z + \sqrt{\Phi_z^2 - \lambda'^2_z}} = 0.38$$

$$\chi := \min(\chi_y, \chi_z) = 0.38$$

$$\gamma_{MI} := 1.1 \text{ Parcijalni koeficijent sigurnosti na izvijanje}$$

$$N_{bRd} := \chi \cdot \frac{\beta_A \cdot A \cdot f_y}{\gamma_{MI}} = 149628 \text{ N}$$

Računska otpornost pritisnutog elementa na izvijanje

$$N_{Ed} := P = 35503 \text{ N}$$

Računska aksijalna sila

$$N_{Ed} < N_{bRd}$$

Otpornost elementa na izvijanje zadovoljava

Kontrola stabilnosti nosača izloženog pritisku i savijanju (SRPS EN 1993-1-1)

a) Klasifikacija poprečnog preseka

Za $f_y := \sigma_v = 235 \text{ MPa}$ $\varepsilon := \sqrt{\frac{235 \cdot \text{MPa}}{f_y}} = 1$

Za rebro profila

Razmak nulte linije od težišta profila

$$a_t := \frac{N_{Sd}}{2 \cdot t_w \cdot f_y} = 13.3 \text{ mm}$$

$$\alpha := \frac{1}{d_r} \cdot \left(\frac{d_r}{2} + a_t \right) = 0.6 > 0.5$$

$$\frac{d_r}{t_w} = 19.1 < \frac{396 \cdot \varepsilon}{13 \cdot \alpha - 1} = 55.9 \text{ Klasa 1 (tabl.5.2)}$$

Za flanšu profila

$$c := \frac{(b - t_w - 2 \cdot r_1)}{2} = 24.5 \text{ mm}$$

$$\frac{c}{t_f} = 2.8 < \frac{9 \cdot \varepsilon}{\alpha} = 14.5 \text{ Klasa 1 (tabl.5.2)}$$


Ceo profil zadovoljava klasu 1.

b) Otpornost poprečnog preseka

Shear lag

$$l_0 := a = 7350 \text{ mm}$$

$$c = 24.5 \text{ mm} < \frac{l_0}{20} = 367.5 \text{ mm} \text{ Shear lag nema uticaja}$$

 KOVAČ-INŽENJERING d.o.o. Beograd	V M L d.o.o. – Skladište naftnih derivata u Jakovu IDEJNI PROJEKAT ZA IZGRADNJU NOVIH REZERVOARA ZA KEROZION 2 x 4.000 m ³ PROJEKAT MAŠINSKIH INSTALACIJA – REZERVOARI NR1 i NR3	Br. projekta	2025130
		Br.dokum.	2025130-IDP-6-601
Investitor	V M L d.o.o. Ulica Vožda Karađorđa 203A, 11276 Jakovo, Beograd		
Objekat	Skladište naftnih derivata u Jakovu		
Lokacija	Ulica Vožda Karađorđa 203A, K.P. 1685 KO Jakovo		

Otpornost poprečnog preseka na pritisak

Za klasu 1 $\beta_A := 1$

$\gamma_{M0} := 1.1$ parcijalni stepen sigurnosti

$$N_{cRd} := \frac{\beta_A \cdot A \cdot f_y}{\gamma_{M0}} = 390955 \text{ N}$$

Računska otpornost poprečnog preseka na pritisak

$$N_{Ed} := P = 35503 \text{ N}$$

Računska aksijalna sila

$$N_{Ed} < N_{cRd}$$

Otpornost preseka zadovoljava

Otpornost poprečnog preseka na savijanje

$$M_{plyRd} := \frac{W_{ply} \cdot f_y}{\gamma_{M0}} = 20381 \text{ N} \cdot \text{m}$$

Moment plastične otpornosti

$$M_{yEd} := M_{max} = 4403 \text{ N} \cdot \text{m}$$

Računski moment savijanja

$$M_{yEd} < M_{plyRd}$$

Otpornost preseka zadovoljava

c) Otpornost elementa na bočno izvijanje

Elastični kritični moment bočnog izvijanja:

$$G := \frac{E}{2 \cdot (1 + 0.3)} = 80769.2 \text{ MPa}$$

$$L_{cr} := l_{iz} = 1837.5 \text{ mm}$$

Razmak između ukrućenja

$$M_{cr} := C_I \cdot \frac{\pi^2 \cdot E \cdot I_z}{L_{cr}^2} \cdot \left(\frac{I_w}{I_z} + \frac{L_{cr}^2 \cdot G \cdot I_t}{\pi^2 \cdot E \cdot I_z} \right)^{0.5} = 35041 \text{ N} \cdot \text{m}$$

gde je $C_I = 1.132$ faktor uslova opterećenja

Za klasu 1 $\beta_w := 1$

Relativna vitkost:

$$\lambda'_{LT} := \sqrt{\frac{\beta_w \cdot W_{ply} \cdot f_y}{M_{cr}}} = 0.8$$

> 0.4

Potrebna provera na bočno izvijanje

Za liniju izvijanja a, koeficijent imperfekcije


$$\alpha_{LT} := 0.21$$

Faktor redukcije:

$$\Phi_{LT} := \frac{1 + \alpha_{LT} \cdot (\lambda'_{LT} - 0.2) + \lambda'^2_{LT}}{2} = 0.9$$

$$\chi_{LT} := \frac{1}{\Phi_{LT} + \sqrt{\Phi_{LT}^2 - \lambda'^2_{LT}}}$$

$$\chi_{LT} = 0.8$$

 KOVAČ-INŽENJERING d.o.o. Beograd	V M L d.o.o. – Skladište naftnih derivata u Jakovu IDEJNI PROJEKAT ZA IZGRADNJU NOVIH REZERVOARA ZA KEROZION 2 x 4.000 m ³ PROJEKAT MAŠINSKIH INSTALACIJA – REZERVOARI NR1 i NR3	Br. projekta	2025130
		Br.dokum.	2025130-IDP-6-601
Investitor	V M L d.o.o. Ulica Vožda Karađorđa 203A, 11276 Jakovo, Beograd		
Objekat	Skladište naftnih derivata u Jakovu		
Lokacija	Ulica Vožda Karađorđa 203A, K.P. 1685 KO Jakovo		

$$M_{bRd} := \chi_{LT} \cdot \frac{\beta_w \cdot W_{ply} \cdot f_y}{\gamma_{MI}} = 16219 \text{ N} \cdot \text{m}$$

Moment otpornosti na bočno izvijanje

$$M_{Ed} := M_{max} = 4403 \text{ N} \cdot \text{m}$$

Računski moment savijanja

$$M_{Ed} < M_{bRd}$$

Otpornost elementa na bočno izvijanje zadovoljava

d) Interakcija momenta savijanja i uzdužne sile

$$\text{Koeficijent} \quad \beta_{MLT} := 1.3$$

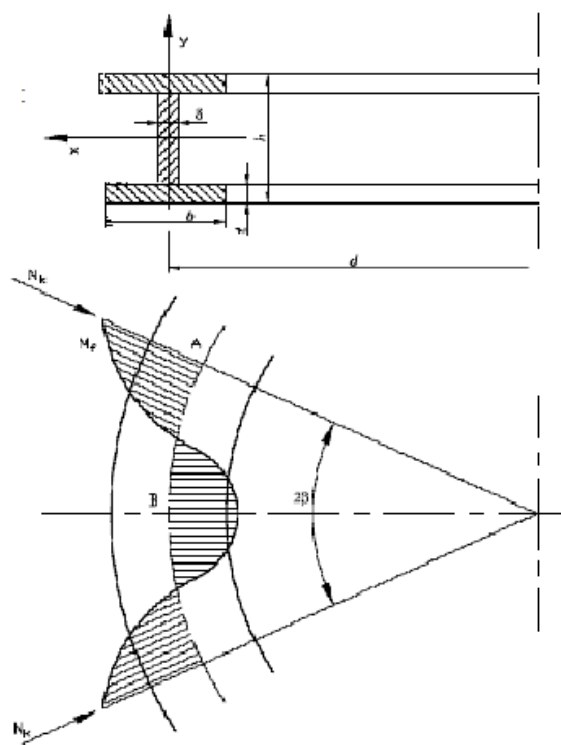
$$\mu_{LT} := 0.15 \cdot \lambda'_z \cdot \beta_{MLT} - 0.15 = 0.12 < 0.9$$

$$k_{LT} := 1 - \frac{\mu_{LT} \cdot N_{Ed}}{\chi_z \cdot A \cdot f_y} = 0.974 < 1$$

$$\frac{N_{Ed}}{\left(\frac{\chi_z \cdot A \cdot f_y}{\gamma_{MI}} \right)} + \frac{k_{LT} \cdot M_{Ed}}{\left(\frac{\chi_{LT} \cdot W_{ply} \cdot f_y}{\gamma_{MI}} \right)} = 0.5$$

<1 Element je stabilan protiv bočnog izvijanja

2.4. Dimenzionisanje centralnog prstena



$$b_{cp} := 250 \text{ mm}$$

$$t_{cp} := 16 \text{ mm}$$

$$\delta_{cp} := 16 \text{ mm}$$

$$h_{cp} = 172 \text{ mm}$$


Za presek prstena usvojen je profil od lima, čije su karakteristike:

$$A_{cp} = 10240 \text{ mm}^2$$

$$\beta := \frac{\pi}{n} = 6.4^\circ$$

$$I_{cpy} = 52501333.3 \text{ mm}^4$$

$$N_k := H_B = 34392 \text{ N}$$

 KOVAČ-INŽENJERING d.o.o. Beograd	V M L d.o.o. – Skladište naftnih derivata u Jakovu IDEJNI PROJEKAT ZA IZGRADNJU NOVIH REZERVOARA ZA KEROZION 2 x 4.000 m³ PROJEKAT MAŠINSKIH INSTALACIJA – REZERVOARI NR1 i NR3	Br. projekta	2025130
		Br.dokum.	2025130-IDP-6-601
Investitor	V M L d.o.o. Ulica Vožda Karađorđa 203A, 11276 Jakovo, Beograd		
Objekat	Skladište naftnih derivata u Jakovu		
Lokacija	Ulica Vožda Karađorđa 203A, K.P. 1685 KO Jakovo		

$$\Delta x_u = 125 \text{ mm}$$

$$W_{cpyu} := \frac{I_{cpy}}{\Delta x_u} = 420011 \text{ mm}^3$$

$$\Delta x_s = 125 \text{ mm}$$

$$W_{cpys} := \frac{I_{cpy}}{\Delta x_s} = 420011 \text{ mm}^3$$

Maksimalni moment savijanja i aksijalna sila na mestu dejstva sile (tačka A):

$$M_{fmaxA} := N_k \cdot \frac{d}{4} \cdot \left(\frac{1}{\beta} - \frac{1}{\tan(\beta)} \right)$$

$$M_{fmaxA} = 579 \text{ N} \cdot \text{m}$$

$$P_A := \frac{N_k}{2} \cdot \frac{1}{\tan(\beta)}$$

$$P_A = 152618 \text{ N}$$

Maksimalni moment savijanja i aksijalna sila na sredini između mesta dejstva sile (tačka B):

$$M_{fmaxB} := N_k \cdot \frac{d}{4} \cdot \left(\frac{1}{\sin(\beta)} - \frac{1}{\beta} \right)$$

$$M_{fmaxB} = 290 \text{ N} \cdot \text{m}$$

$$P_B := \frac{N_k}{2} \cdot \frac{1}{\sin(\beta)}$$

$$P_B = 153584 \text{ N}$$

Maksimalni naponi na spoljnim i unutrašnjim stranama u tačkama A i B:

$$\sigma_{Au} := \frac{P_A}{A_{cp}} - \frac{M_{fmaxA}}{W_{cpyu}}$$

$$\sigma_{Au} = 13.5 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2} < \sigma_{doz}$$

$$\sigma_{As} := \frac{P_A}{A_{cp}} + \frac{M_{fmaxA}}{W_{cpys}}$$

$$\sigma_{As} = 16.3 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2} < \sigma_{doz}$$

$$\sigma_{Bu} := \frac{P_B}{A_{cp}} + \frac{M_{fmaxB}}{W_{cpyu}}$$

$$\sigma_{Bu} = 15.7 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2} < \sigma_{doz}$$

$$\sigma_{Bs} := \frac{P_B}{A_{cp}} - \frac{M_{fmaxB}}{W_{cpys}}$$

$$\sigma_{Bs} = 14.3 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2} < \sigma_{doz}$$

Uslov prema EN 1993-4-2 (t.11.2.2):

$$\frac{(h_{cp} - t_{cp})^2 \cdot b_{cp}^2 \cdot t_{cp}^2}{2 \cdot b_{cp} \cdot t_{cp}} = 4867.2 \text{ cm}^4 > \frac{I_y}{2 \beta} = 2553.5 \text{ cm}^4$$

USVOJENI PRESEK CENTRALNOG PRSTENA ZADOVOLJAVA!

2.5. Proračun rubnog ugaonika

Za rubni ugaonik usvojen je profil L120x120x12. Debljine lima omotača i krova:

$$t_c := 6 \cdot \text{mm}$$

$$t_h := 6 \text{ mm}$$


Materijal: S235JR

$$\sigma_{vk} = 235 \text{ MPa}$$

Noseći deo omotača i krova:

$$W_{cmax} := 0.6 \cdot \sqrt{\frac{D}{2} \cdot (t_c - CA)} = 121.9 \text{ mm}$$

$$W_{hmax} := 0.6 \cdot \sqrt{R \cdot t_h} = 206.8 \text{ mm}$$

 KOVAČ-INŽENJERING d.o.o. Beograd	V M L d.o.o. – Skladište naftnih derivata u Jakovu IDEJNI PROJEKAT ZA IZGRADNJU NOVIH REZERVOARA ZA KEROZION 2 x 4.000 m³ PROJEKAT MAŠINSKIH INSTALACIJA – REZERVOARI NR1 i NR3	Br. projekta	2025130
		Br.dokum.	2025130-IDP-6-601
Investitor	V M L d.o.o. Ulica Vožda Karađorđa 203A, 11276 Jakovo, Beograd		
Objekat	Skladište naftnih derivata u Jakovu		
Lokacija	Ulica Vožda Karađorđa 203A, K.P. 1685 KO Jakovo		

Karakteristike rubnog ugaonika :

$$A_{ru} := 3750 \text{ mm}^2$$

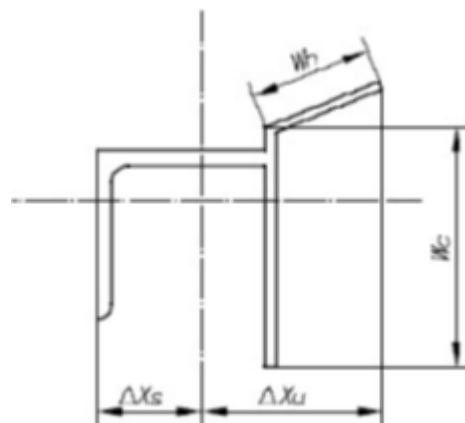
$$I_{ruy} := 13483523 \text{ mm}^4$$

$$\Delta x_u := 150 \text{ mm}$$

$$\Delta x_s := 64 \text{ mm}$$

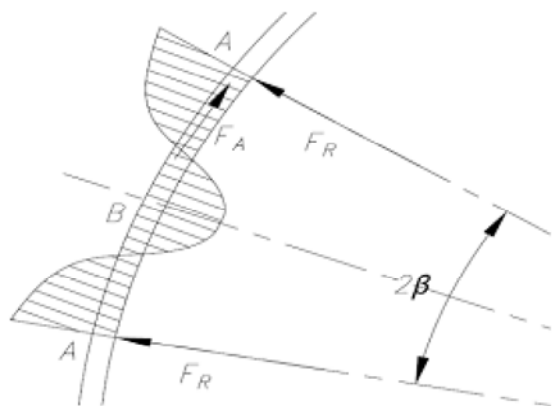
$$W_{ruyu} := \frac{I_{ruy}}{\Delta x_u} = 89.9 \text{ cm}^3$$

$$W_{ruys} := \frac{I_{ruy}}{\Delta x_s} = 210.7 \text{ cm}^3$$



Sile koje deluju na rubni ugaonik:

$$F_R := H_B = 34392 \text{ N}$$



Maksimalni moment savijanja i aksijalna sila na mestu dejstva sile (tačka A):

$$M_{fmaxA} := F_R \cdot \frac{D}{4} \cdot \left(\frac{1}{\beta} - \frac{1}{\tan(\beta)} \right) = 5310 \text{ N} \cdot \text{m}$$

$$P_A := \frac{F_R}{2} \cdot \frac{1}{\tan(\beta)} = 152618 \text{ N}$$

Maks. moment savijanja i aksijalna sila na sredini između mesta dejstva sile (tačka B):

$$M_{fmaxB} := F_R \cdot \frac{D}{4} \cdot \left(\frac{1}{\sin(\beta)} - \frac{1}{\beta} \right) = 2657 \text{ N} \cdot \text{m}$$


$$P_B := \frac{F_R}{2} \cdot \frac{1}{\sin(\beta)} = 153584 \text{ N}$$

Maksimalni naponi na spoljnim i unutrašnjim stranama u tačkama A i B:

$$\sigma_{Au} := \frac{P_A}{A_{ru}} - \frac{M_{fmaxA}}{W_{ruyu}} = -18.4 \text{ MPa} < \sigma_{doz} \quad \sigma_{Bu} := \frac{P_B}{A_{ru}} + \frac{M_{fmaxB}}{W_{ruyu}} = 70.5 \text{ MPa} < \sigma_{doz}$$

$$\sigma_{As} := \frac{P_A}{A_{ru}} + \frac{M_{fmaxA}}{W_{ruys}} = 65.9 \text{ MPa} < \sigma_{doz} \quad \sigma_{Bs} := \frac{P_B}{A_{ru}} - \frac{M_{fmaxB}}{W_{ruys}} = 28.3 \text{ MPa} < \sigma_{doz}$$

USVOJENI PRESEK RUBNOG UGAONIKA ZADOVOLJAVA!

 KOVAČ-INŽENJERING d.o.o. Beograd	V M L d.o.o. – Skladište naftnih derivata u Jakovu IDEJNI PROJEKAT ZA IZGRADNJU NOVIH REZERVOARA ZA KEROZION 2 x 4.000 m³ PROJEKAT MAŠINSKIH INSTALACIJA – REZERVOARI NR1 i NR3	Br. projekta	2025130
		Br.dokum.	2025130-IDP-6-601
Investitor	V M L d.o.o. Ulica Vožda Karađorđa 203A, 11276 Jakovo, Beograd		
Objekat	Skladište naftnih derivata u Jakovu		
Lokacija	Ulica Vožda Karađorđa 203A, K.P. 1685 KO Jakovo		

3. PRORAČUN OMOTAČA

3.1. Proračun omotača pod hidrostatičkim opterećenjem (prema API 650)

Materijal: S235J2

Granica tečenja za izabrani materijal je: $R_{eH235} := 235 \cdot \text{MPa}$

dozvoljena naprezanja za radne i ispitne uslove, prema API 650 su:

$$\sigma_{doz235} := 137 \text{ MPa} \quad \sigma_{dozH235} := 154 \text{ MPa}$$

Za usvojene visine pojaseva vrši se proračun debljina lima za svaki pojas, za radne uslove i uslove hidrotesta. Usvaja se veća dobijena vrednost. Debljina lima za radne uslove i uslove hidrotesta računa se po formulama:

$$s_r = 4,905 \cdot \frac{D \cdot (H_s - 0,3)}{\sigma_{doz} \cdot k} \cdot \rho + CA \quad s_H = 4,905 \cdot \frac{D \cdot (H_s - 0,3)}{\sigma_{dozH} \cdot k}$$

Koeficijent kvaliteta zavarenog spoja: $k := 1$

Potrebna debljina je veća od dve računске debljine uvećana za toleranciju izrade.

Visina tečnosti se pri proračunu uvećava za vrednost analognu unutrašnjem nad pritisku

$$\Delta H := \frac{p_n}{\rho \cdot g} = 122 \text{ mm} \quad \text{gde je} \quad p_n = 1200 \text{ Pa} \quad \text{proračunski nad pritisak}$$

Proračun potrebnih debljina lima je dat u tabeli 1:

1	2	3	4	5	6	7	8
Pojas	Visina pojasa	Rastojanje od dna pojasa do visine punjenja	Računska visina	Računska debljina radni uslovi	Računska debljina hidrotest	Potrebna debljina	Usvojena debljina
	H_i (m)	H_s (m)	$H_s + \Delta H$ (m)	s_r (mm)	s_H (mm)	s' (mm)	s (mm)
1	2,0000	20,000	20,122	12,71	10,35	13,21	14
2	2,0000	18,000	18,122	11,53	9,30	12,03	12
3	2,0000	16,000	16,122	10,35	8,25	10,85	11
4	2,0000	14,000	14,122	9,17	7,20	9,67	10
5	2,0000	12,000	12,122	7,98	6,15	8,48	9
6	2,0000	10,000	10,122	6,80	5,10	7,30	8
7	2,0000	8,000	8,122	5,62	4,05	6,02	7
8	2,0000	6,000	6,122	4,44	3,00	4,84	6
9	2,0000	4,000	4,122	3,26	1,94	3,66	6
10	2,0000	2,000	2,122	2,08	0,89	2,48	6


3.2. Proračun stabilnosti lima omotača pod radijalnim opterećenjem

Maksimalna visina neukrućenog dela omotača:

$$H_i := 9,47 \cdot \frac{((s_{min} - CA) \cdot 1000)^{2,5}}{D^{1,5}} \cdot \frac{1720 \cdot Pa}{q_p + p_v} = 7,42 \text{ m}$$

Sa druge strane, transponovane visine pojaseva omotača računaju se po formuli:

$$H_{tri} = H_i \cdot \sqrt[5]{\left(\frac{s_{min} - CA}{s_i - CA} \right)^5}$$

 KOVAČ-INŽENJERING d.o.o. Beograd	V M L d.o.o. – Skladište naftnih derivata u Jakovu IDEJNI PROJEKAT ZA IZGRADNJU NOVIH REZERVOARA ZA KEROZION 2 x 4.000 m ³ PROJEKAT MAŠINSKIH INSTALACIJA – REZERVOARI NR1 i NR3	Br. projekta	2025130
		Br.dokum.	2025130-IDP-6-601
Investitor	V M L d.o.o. Ulica Vožda Karađorđa 203A, 11276 Jakovo, Beograd		
Objekat	Skladište naftnih derivata u Jakovu		
Lokacija	Ulica Vožda Karađorđa 203A, K.P. 1685 KO Jakovo		

Proračun transponovanih visina pojedinih pojaseva dat je u tabeli 2:

1	3	8	9
Pojas	Visina	Debljina	Transponovana visina
	H_i (m)	s_i (mm)	H_{tri} (m)
1	2,000	14,0	0,183
2	2,000	12,0	0,279
3	2,000	11,0	0,354
4	2,000	10,0	0,460
5	2,000	9,0	0,618
6	2,000	8,0	0,862
7	2,000	7,0	1,268
8	2,000	6,0	2,000
9	2,000	6,0	2,000
10	2,000	6,0	2,000

$$H_{tr} = 10.02 \text{ m}$$

Koeficijent radijalnog opterećenja lima omotača (recipročna vrednost stepena sigurnosti):

$$\frac{1}{v_r} = \frac{H_{tr}}{H_l} = 1.4 > 1, \text{ Omotač nije stabilan pod dejstvom radijalnog opterećenja.}$$

Potreban je prsten za ukrućenje.

3.3. Proračun stabilnosti lima omotača pod dejstvom aksijalnog opterećenja

3.3.1. Kombinovano opterećenje od vetra, vakuuma i snega

Aerodinamički pritisak vetra: $q_p = 1231 \text{ Pa}$

Maksimalni vakuum: $p_v = 600 \text{ Pa}$

Opterećenje od snega: $q_s = 800 \text{ Pa}$

Ukupna sila po jedinici obima omotača računa se za svaki pojas: $N_i = N_{Gi} + N_{wi} + N_k + N_s + N_v$ gde su:

N_{Gi} - sopstvena težina dela omotača iznad posmatranog preseka $\left(\frac{N}{m}\right)$

$N_{wi} = N_{whi} + N_{wvi}$ - Sila koja se javlja u posmatranom preseku od horizontalne i vertikalne sile vetra

$N_{whi} = \frac{M_{hi}}{D^2 \cdot \pi} \left(\frac{N}{m}\right)$ - horizontalna sila vetra u posmatranom pojasu omotača


$M_{hi} = q_p(H) \cdot C_{po} \cdot D \cdot \frac{H_{si}^2}{2}$ - moment od horizontalne sile vetra u posmatranom preseku

$C_{po} := 0.45$ - koeficijent spoljnog pritiska (DIN 4119-2 / EN1993-4-2)

$N_{wvi} = \frac{M_{vi}}{D^2 \cdot \pi} \left(\frac{N}{m}\right)$ vertikalna sila vetra u posmatranom pojasu omotača

$M_{vi} = q_p \left(\frac{4}{h_k}\right) \cdot C_{pk} \cdot \frac{D^2 \cdot \pi}{4} \cdot \frac{D}{20}$ - moment od vertikalne sile vetra

$C_{pk} := 0.6$ - ekvivalentni koeficijent spoljnog pritiska za krov (DIN 4119/ EN1993-4-2)

 KOVAČ-INŽENJERING d.o.o. Beograd	V M L d.o.o. – Skladište naftnih derivata u Jakovu IDEJNI PROJEKAT ZA IZGRADNJU NOVIH REZERVOARA ZA KEROZION 2 x 4.000 m ³ PROJEKAT MAŠINSKIH INSTALACIJA – REZERVOARI NR1 i NR3	Br. projekta	2025130
		Br.dokum.	2025130-IDP-6-601
Investitor	V M L d.o.o. Ulica Vožda Karadžića 203A, 11276 Jakovo, Beograd		
Objekat	Skladište naftnih derivata u Jakovu		
Lokacija	Ulica Vožda Karadžića 203A, K.P. 1685 KO Jakovo		

$$N_k := M_k \cdot \frac{g}{D \cdot \pi} = 3682.9 \frac{N}{m}$$

- težina krova i opreme, po jedinici obima
Gde je: $M_k = 19467.1 \text{ kg}$

$$N_s := \frac{q_s}{D \cdot \pi} \cdot \frac{D^2 \cdot \pi}{4} \quad N_s = 3300 \frac{N}{m}$$

- težina snega po jedinici obima

$$N_v := p_v \cdot \frac{D}{4} \quad N_v = 2475 \frac{N}{m}$$

- sila od vakuuma po jedinici obima

Na osnovu izračunatih sila, za svaki pojas omotača izračunat je ukupni aksijalni napon (kol.15 u tabeli 3) i dozvoljeni napon (kolona 17), kao i koeficijent aksijalnog opterećenja va:

$$\text{Napon u omotaču je: } \sigma_i = \frac{N_i}{1000 \cdot (s_i - c)} \text{ (MPa)}$$

$$\text{Dozvoljeni napon je: } \sigma_{di} = C \cdot E \cdot \frac{s_i - CA}{D \cdot 1000} \text{ (MPa)} \quad \text{gde je C - koeficijent koji zavisi od odnosa } \frac{D}{s_i}$$

Vrednosti sila date su u tabeli 3. 2

1	10	11	12	13	14	15	16	17	18
Pojas	Visina od dna pojasa do vrha	Težina omotača	Horiz. sila od vetra	Vert.sila od vetra	Ukupna sila	Napon u omotaču	Koef. C	Dozvoljeni napon	Koef. Aksij. opterećenja
	Hs (m)	N _{gi} (N/m)	N _{whi} (N/m)	N _{wvi} (N/m)	N _i (N/m)	σ _i (MPa)		σ _{di} (MPa)	v _{ai}
1	20.0000	13969.44	8549.73	609.3814	32586.44	2.507	0.11	35.221	0.07
2	18.0000	11772.00	6925.29	609.3814	28764.55	2.615	0.10	26.885	0.10
3	16.0000	9888.48	5471.83	609.3814	25427.57	2.543	0.09	23.045	0.11
4	14.0000	8161.92	4189.37	609.3814	22418.55	2.491	0.08	19.464	0.13
5	12.0000	6592.32	3077.90	609.3814	19737.49	2.467	0.08	16.178	0.15
6	10.0000	5179.68	2137.43	609.3814	17384.37	2.483	0.07	13.226	0.19
7	8.0000	3924.00	1367.96	609.3814	15359.22	2.560	0.07	10.645	0.24
8	6.0000	2825.28	769.48	609.3814	13662.02	2.732	0.07	8.446	0.32
9	4.0000	1883.52	341.99	609.3814	12292.77	2.459	0.07	8.446	0.29
10	2.0000	941.76	85.50	609.3814	11094.52	2.219	0.07	8.446	0.26

Maksimalni koeficijent aksijalnog opterećenja iznosi: $\frac{1}{v_a} = 0.32 < 1$

Omotač je stabilan pri samom aksijalnom opterećenju.

Stabilnost omotača pod dejstvom kombinovanog radijalnog i aksijalnog opterećenja:

$$\text{Ukupni koeficijent opterećenja omotača: } \frac{1}{v_r} + \frac{1}{v_a} = 1.67 > 1$$

Omotač nije stabilan. Potreban broj sekundarnih prstenova za ukrućenje: $n_p := 1$

$$H_p := \frac{H_{tr}}{n_p + 1} = 5012 \text{ mm} \quad \text{računsko rastojanje između prstenova za ukrućenje}$$


$$\text{Potreban otporni moment prstena za ukrućenje iznosi: } W_p := \frac{D^2 \cdot \frac{H_{tr}}{n_p + 1}}{17 \cdot 10^6} \cdot \frac{q_p + p_v}{1720 \cdot Pa} = 85.4 \text{ cm}^3$$

Usvaja se prsten od *lima* = "10x100 / 10x100", čiji otporni moment iznosi: $W_{piz} = 106.8 \text{ cm}^3$.

$$H_{pl} := H_p = 5012 \text{ mm} \quad \text{računska visina postavljanja prvog prstena, mereno od vrha omotača}$$

Koeficijent radijalnog opterećenja lima omotača sa ukrućenjem:

$$\frac{1}{v_r} = \frac{H_{tr}}{(n_p + 1) H_l} = 0.7 < 1 \quad \frac{1}{v_r} + \frac{1}{v_a} = 1 < 1 \quad \text{Omotač zadovoljava!}$$

 KOVAČ INŽENJERING d.o.o. Beograd	V M L d.o.o. – Skladište naftnih derivata u Jakovu IDEJNI PROJEKAT ZA IZGRADNJU NOVIH REZERVOARA ZA KEROZION 2 x 4.000 m ³ PROJEKAT MAŠINSKIH INSTALACIJA – REZERVOARI NR1 i NR3	Br. projekta	2025130
		Br.dokum.	2025130-IDP-6-601
Investitor	V M L d.o.o. Ulica Vožda Karađorđa 203A, 11276 Jakovo, Beograd		
Objekat	Skladište naftnih derivata u Jakovu		
Lokacija	Ulica Vožda Karađorđa 203A, K.P. 1685 KO Jakovo		

3.3.2. Opterećenje od zemljotresa

prema EN 1998-1 / EN 1998-4 A.3.2.2

$$H_T = 19.2 \text{ m} \quad \text{Visina punjenja}$$

$$R := \frac{D}{2} = 8.25 \text{ m} \quad \text{Poluprečnik rezervoara}$$

$$m_T := \rho \cdot R^2 \cdot \pi \cdot H_T = 4105433 \text{ kg} \quad \text{Ukupna masa tečnosti}$$

s_{eq} Ekvivalentna uniformna debljina omotača s obzirom na naprezanje

Debljine pojaseva	Visine pojaseva	Rastojanja od sredine pojasa do visine punjenja	s_{eq}
$S = \begin{bmatrix} 14 \\ 12 \\ 11 \\ 10 \\ 9 \\ 8 \\ 7 \\ 6 \\ 6 \\ 6 \end{bmatrix} \text{ mm}$	$HI = \begin{bmatrix} 2 \\ 2 \\ 2 \\ 2 \\ 2 \\ 2 \\ 2 \\ 2 \\ 2 \\ 2 \end{bmatrix} \text{ m}$	$HT = \begin{bmatrix} 18.2 \\ 16.2 \\ 14.2 \\ 12.2 \\ 10.2 \\ 8.2 \\ 6.2 \\ 4.2 \\ 2.2 \\ 0.2 \end{bmatrix} \text{ m}$	$s_{eq} := \frac{\sum_{i=0}^{n_r-1} (S_i \cdot HI_i \cdot HT_i)}{\sum_{i=0}^{n_r-1} (HI_i \cdot HT_i)} = 10.5 \text{ mm}$

Na osnovu odnosa: $\frac{H_T}{R} = 2.33$ dobijamo iz tabele A.2 EN 1998-4 parametre:

H/R	C_i	C_c (s/m ^{1/2})	m_i/m	m_c/m	h_i/H	h_c/H	\dot{h}_i/H	\dot{h}_c/H
0,3	9,28	2,09	0,176	0,824	0,400	0,521	2,640	3,414
0,5	7,74	1,74	0,300	0,700	0,400	0,543	1,460	1,517
0,7	6,97	1,60	0,414	0,586	0,401	0,571	1,009	1,011
1,0	6,36	1,52	0,548	0,452	0,419	0,616	0,721	0,785
1,5	6,06	1,48	0,686	0,314	0,439	0,690	0,555	0,734
2,0	6,21	1,48	0,763	0,237	0,448	0,751	0,500	0,764
2,5	6,56	1,48	0,810	0,190	0,452	0,794	0,480	0,796
3,0	7,03	1,48	0,842	0,158	0,453	0,825	0,472	0,825

H/R	C_i	C_c	m_i/m_T	m_c/m_T	h_i/H_T	h_c/H_T
2,33	6,44	1,48	0,79	0,21	0,45	0,78

Na osnovu ovih parametara, dobijamo sledeće vrednosti :

Impulсни prirodni period vibracija:

$$T_{imp} := C_i \cdot \frac{H_T \cdot \sqrt{\rho}}{\sqrt{s_{eq} \cdot E}} = 0.239 \text{ s}$$

Konvektivni period vibracija:

$$T_{con} := C_c \cdot \sqrt{R} = 4.25 \text{ s}$$

Masa impulsivne komponente tečnosti:

$$m_i = 3258744 \text{ kg}$$

Visina težišta impulsivne komponente tečnosti:

$$h_i = 8.65 \text{ m}$$

Masa konvektivne komponente tečnosti:


$$m_c = 846690 \text{ kg}$$

Visina težišta konvektivne komponente tečnosti:

$$h_c = 14.96 \text{ m}$$

Faktor seizmičke zone

$$K_s := 0.025$$

 KOVAČ-INŽENJERING d.o.o. Beograd	V M L d.o.o. – Skladište naftnih derivata u Jakovu IDEJNI PROJEKAT ZA IZGRADNJU NOVIH REZERVOARA ZA KEROZION 2 x 4.000 m ³ PROJEKAT MAŠINSKIH INSTALACIJA – REZERVOARI NR1 i NR3	Br. projekta	2025130
		Br.dokum.	2025130-IDP-6-601
Investitor	V M L d.o.o. Ulica Vožda Karađorđa 203A, 11276 Jakovo, Beograd		
Objekat	Skladište naftnih derivata u Jakovu		
Lokacija	Ulica Vožda Karađorđa 203A, K.P. 1685 KO Jakovo		

Ubrzanje na temeljnom tlu tipa A za povr. period 475 g: $a_{gR} := \frac{K_s}{0.25} \cdot g = 0.98 \frac{m}{s^2}$ $\alpha := \frac{a_{gR}}{g} = 0.1$

Faktor važnosti objekta: $\gamma_I := 1$

Proračunsko ubrzanje na temeljnom tlu tipa A:

$$a_g := a_{gR} \cdot \gamma_I = 1 \frac{m}{s^2}$$

Spektar odgovora zavisi od tipa temeljnog tla:

Ground type	S	T_B (s)	T_C (s)	T_D (s)
A	1,0	0,15	0,4	2,0
B	1,2	0,15	0,5	2,0
C	1,15	0,20	0,6	2,0
D	1,35	0,20	0,8	2,0
E	1,4	0,15	0,5	2,0

Za tip tla određen geodetskim elaboratom, dobijaju se parametri za Tip 1 elastičnog spektra odgovora :

Tip tla	S	T_B	T_C	T_D
C	1,15	0,20	0,60	2,00

Na osnovu EN 1998-4, tačke 3.4 / 4.4 impulsno spektralno ubrzanje kod čeličnih rezervoara može se odrediti za projektni spektar odgovora:

$$0 \leq T \leq T_B : S_d(T) = a_g \cdot S \cdot \left[\frac{2}{3} + \frac{T}{T_B} \cdot \left(\frac{2,5}{q} - \frac{2}{3} \right) \right]$$

$$T_B \leq T \leq T_C : S_d(T) = a_g \cdot S \cdot \frac{2,5}{q}$$

$$T_C \leq T \leq T_D : S_d(T) \begin{cases} = a_g \cdot S \cdot \frac{2,5}{q} \cdot \left[\frac{T_C}{T} \right] \\ \geq \beta \cdot a_g \end{cases}$$

$$T_D \leq T : S_d(T) \begin{cases} = a_g \cdot S \cdot \frac{2,5}{q} \cdot \left[\frac{T_C T_D}{T^2} \right] \\ \geq \beta \cdot a_g \end{cases}$$


U gornjim jednačinama je:

Koeficijent ponašanja konstrukcije: $q := 2.5$ za ankerisane rezervoare sa duktilnim ankerima

Donji granični faktor $\beta_s := 0.2$

S Faktor tla

T_B, T_C, T_D Granice perioda konstantnog spektralnog ubrzanja

 KOVAČ-INŽENJERING d.o.o. Beograd	V M L d.o.o. – Skladište naftnih derivata u Jakovu IDEJNI PROJEKAT ZA IZGRADNJU NOVIH REZERVOARA ZA KEROZION 2 x 4.000 m ³ PROJEKAT MAŠINSKIH INSTALACIJA – REZERVOARI NR1 i NR3	Br. projekta	2025130
		Br.dokum.	2025130-IDP-6-601
Investitor	V M L d.o.o. Ulica Vožda Karađorđa 203A, 11276 Jakovo, Beograd		
Objekat	Skladište naftnih derivata u Jakovu		
Lokacija	Ulica Vožda Karađorđa 203A, K.P. 1685 KO Jakovo		

Impulsno spektralno ubrzanje:

$$\text{za } T_{imp} = 0.239 \text{ s} \quad S_{imp} := S_d(T_{imp}) = 1.1 \frac{m}{s^2}$$

Na osnovu EN 1998-4, tačka 4.4 konvektivno spektralno ubrzanje određuje se za elastični spektar odgovora.

Pošto je konvektivni period vibracija $T_{con} = 4.3 \text{ s} > 4\text{s}$

Horizontalni elastični spektar odgovora za ubrzanja za periode veće od 4 s se koriguje preko elastičnog spektra odgovora za pomeranja, prema EN 1998-1-1 3.2.2.2 i dodatku A iz EN 1998-1.

Dodatni kontrolni periodi za Tip 1 spektra pomeranja:

Ground type	T_E (s)	T_F (s)
A	4,5	10,0
B	5,0	10,0
C	6,0	10,0
D	6,0	10,0
E	6,0	10,0

Za tip tla na lokaciji predmetnih rezervoara:

Tip tla	T_E	T_F
C	6,00	10,00

$$T_E \leq T \leq T_F : S_{De}(T) = 0,025 a_g \cdot S \cdot T_C \cdot T_D \left[2,5\eta + \left(\frac{T - T_E}{T_F - T_E} \right) (1 - 2,5\eta) \right]$$

$$T \geq T_F : S_{De}(T) = d_g$$

gde je $d_g := 0.025 \cdot a_g \cdot S_I \cdot T_C \cdot T_D$

Elastični spektar odgovora za pomeranje:

Faktor prigušenja:

$$\xi := 0.5 \quad \%$$

Faktor korekcije prigušenja:

$$\eta := \sqrt{\frac{10}{5 + \xi}} = 1.35$$


Za $T_{con} = 4.3 \text{ s}$ i $\eta = 1.35$

$$S_{De}(T_{con}) = 0.11 \frac{m}{s^2}$$

Elastični spektar odgovora :

$$S_E(T) := \frac{S_{De}(T)}{\left(\frac{T}{2 \cdot \pi} \right)^2}$$

$$S_{con} := S_E(T_{con}) = 0.249 \frac{m}{s^2}$$

 KOVAČ INŽENJERING d.o.o. Beograd	V M L d.o.o. – Skladište naftnih derivata u Jakovu IDEJNI PROJEKAT ZA IZGRADNJU NOVIH REZERVOARA ZA KEROZION 2 x 4.000 m ³ PROJEKAT MAŠINSKIH INSTALACIJA – REZERVOARI NR1 i NR3	Br. projekta	2025130
		Br.dokum.	2025130-IDP-6-601
Investitor	V M L d.o.o. Ulica Vožda Karađorđa 203A, 11276 Jakovo, Beograd		
Objekat	Skladište naftnih derivata u Jakovu		
Lokacija	Ulica Vožda Karađorđa 203A, K.P. 1685 KO Jakovo		

Određivanje ukupne horizontalne sile i seizmičkog momenta

Ukupna težina krova rezervoara $m_r = 19467.1 \text{ kg}$

Ukupna težina omotača: $m_w = 76199 \text{ kg}$

Rastojanje od dna rezervoara do težišta omotača: $h_w = 8.3249 \text{ m}$

Ukupna horizontalna sila

$$Q_s := (m_w + m_r + m_i) \cdot S_{imp} + m_c \cdot S_{con} = 3993.9 \text{ kN}$$

Ukupni seizmički moment prevrtanja koji deluje na dnu rezervoara

$$M_s := (m_w \cdot h_w + m_r \cdot h_r + m_i \cdot h_i) \cdot S_{imp} + m_c \cdot h_c \cdot S_{con} = (36.1 \cdot 10^6) \text{ N} \cdot \text{m}$$

Visina konvektivnog talasa:

$$d_{max} := 0.84 \cdot R \cdot \frac{S_{con}}{g} = 176.1 \text{ mm}$$

Provera stabilnosti prema API 650 Annex E / EN 14015 Annex G

Moment stabilnosti, koji se protivi prevrtanju rezervoara i deluje u dnu omotača rezultat je dejstva težine omotača i dela težine tečnosti koja se nalazi uz omotač:

$R_{eb} := 235 \cdot \text{MPa}$ granica tečenja materijala lima dna ispod omotača

$t_{ba} := 8 \cdot \text{mm}$ debljina lima dna na delu ispod omotača, bez dodatka na koroziju

$$W_L = \min(200 \cdot \rho \cdot H_t \cdot D, 100 \cdot t_{ba} \cdot \sqrt{R_{eb} \cdot \rho \cdot H_t})$$

$$W_L = 53737.1 \frac{\text{N}}{\text{m}}$$


Maksimalna jedinična sila od težine krova i omotača, po obimu rezervoara:

$$W_t := \frac{(m_w + m_r) \cdot g}{D \cdot \pi} = 18098.7 \frac{\text{N}}{\text{m}}$$

$$J_s := \frac{M_s}{D^2 \cdot (W_L + W_t)} = 1.85 \quad J_s > 1.57 \text{ , pa je rezervoar seizmički nestabilan i mora se ankerisati}$$

Za ankerisane rezervoare sila sabijanja na dnu omotača, usled dejstva zemljotresa, iznosi:

$$F_b := \left(W_t + \frac{1.273 \cdot M_s}{D^2} \right) \quad F_b = 186929 \frac{\text{N}}{\text{m}}$$

 KOVAČ-INŽENJERING d.o.o. Beograd	V M L d.o.o. – Skladište naftnih derivata u Jakovu IDEJNI PROJEKAT ZA IZGRADNJU NOVIH REZERVOARA ZA KEROZION 2 x 4.000 m ³ PROJEKAT MAŠINSKIH INSTALACIJA – REZERVOARI NR1 i NR3	Br. projekta	2025130
		Br.dokum.	2025130-IDP-6-601
Investitor	V M L d.o.o. Ulica Vožda Karađorđa 203A, 11276 Jakovo, Beograd		
Objekat	Skladište naftnih derivata u Jakovu		
Lokacija	Ulica Vožda Karađorđa 203A, K.P. 1685 KO Jakovo		

Napon sabijanja:

$$\sigma_{max} := \frac{F_b}{t_{bs}} = 14.4 \text{ MPa}$$

$t_{bs} = 13 \text{ mm}$ debljina lima donjeg pojasa omotača, bez dodatka na koroziju

Maksimalni dozvoljeni napon sabijanja: $\sigma_{dsab} = 58.9 \text{ MPa}$

$\sigma_{max} < \sigma_{dsab}$ Stabilnost je zadovoljena!

4. DIMENZIONISANJE DNA

Na osnovu preporuke standarda SRPS EN 14015, usvojena je debljina lima centralnog dela dna:

$t_b := 6 \cdot \text{mm} + CA = 7 \text{ mm}$ Usvaja se $t_b := 7 \text{ mm}$

Debljina anularnog prstena:

$$t_{bamin} := \max \left(8 \cdot \text{mm}, \frac{t_{bs}}{3} + 3 \cdot \text{mm} \right) + CA = 9 \text{ mm}$$

Usvaja se debljina anularnog prstena :

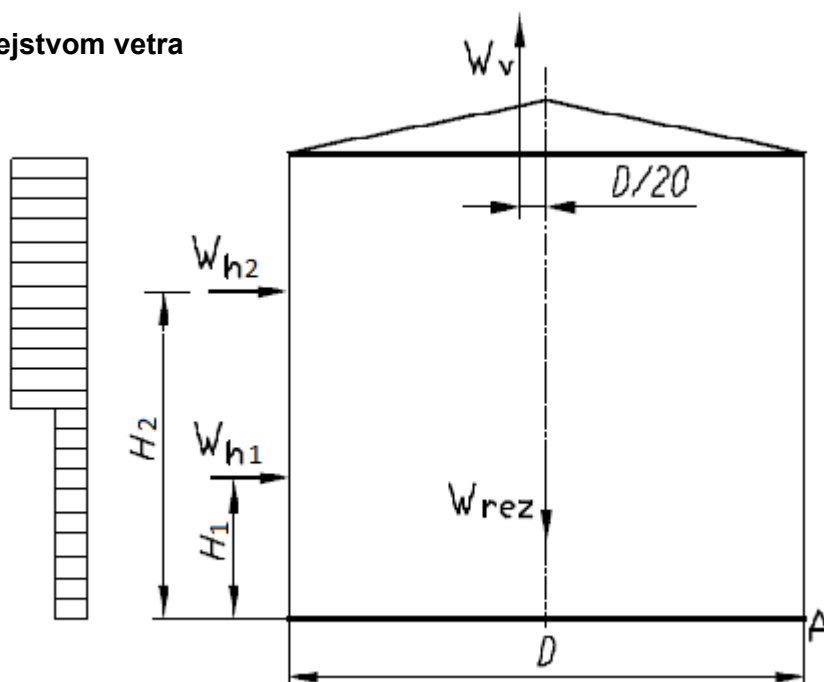
$$t_{ba} := 9 \cdot \text{mm}$$


Potrebna širina anularnog prstena unutar omotača:

$$l_b := \min \left(0.035 D, 29.1 \cdot (t_{ba} - CA) \cdot \sqrt{\frac{R_{eb}}{\frac{H}{m} \text{ MPa}}} \right) = 577.5 \text{ mm}$$

5. PROVERA STABILNOSTI REZERVOARA NA PREVRTANJE I ODIZANJE

5.1. Stabilnost rezervoara pod dejstvom vetra



 KOVAČ-INŽENJERING d.o.o. Beograd	V M L d.o.o. – Skladište naftnih derivata u Jakovu IDEJNI PROJEKAT ZA IZGRADNJU NOVIH REZERVOARA ZA KEROZION 2 x 4.000 m ³ PROJEKAT MAŠINSKIH INSTALACIJA – REZERVOARI NR1 i NR3	Br. projekta	2025130
		Br.dokum.	2025130-IDP-6-601
Investitor	V M L d.o.o. Ulica Vožda Karađorđa 203A, 11276 Jakovo, Beograd		
Objekat	Skladište naftnih derivata u Jakovu		
Lokacija	Ulica Vožda Karađorđa 203A, K.P. 1685 KO Jakovo		

Sile vetra koje deluju na rezervoar su:

Wh1 - horizontalna sila koja deluje ispod visine vrha tankvane,
deluje na površinu $D \times H_{tan}$

Wh2 - horizontalna sila koja deluje iznad visine vrha tankvane
deluje na površinu $D \times (H - H_{tan})$

Wv - vertikalna sila koja deluje na efektivnu površinu krova $A_k = D^2 \cdot \pi / 4$

$$W_{h1} := q_{pt} \cdot C_s \cdot C_d \cdot C_{po1} \cdot \frac{1}{2} D \cdot H_{tan} = 59415 \text{ N} \quad C_{po1} = 0.45 \quad C_s \cdot C_d = 1$$

$$W_{h2} := q_p \cdot C_s \cdot C_d \cdot C_{po2} \cdot D \cdot (H - H_{tan}) = 63985 \text{ N} \quad C_{po2} = 0.45$$

$$W_v := q_{pk} \cdot C_s \cdot C_d \cdot C_{pk} \cdot \frac{D^2 \cdot \pi}{4} = 157940 \text{ N} \quad C_{pk} = 0.6$$

$$h_1 := \frac{H_{tan}}{2} = 6.5 \text{ m} \quad h_2 := H_{tan} + \frac{H - H_{tan}}{2} = 16.5 \text{ m}$$

Moment prevrtanja od dejstva vetra oko tačke A iznosi:

$$M := W_{h1} \cdot h_1 + W_{h2} \cdot h_2 + W_v \cdot \left(\frac{D}{20} + \frac{D}{2} \right) = 2875 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

Sile koje se protive odizanju rezervoara:

$$m_o = 65521 \text{ kg} \quad \text{masa omotača bez dodatka na koroziju}$$

$$m_{kl} = 8553 \text{ kg} \quad \text{masa krovnog lima bez dodatka na koroziju}$$

$$m_{kk} = 3200 \text{ kg} \quad \text{masa krovne konstrukcije u korodiranom stanju}$$

$$m_d = 1849 \text{ kg} \quad \text{masa dela dna koji se protivi odizanju}$$

$$m_{op} = 3000 \text{ kg} \quad \text{masa opreme}$$

$$m_{rez} := m_o + m_{kl} + m_{kk} + m_d + m_{op} = 82123 \text{ kg} \quad W_{rez} := m_{rez} \cdot g = 805350 \text{ N}$$

Stabilnost rezervoara pri dejstvu vetra na prazan rezervoar proveravamo na prevrtanje oko tačke A:

$$\text{Moment stabilnosti, sa stepenom sigurnosti 1,5: } M_{st} := \frac{W_{rez} \cdot D}{2 \cdot 1.5} = 4429 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

Pošto je $M = 2875 \text{ kN} \cdot \text{m} < M_{st} = 4429 \text{ kN} \cdot \text{m}$ stabilnost rezervoara je zadovoljena!

5.2. Stabilnost rezervoara pod dejstvom vetra i nadpritiska (API 650, t.5.11-12, app.F)

$$\text{Moment stabilnosti od težine omotača i opreme na njemu: } M_{DLs} := DL_s \cdot \frac{D}{2} = 5612 \text{ kN} \cdot \text{m}$$


$$\text{Moment stabilnosti od težine krovnog lima i opreme na njemu: } M_{DLR} := DL_R \cdot \frac{D}{2} = 1032 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

gde su $DL_s = 680286 \text{ N}$ - težina omotača i konstrukcije koja se oslanja na omotač (bez krova)
 $DL_R = 125064 \text{ N}$ - težina krova i opreme na njemu.

$$\text{Moment stabilnosti od težine tečnosti: } M_F := w_L \cdot D \cdot \pi \cdot \frac{D}{2} = 19870 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

$$\text{gde je } w_L = \min \left(140.8 \cdot H \cdot D, 59 \cdot t_{bs} \cdot \sqrt{R_{eH} \cdot H} \right) \quad w_L = 46464 \frac{\text{N}}{\text{m}}$$

$$0.6 \cdot M + p_n \cdot \frac{D^2 \cdot \pi}{4} \cdot \frac{D}{2} = 3842 \text{ kN} \cdot \text{m} < \frac{M_{DLs}}{1.5} + M_{DLR} = 4773 \text{ kN} \cdot \text{m} \quad \text{Zadovoljava!}$$

 KOVAČ-INŽENJERING d.o.o. Beograd	V M L d.o.o. – Skladište naftnih derivata u Jakovu IDEJNI PROJEKAT ZA IZGRADNJU NOVIH REZERVOARA ZA KEROZION 2 x 4.000 m ³ PROJEKAT MAŠINSKIH INSTALACIJA – REZERVOARI NR1 i NR3	Br. projekta	2025130
		Br.dokum.	2025130-IDP-6-601
Investitor	V M L d.o.o. Ulica Vožda Karađorđa 203A, 11276 Jakovo, Beograd		
Objekat	Skladište naftnih derivata u Jakovu		
Lokacija	Ulica Vožda Karađorđa 203A, K.P. 1685 KO Jakovo		

$$M + F_p \cdot \left(p_n \cdot \frac{D^2 \cdot \pi}{4} \cdot \frac{D}{2} \right) = 3722 \text{ kN} \cdot \text{m} < \frac{M_{DLs} + M_F}{2} + M_{DLR} = 13773 \text{ kN} \cdot \text{m} \quad \text{Zadovoljava!}$$

gde je $F_p := \max \left(\frac{p_r}{p_n}, 0.4 \right) = 0.4$ - odnos normalnog radnog i projektnog pritiska (min. 0,4)

Stabilnost je zadovoljena!

Najveći nadpritisak u rezervoaru pri kome neće doći do odizanja dna (prema API 650, app.F):

$$P_{max} := 0.849 \cdot \frac{DL_s}{D^2} + \frac{1.27 \cdot DL_R}{D^2} - \frac{1.53 \cdot M}{D^3} = 1726 \text{ Pa} \quad \text{što je veće od proračunskog nadpritisaka}$$

$$p_n = 1200 \text{ Pa}$$

5.3. Ankeri

Broj ankera: $N_a := 36$ Usvaja se Anker = "M48", od materijala C45 SRPS EN 10083-2

$$R_{eHa} := 370 \cdot \text{MPa} \quad d_I = 42.587 \text{ mm}$$

$$d_a := d_I - 2 \cdot 3 \cdot \text{mm} = 36.6 \text{ mm} \quad \text{prečnik jezgra ankera, bez dodatka na koroziju}$$

$$A_a := \frac{d_a^2 \cdot \pi}{4} = 1051.3 \text{ mm}^2 \quad \text{površina poprečnog preseka ankera}$$

Sile u ankerima za različite tipove opterećenja, izračunate su u tabeli

Sila u ankeru: $t_b := \frac{U}{N_a}$ gde je U ukupna sila odizanja

Veličine koje se koriste u proračunu su:


$$M = 2875257 \text{ N} \cdot \text{m} \quad \text{moment od sile vetra}$$

$$M_s = 36106850 \text{ N} \cdot \text{m} \quad \text{seizmički moment}$$

Stabilišuća težina rezervoara, bez dodatka na koroziju : $W_{rez} = 805350 \text{ N}$

$$W_{rez1} := W_{rez} - A_k \cdot t \cdot 8000 \cdot \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \cdot g = 704699 \text{ N}$$

Slučaj opterećenja	Sila odizanja, U [N] formula	Sila odizanja, U [N]	Sila u ankeru, t_b [N]	Napon u ank. σ_b [MPa]	Doz. napon σ_d [MPa]
Projektni pritisak	$[(p_n - 80t_k)D^2\pi/4] - W_{rez1}$	-448212	-	-	154
Vetar	$4M_v/D - W_{rez}$	-108318	-	-	296
Pritisak + vetar	$[(p_n - 80t_k)D^2\pi/4] + 4M_v/D - W_{rez1}$	248820	6912	6,57	206
Seizmika	$4M_s/D - W_{rez}$	7947826	220773	209,99	296
Pritisak + seizmika	$[(p_n - 80t_k)D^2\pi/4] + 4M_s/D - W_{rez1}$	8304964	230693	219,43	296

 KOVAČ-INŽENJERING d.o.o. Beograd	V M L d.o.o. – Skladište naftnih derivata u Jakovu IDEJNI PROJEKAT ZA IZGRADNJU NOVIH REZERVOARA ZA KEROZION 2 x 4.000 m ³ PROJEKAT MAŠINSKIH INSTALACIJA – REZERVOARI NR1 i NR3	Br. projekta	2025130
		Br.dokum.	2025130-IDP-6-601
Investitor	V M L d.o.o. Ulica Vožda Karađorđa 203A, 11276 Jakovo, Beograd		
Objekat	Skladište naftnih derivata u Jakovu		
Lokacija	Ulica Vožda Karađorđa 203A, K.P. 1685 KO Jakovo		

Pošto su vrednosti sila u ankerima manje od dozvoljenih, rezervoar je stabilan.

Provera duktilnosti ankera:

Izduženje materijala ankera pri pucanju (za C45 EN 10083-2) $A_{el} := 16\%$

Potrebno izduženje ankera, prema EN 1998-4 t. 4.4: $\Delta L := \frac{R}{200} = 41.3 \text{ mm}$

Potrebna slobodna dužina ankera: $L_{apot} := \frac{\Delta L}{A_{el}} = 257.8 \text{ mm}$

Usvaja se: $L_a := 350 \text{ mm} > L_{apot}$, anker se može smatrati duktilnim.

6. PRORAČUN DISANJA prema EN ISO 28300 (API 2000)

Maksimalna zapremina gasnog prostora: $V_r = 4383 \text{ m}^3$

Maksimalna brzina punjenja: $V_{ul} := 200 \cdot \frac{\text{m}^3}{\text{hr}}$

Maksimalna brzina pražnjenja: $V_{iz} := 200 \cdot \frac{\text{m}^3}{\text{hr}}$

Geografska širina: $L_g := 45^\circ$

Faktor geografske širine: $Y = 0.25$

Faktor napona pare i skladišne temperature: $C_d := 5$

Faktor izolacije za neizolovan rezervoar: $R_i := 1$

6.1. Potreba za normalnim odušivanjem

NORMALNO DISANJE					
		IZDISANJE		UDISANJE	
MEHANIČKO	m ³ /h	V _{op} =V _{ul} =	200	V _{ip} =V _{iz} =	200
TERMIČKO	Nm ³ /h	V _{ot} =Y·V _t ^{0.9} ·R _i =	474	V _{it} =C·V _t ^{0.7} ·R _i =	1771
UKUPNO	m ³ /h	V _o =V _{op} +V _{ot} =	674	V _i =V _{ip} +V _{it} =	1971

6.2. Proračun sigurnosnog odušivanja


Kapacitet sigurnosnog oduška određuje se na osnovu površine omotača koja može biti izložena požaru u okolini. Ova površina iznosi: $A_{iz} = D \cdot \pi \cdot H_{iz}$

$A_{iz} = 473.8 \text{ m}^2$

gde je $H_{iz} = 9.14 \text{ m}$

Unos toplote:

$$Q := \begin{cases} \text{if } A_{iz} < 18.6 & 63150 \cdot A_{iz} \\ \text{if } 18.6 < A_{iz} < 93 & 224200 \cdot A_{iz}^{0.566} \\ \text{if } 93 < A_{iz} < 260 & 630400 \cdot A_{iz}^{0.338} \\ \text{if } 260 < A_{iz} & \begin{cases} \text{if } p_n < 7 \text{ kPa} & 4129700 \\ \text{if } p_n \geq 7 \text{ kPa} & 43200 \cdot A_{iz}^{0.82} \end{cases} \end{cases} \cdot W$$

 KOVAČ-INŽENJERING d.o.o. Beograd	V M L d.o.o. – Skladište naftnih derivata u Jakovu IDEJNI PROJEKAT ZA IZGRADNJU NOVIH REZERVOARA ZA KEROZION 2 x 4.000 m ³ PROJEKAT MAŠINSKIH INSTALACIJA – REZERVOARI NR1 i NR3	Br. projekta	2025130
		Br.dokum.	2025130-IDP-6-601
Investitor	V M L d.o.o. Ulica Vožda Karađorđa 203A , 11276 Jakovo, Beograd		
Objekat	Skladište naftnih derivata u Jakovu		
Lokacija	Ulica Vožda Karađorđa 203A, K.P. 1685 KO Jakovo		

$$Q = 4129700 \text{ W}$$

$$L_t = 250000 \frac{\text{J}}{\text{kg}} \quad \text{Latentna toplota isparavanja uskladištene tečnosti}$$

$$M_m = 170 \quad \text{Molekulska masa uskladištene tečnosti}$$

$$T_p = 288.8 \text{ K} \quad \text{Temperatura za koju se računaju karakteristike tečnosti (} T_p = 15.6 \text{ }^{\circ}\text{C} \text{)}$$

$$F_t := 1 \quad \text{Faktor okoline za neizolovan rezervoar}$$

Ukupan potreban protok za sigurnosno odušivanje za uskladištenu tečnost je:

$$q_n := 906.6 \cdot Q \cdot \frac{F_t}{L_t} \cdot \left(\frac{T_p}{M_m} \right)^{0.5}$$

$$q_n = 19517.8 \frac{\text{m}^3}{\text{hr}}$$

6.3. Karakteristike oduška

Karakteristike normalnog oduška - Disajni ventil za nadpritisak i vakuum:

Nadpritisak otvaranja: + 250 Pa

$$\text{Potreban kapacitet: } Q_o := V_o = 674 \frac{\text{m}^3}{\text{hr}}$$

Maksimalni pritisak na kom se postiže pun kapacitet: 1000 Pa

Podpritisak otvaranja: - 250 Pa

$$\text{Potreban kapacitet: } Q_i := V_i = 1971 \frac{\text{m}^3}{\text{hr}}$$

Maksimalni podpritisak na kom se postiže pun kapacitet: 500 Pa


Karakteristike sigurnosnog oduška:

Sigurnosna zaklopka za nadpritisak :

Nadpritisak otvaranja: + 1100 Pa

$$\text{Potreban kapacitet: } q_n = 19518 \frac{\text{m}^3}{\text{hr}}$$

Maksimalni pritisak na kom se postiže pun kapacitet: 1200 Pa

 KOVAČ-INŽENJERING d.o.o. Beograd	V M L d.o.o. – Skladište naftnih derivata u Jakovu IDEJNI PROJEKAT ZA IZGRADNJU NOVIH REZERVOARA ZA KEROZION 2 x 4.000 m ³ PROJEKAT MAŠINSKIH INSTALACIJA – REZERVOARI NR1 i NR3	Br. projekta	2025130
		Br.dokum.	2025130-IDP-6-601
Investitor	V M L d.o.o. Ulica Vožda Karađorđa 203A, 11276 Jakovo, Beograd		
Objekat	Skladište naftnih derivata u Jakovu		
Lokacija	Ulica Vožda Karađorđa 203A, K.P. 1685 KO Jakovo		

8. PRORAČUN ČELIČNE TANKVANE

Prečnik tankvane

$$D_{tan} := 20.5 \cdot m$$

Potrebna visina tankvane

$$H_{tan} := D^2 \cdot \frac{H}{D_{tan}^2} \quad H_{tan} = 12956.6 \text{ mm}$$

Gde je $H = 20 \text{ m}$ visina rezervoara

$$\text{Usvaja se} \quad H_{tan} := 13 \cdot m < \frac{4}{5} \cdot H = 16 \text{ m}$$

8.1. PRORAČUN OPTEREĆENJA VETROM

$$\text{Za visinu } z := H_{tan} = 13 \text{ m} \quad \text{opterećenje vetrom je:} \quad q_{pt} = 1231 \text{ Pa}$$

$$\text{Ovom pritisku vetra odgovara maksimalna brzina vetra} \quad v_{maxt} = 45.0 \frac{m}{s}$$

8.2. PRORAČUN OMOTAČA

Materijal: S235J2

$$\text{Granica tečenja za izabrani materijal je:} \quad R_{eH235} := 235 \cdot MPa$$

dozvoljena naprezanja za radne i ispitne uslove, prema API 650 su:

$$\sigma_{doz235} := 137 \text{ MPa} \quad \sigma_{dozH235} := 154 \text{ MPa}$$


$$\text{Dodatak na koroziju:} \quad CA := 1 \cdot mm$$

Debljina lima za radne uslove i uslove hidrotesta računa se po formulama:

$$s_r = 4,905 \cdot \frac{D \cdot (H_s - 0,3)}{\sigma_{doz} \cdot k} \cdot \rho + c \quad s_H = 4,905 \cdot \frac{D \cdot (H_s - 0,3)}{\sigma_{dozH} \cdot k}$$

Proračun potrebnih debljina lima je dat u tabeli 1:

1	2	3	4	5	6	7	8
Pojas	Visina pojasa	Rastojanje od dna pojasa do vrha	Računska visina	Računska debljina radni uslovi	Računska debljina hidrotest	Potrebna debljina	Usvojena debljina
	$H_i \text{ (m)}$	$H_s \text{ (m)}$	$H_s + \Delta H \text{ (m)}$	$s_r \text{ (mm)}$	$s_H \text{ (mm)}$	$s' \text{ (mm)}$	$s \text{ (mm)}$
1	2,0000	13,0	13,0	10,32	8,29	10,82	11,0
2	2,0000	11,0	11,0	8,85	6,99	9,35	10,0
3	2,0000	9,0	9,0	7,39	5,68	7,89	8,0
4	2,0000	7,0	7,0	5,92	4,37	6,32	7,0
5	2,0000	5,0	5,0	4,45	3,07	4,85	6,0
6	1,5000	3,0	3,0	2,98	1,76	3,38	6,0
7	1,5000	1,5	1,5	1,88	0,78	2,28	6,0

 KOVAČ INŽINERINING d.o.o. Beograd	V M L d.o.o. – Skladište naftnih derivata u Jakovu IDEJNI PROJEKAT ZA IZGRADNJU NOVIH REZERVOARA ZA KEROZION 2 x 4.000 m ³ PROJEKAT MAŠINSKIH INSTALACIJA – REZERVOARI NR1 i NR3	Br. projekta	2025130
		Br.dokum.	2025130-IDP-6-601
Investitor	V M L d.o.o. Ulica Vožda Karađorđa 203A, 11276 Jakovo, Beograd		
Objekat	Skladište naftnih derivata u Jakovu		
Lokacija	Ulica Vožda Karađorđa 203A, K.P. 1685 KO Jakovo		

8.2.1. Dimenzionisanje rubnog ugaonika i primarnog prstena za ukrućenje

Potreban otporni moment primarnog prstena za ukrućenje:

$$W_p := \frac{D_{tan}^2 \cdot H_{tan}}{17 \cdot 10^6} \cdot \frac{v_{maxt}^2}{\left(190 \cdot \frac{km}{hr}\right)^2} \quad W_p = 233.6 \text{ cm}^3$$

Usvaja se profil od lima, debljine 6 mm, koji će služiti kao staza za hodanje i biće smešten na visini 1100 mm od vrha. Vrh omotača će biti ukrućen rubnim ugaonikom od profila L80x80x8.

8.2.2 Proračun stabilnosti lima omotača pod radijalnim opterećenjem

Maksimalna visina neukrućenog dela omotača:

$$H_l := 9.47 \cdot \frac{\left(\langle s_{min} - CA \rangle \cdot 1000\right)^{2.5}}{D_{tan}^{1.5}} \cdot \frac{\left(190 \cdot \frac{km}{hr}\right)^2}{v_{maxt}^2} \quad H_l = 7.85 \text{ m}$$

Sa druge strane, transponovane visine pojaseva omotača računaju se po formuli:

$$H_{tri} = H_l \cdot \sqrt[5]{\left(\frac{s_{min} - CA}{s_i - CA}\right)^5}$$

Proračun transponovanih visina pojedinih pojaseva dat je u tabeli:


1	3	8	9
Pojas	Visina	Debljina	Transponovana visina
	H_i (m)	s_i (mm)	H_{tri} (m)
1	2,000	11,0	0,354
2	2,000	10,0	0,460
3	2,000	8,0	0,862
4	2,000	7,0	1,268
5	2,000	6,0	2,000
6	1,500	6,0	1,500
7	0,400	6,0	0,400

Ukupna transponovana visina omotača jednaka je zbiru transponovanih visina svih pojaseva datih u koloni 9 tabele:

$$H_{tr} = 6.84 \text{ m}$$

Koeficijent radijalnog opterećenja lima omotača:

$$\frac{1}{v_r} = 0.87 < 1, \text{ Zadovoljava!}$$

 KOVAČ-INŽENJERING d.o.o. Beograd	V M L d.o.o. – Skladište naftnih derivata u Jakovu IDEJNI PROJEKAT ZA IZGRADNJU NOVIH REZERVOARA ZA KEROZION 2 x 4.000 m ³ PROJEKAT MAŠINSKIH INSTALACIJA – REZERVOARI NR1 i NR3	Br. projekta	2025130
		Br.dokum.	2025130-IDP-6-601
Investitor	V M L d.o.o. Ulica Vožda Karađorđa 203A , 11276 Jakovo, Beograd		
Objekat	Skladište naftnih derivata u Jakovu		
Lokacija	Ulica Vožda Karađorđa 203A, K.P. 1685 KO Jakovo		

8.2.3. Proračun stabilnosti lima omotača pod dejstvom aksijalnog opterećenja

8.2.3.1. Kombinovano opterećenje od vetra i sopstvene težine

Aerodinamički pritisak vetra: $q_{pt} = 1231 \text{ Pa}$

Ukupna sila po jedinici obima omotača računa se za svaki pojas:

Ukupna sila po jedinici obima omotača računa se za svaki pojas: $N_i = N_{Gi} + N_{wi}$
gde su:

N_{Gi} - sopstvena težina dela omotača iznad posmatranog preseka $\left(\frac{N}{m}\right)$

$N_{wi} = N_{whi}$ -Sila koja se javlja u posmatranom preseku od horizontalne sile vetra

$$N_{whi} = \frac{M_{hi}}{D_{tan}^2 \cdot \pi} \left(\frac{N}{m}\right) - \text{horizontalna sila vetra u posmatranom pojasu omotača}$$

$$M_{hi} = q_{pt} \cdot C_{po} \cdot D_{tan} \cdot \frac{H_{si}^2}{2} - \text{moment od horizontalne sile vetra u posmatranom preseku}$$

$C_{po} := 0.8$ - koeficijent spoljnog pritiska (DIN 4119-2 / EN1993-4-2)

Na osnovu izračunatih sila, za svaki pojas omotača izračunat je ukupni aksijalni napon (kol.15 u tabeli) i dozvoljeni napon (kolona 17), kao i koeficijent aksijalnog opterećenja v_a :

$$\text{Napon u omotaču je: } \sigma_i = \frac{N_i}{1000 \cdot (s_i - c)} \text{ (MPa)}$$

$$\text{Dozvoljeni napon je: } \sigma_{di} = C \cdot E \cdot \frac{s_i - CA}{D_{tan} \cdot 1000} \text{ (MPa)}$$


Vrednosti sila date su u tabeli .

1	10	11	12	14	15	16	17	18
Pojas	Visina od dna pojasa do vrha	Težina omotača	Horiz. sila od vetra	Ukupna sila	Napon u omotaču	Koef. C	Dozvoljeni napon	Koef. Aksij. opterećenja
	Hs (m)	N_{gi} (N/m)	N_{whi} (N/m)	N_i (N/m)	σ_i (MPa)		σ_{di} (MPa)	v_{ai}
1	11,9000	9040,90	4331,06	14958,77	1,496	0,08	16,331	0,09
2	9,9000	7314,34	2997,58	11898,73	1,322	0,08	13,913	0,10
3	7,9000	5744,74	1908,77	9240,32	1,320	0,07	9,797	0,13
4	5,9000	4489,06	1064,64	7140,51	1,190	0,07	8,106	0,15
5	3,9000	3390,34	465,19	5442,34	1,088	0,06	6,591	0,17
6	1,9000	1930,61	110,41	3627,83	0,726	0,06	6,591	0,11
7	0,4000	706,32	4,89	2298,03	0,460	0,06	6,591	0,07

Maksimalni koeficijent aksijalnog opterećenja je: $\frac{1}{v_a} = 0.17$ <1 Zadovoljava!

Koeficijent opterećenja za kombinovano opterećenje:

$$\frac{1}{v_r} + \frac{1}{v_a} = 1.04 \sim 1 \quad \text{Omotač je stabilan.}$$

 KOVAČ-INŽENJERING d.o.o. Beograd	V M L d.o.o. – Skladište naftnih derivata u Jakovu IDEJNI PROJEKAT ZA IZGRADNJU NOVIH REZERVOARA ZA KEROZION 2 x 4.000 m ³ PROJEKAT MAŠINSKIH INSTALACIJA – REZERVOARI NR1 i NR3	Br. projekta	2025130
		Br.dokum.	2025130-IDP-6-601
Investitor	V M L d.o.o. Ulica Vožda Karađorđa 203A, 11276 Jakovo, Beograd		
Objekat	Skladište naftnih derivata u Jakovu		
Lokacija	Ulica Vožda Karađorđa 203A, K.P. 1685 KO Jakovo		

8.2.3.2. Opterećenje od zemljotresa

prema EN 1998-1 / EN 1998-4 A.3.2.2

$$H_{Tan} := H_{tan} - h_{ptan} = 13 \text{ m}$$

Visina punjenja

$$R_{tan} := \frac{D_{tan}}{2} = 10.25 \text{ m}$$

Poluprečnik rezervoara

$$m_{Tan} := \rho \cdot \left(R_{tan}^2 \cdot \pi - \frac{D^2}{4} \cdot \pi \right) \cdot H_{Tan} = 1511106.1 \text{ kg}$$

Ukupna masa tečnosti

s_{eqt} Ekvivalentna uniformna debljina omotača s obzirom na naprezanje

Debljine pojaseva

Visine pojaseva

Rastojanja od sredine
pojasa do visine punjenja

s_{eq}

$$ST = \begin{bmatrix} 11 \\ 10 \\ 8 \\ 7 \\ 6 \\ 6 \\ 6 \end{bmatrix} \text{ mm} \quad HIT = \begin{bmatrix} 2 \\ 2 \\ 2 \\ 2 \\ 2 \\ 1.5 \\ 1.5 \end{bmatrix} \text{ m} \quad HTT = \begin{bmatrix} 12 \\ 10 \\ 8 \\ 6 \\ 4 \\ 2.3 \\ 0.8 \end{bmatrix} \text{ m}$$

$$s_{eqt} := \frac{\sum_{i=0}^{n_r-1} (ST_i \cdot HIT_i \cdot HTT_i)}{\sum_{i=0}^{n_r-1} (HIT_i \cdot HTT_i)} = 8.9 \text{ mm}$$

Na osnovu odnosa: $\frac{H_{Tan}}{R_{tan}} = 1.27$ dobijamo iz tabele A.2 EN 1998-4 parametre:

H/R	C _i	C _c (s/m ^{1/2})	m _i /m	m _c /m	h _i /H	h _c /H	h _i '/H	h _c '/H
0,3	9,28	2,09	0,176	0,824	0,400	0,521	2,640	3,414
0,5	7,74	1,74	0,300	0,700	0,400	0,543	1,460	1,517
0,7	6,97	1,60	0,414	0,586	0,401	0,571	1,009	1,011
1,0	6,36	1,52	0,548	0,452	0,419	0,616	0,721	0,785
1,5	6,06	1,48	0,686	0,314	0,439	0,690	0,555	0,734
2,0	6,21	1,48	0,763	0,237	0,448	0,751	0,500	0,764
2,5	6,56	1,48	0,810	0,190	0,452	0,794	0,480	0,796
3,0	7,03	1,48	0,842	0,158	0,453	0,825	0,472	0,825

H/R	C _i	C _c	m _i /m _T	m _c /m _T	h _i /H _T	h _c /H _T
1,27	6,20	1,50	0,62	0,38	0,43	0,66

Na osnovu ovih parametara, dobijamo sledeće vrednosti :

Impulsni prirodni period vibracija:

$$T_{imp} := C_i \cdot \frac{H_{Tan} \cdot \sqrt{\rho}}{\sqrt{\frac{s_{eqt} \cdot E}{R_{tan}}}} = 0.189 \text{ s}$$

Konvektivni period vibracija:

$$T_{con} := C_c \cdot \sqrt{R_{tan}} = 4.8 \text{ s}$$

Masa impulsivne komponente tečnosti:

$$m_i = 939982 \text{ kg}$$

Visina težišta impulsivne komponente tečnosti:


$$h_i = 5.59 \text{ m}$$

Masa konvektivne komponente tečnosti:

$$m_c = 571124 \text{ kg}$$

Visina težišta konvektivne komponente tečnosti:

$$h_c = 8.52 \text{ m}$$

 KOVAČ INŽENJERING d.o.o. Beograd	V M L d.o.o. – Skladište naftnih derivata u Jakovu IDEJNI PROJEKAT ZA IZGRADNJU NOVIH REZERVOARA ZA KEROZION 2 x 4.000 m ³ PROJEKAT MAŠINSKIH INSTALACIJA – REZERVOARI NR1 i NR3	Br. projekta	2025130
		Br.dokum.	2025130-IDP-6-601
Investitor	V M L d.o.o. Ulica Vožda Karađorđa 203A, 11276 Jakovo, Beograd		
Objekat	Skladište naftnih derivata u Jakovu		
Lokacija	Ulica Vožda Karađorđa 203A, K.P. 1685 KO Jakovo		

Na osnovu EN 1998-4, tačke 3.4 / 4.4 impulsno spektralno ubrzanje kod čeličnih rezervoara može se odrediti za projektni spektar odgovora ($q := 2$ za neankerisanu tankvanu):

Impulsno spektralno ubrzanje:

$$\text{za } T_{imp} = 0.189 \text{ s} \quad S_{imp} := S_d(T_{imp}) = 1.4 \frac{m}{s^2}$$

Na osnovu EN 1998-4, tačka 4.4 konvektivno spektralno ubrzanje određuje se za elastični spektar odgovora.

Pošto je konvektivni period vibracija $T_{con} = 4.8 \text{ s} > 4 \text{ s}$

Horizontalni elastični spektar odgovora za ubrzanja za periode veće od 4 s se koriguje preko elastičnog spektra odgovora za pomeranja, prema EN 1998-1-1 3.2.2.2 i dodatku A iz EN 1998-1.

Dodatni kontrolni periodi za Tip 1 spektra pomeranja:

Ground type	T_E (s)	T_F (s)
A	4,5	10,0
B	5,0	10,0
C	6,0	10,0
D	6,0	10,0
E	6,0	10,0

Za tip tla na lokaciji predmetnih rezervoara:

Tip tla	T_E	T_F
C	6,00	10,00

$$T_E \leq T \leq T_F : S_{De}(T) = 0,025 a_g \cdot S \cdot T_C \cdot T_D \left[2,5\eta + \left(\frac{T - T_E}{T_F - T_E} \right) (1 - 2,5\eta) \right]$$

$$T \geq T_F : S_{De}(T) = d_g$$

gde je $d_g := 0.025 \cdot a_g \cdot S_I \cdot T_C \cdot T_D$

Elastični spektar odgovora za pomeranje:

Faktor prigušenja:

$$\xi := 0.5 \quad \%$$

Faktor korekcije prigušenja:

$$\eta := \sqrt{\frac{10}{5 + \xi}} = 1.35$$


Za $T_{con} = 4.8 \text{ s}$ i $\eta = 1.35$

$$S_{De}(T_{con}) = 0.11 \text{ m}$$

Elastični spektar odgovora :

$$S_E(T) := \frac{S_{De}(T)}{\left(\frac{T}{2 \cdot \pi} \right)^2}$$

$$S_{con} := S_E(T_{con}) = 0.196 \frac{m}{s^2}$$

 KOVAČ-INŽENJERING d.o.o. Beograd	V M L d.o.o. – Skladište naftnih derivata u Jakovu IDEJNI PROJEKAT ZA IZGRADNJU NOVIH REZERVOARA ZA KEROZION 2 x 4.000 m ³ PROJEKAT MAŠINSKIH INSTALACIJA – REZERVOARI NR1 i NR3	Br. projekta	2025130
		Br.dokum.	2025130-IDP-6-601
Investitor	V M L d.o.o. Ulica Vožda Karađorđa 203A, 11276 Jakovo, Beograd		
Objekat	Skladište naftnih derivata u Jakovu		
Lokacija	Ulica Vožda Karađorđa 203A, K.P. 1685 KO Jakovo		

Određivanje ukupne horizontalne sile i seizmičkog momenta

Ukupna težina omotača tankvane: $m_w = 52553 \text{ kg}$

Rastojanje od dna rezervoara do težišta omotača: $h_w = 3.7401 \text{ m}$

Ukupna horizontalna sila

$$Q_s := (m_w + m_i) \cdot S_{imp} + m_c \cdot S_{con} = 1474.5 \text{ kN}$$

Ukupni seizmički moment prevrtanja koji deluje na dnu rezervoara

$$M_s := (m_w \cdot h_w + m_i \cdot h_i) \cdot S_{imp} + m_c \cdot h_c \cdot S_{con} = (8.4 \cdot 10^6) \text{ N} \cdot \text{m}$$

Visina konvektivnog talasa:

$$d_{max} := 0.84 \cdot R_{tan} \cdot \frac{S_{con}}{g} = 171.7 \text{ mm}$$

Provera stabilnosti prema API 650 Annex E / EN 14015 Annex G

Moment stabilnosti, koji se protivi prevrtanju rezervoara i deluje u dnu omotača rezultat je dejstva težine omotača i dela težine tečnosti koja se nalazi uz omotač:

$R_{eb} := 235 \cdot \text{MPa}$ granica tečenja materijala lima dna ispod omotača

$t_{ba} := 8 \cdot \text{mm}$ debljina lima dna na delu ispod omotača, bez dodatka na koroziju

$$W_L = \min(200 \cdot \rho \cdot H_t \cdot D_{tan}, 100 \cdot t_{ba} \cdot \sqrt{R_{eb} \cdot \rho \cdot H_t})$$

$$W_L = 44217.6 \frac{\text{N}}{\text{m}}$$

Maksimalna jedinična sila od težine krova i omotača, po obimu rezervoara:

$$W_t := \frac{m_w \cdot g}{D_{tan} \cdot \pi} = 8002.2 \frac{\text{N}}{\text{m}}$$

$$J_s := \frac{M_s}{D_{tan}^2 \cdot (W_L + W_t)} = 0.38 \quad \underline{\leq 1.57, \text{ pa je tankvana seizmički stabilna}}$$


Za neankerisane rezervoare napon sabijanja na dnu omotača, usled dejstva zemljotresa, iznosi:

$$\sigma_{max} := \left\| \begin{array}{l} \text{if } J_s \leq 0.785 \\ \left\| \left(W_t + \frac{1.273 \cdot M_s}{D_{tan}^2} \right) \cdot \frac{1}{t_{bs}} \right\| \\ \text{if } J_s > 0.785 \\ \left\| \left(\frac{W_t + W_L}{0.607 - 0.18667 \cdot J_s^{2.3}} - W_L \right) \cdot \frac{1}{t_{bs}} \right\| \end{array} \right\| \quad \sigma_{max} = 3.4 \text{ MPa}$$

$t_{bs} = 10 \text{ mm}$ debljina lima donjeg pojasa omotača, bez dodatka na koroziju

Maksimalni dozvoljeni napon sabijanja:

$$\sigma_{max} < \sigma_{dsab} \quad \text{Stabilnost je zadovoljena!} \quad \sigma_{dsab} = 40.5 \text{ MPa}$$

 KOVAČ-INŽENJERING d.o.o. Beograd	V M L d.o.o. – Skladište naftnih derivata u Jakovu IDEJNI PROJEKAT ZA IZGRADNJU NOVIH REZERVOARA ZA KEROZION 2 x 4.000 m ³ PROJEKAT MAŠINSKIH INSTALACIJA – REZERVOARI NR1 i NR3	Br. projekta	2025130
		Br.dokum.	2025130-IDP-6-601
Investitor	V M L d.o.o. Ulica Vožda Karađorđa 203A, 11276 Jakovo, Beograd		
Objekat	Skladište naftnih derivata u Jakovu		
Lokacija	Ulica Vožda Karađorđa 203A, K.P. 1685 KO Jakovo		

8.3. DIMENZIONISANJE DNA

$$t_{bamin} := \max \left(8 \cdot \text{mm}, \frac{t_{bs}}{3} + 3 \cdot \text{mm} \right) + CA = 9 \text{ mm}$$

Usvaja se debljina dna tankvane: $t_{ba} := 9 \text{ mm}$

8.4. PROVERA STABILNOSTI TANKVANE POD DEJSTVOM VETRA

Horizontalna sila vetra koja deluje na omotač je:

$$W_h := q_{pt} \cdot C_{po} \cdot C_s \cdot C_d \cdot D_{tan} \cdot H_{tan} = 262465 \text{ N} \quad C_{po} = 0.8 \quad C_s \cdot C_d = 1$$

Moment prevrtanja od dejstva vetra oko tačke A iznosi:

$$M := W_h \cdot \frac{H_{tan}}{2}$$

$$M = 1706 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

Sile koje se protive odizanju tankvane:

$$m_o = 45855 \text{ kg} \quad \text{masa omotača bez dodatka na koroziju}$$

$$m_p = 8000 \text{ kg} \quad \text{masa primarnog prstena, priključaka i opreme}$$

$$m_{tan} := m_o + m_p = 53855 \text{ kg} \quad W_{tan} := m_{tan} \cdot g = 528134 \text{ N}$$


Stabilnost rezervoara pri dejstvu samog vetra proveravamo na prevrtanje oko tačke A:

Mora biti

$$M < \frac{2}{3} \cdot \left(\frac{W_{tan} \cdot D_{tan}}{2} \right)$$

$$\text{Pošto je } M_{st} := \frac{2}{3} \cdot \frac{W_{tan} \cdot D_{tan}}{2} = 3609 \text{ kN} \cdot \text{m} \quad \text{Moment stabilnosti tankvane}$$

Pošto je $M = 1706 \text{ kN} \cdot \text{m} < M_{st} = 3609 \text{ kN} \cdot \text{m}$ stabilnost tankvane je zadovoljena!


 KOVAČ-INŽENJERING d.o.o. Beograd	V M L d.o.o. – Skladište naftnih derivata u Jakovu IDEJNI PROJEKAT ZA IZGRADNJU NOVIH REZERVOARA ZA KEROZION 2 x 4.000 m³ PROJEKAT MAŠINSKIH INSTALACIJA – REZERVOARI NR1 i NR3	Br. projekta 2025130
		Br.dokumenta 2025130-IDP-6-602
Investitor	V M L d.o.o. Ulica Vožda Karadžića 203A , 11276 Jakovo, Beograd	
Objekat	Skladište naftnih derivata u Jakovu	
Lokacija	Ulica Vožda Karadžića 203A, k.p.1685 K.O.Jakovo	

6.2. PROCENA INVESTICIONE VREDNOSTI

Procena vrednosti po jednom rezervoaru:

Redni broj	Vrsta radova	Iznos (dinara)
1.	Čelična konstrukcija	82.000.000,00
2.	Kontrola i ispitivanje	5.000.000,00
3.	Antikorozivna zaštita	22.000.000,00
4.	Oprema na rezervoaru	2.500.000,00
UKUPNO ZA JEDAN REZERVOAR		111.500.000,00

UKUPNO ZA DVA REZERVOARA	223.000.000,00
---------------------------------	-----------------------

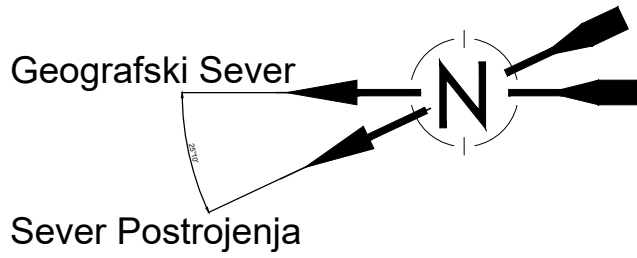
 KOVAČ-INŽENJERING d.o.o. Beograd	V M L d.o.o. – Skladište naftnih derivata u Jakovu IDEJNI PROJEKAT ZA IZGRADNJU NOVIH REZERVOARA ZA KEROZION 2 x 4.000 m ³ PROJEKAT MAŠINSKIH INSTALACIJA – REZERVOARI NR1 i NR3	Br. projekta 2025130
		Br.dokumenta 2025130-IDP-6-700
Investitor	V M L d.o.o. Ulica Vožda Karadžića 203A , 11276 Jakovo, Beograd	
Objekat	Skladište naftnih derivata u Jakovu	
Lokacija	Ulica Vožda Karadžića 203A, k.p.1685 K.O.Jakovo	

7. GRAFIČKA DOKUMENTACIJA

Sadržaj grafičke dokumentacije:

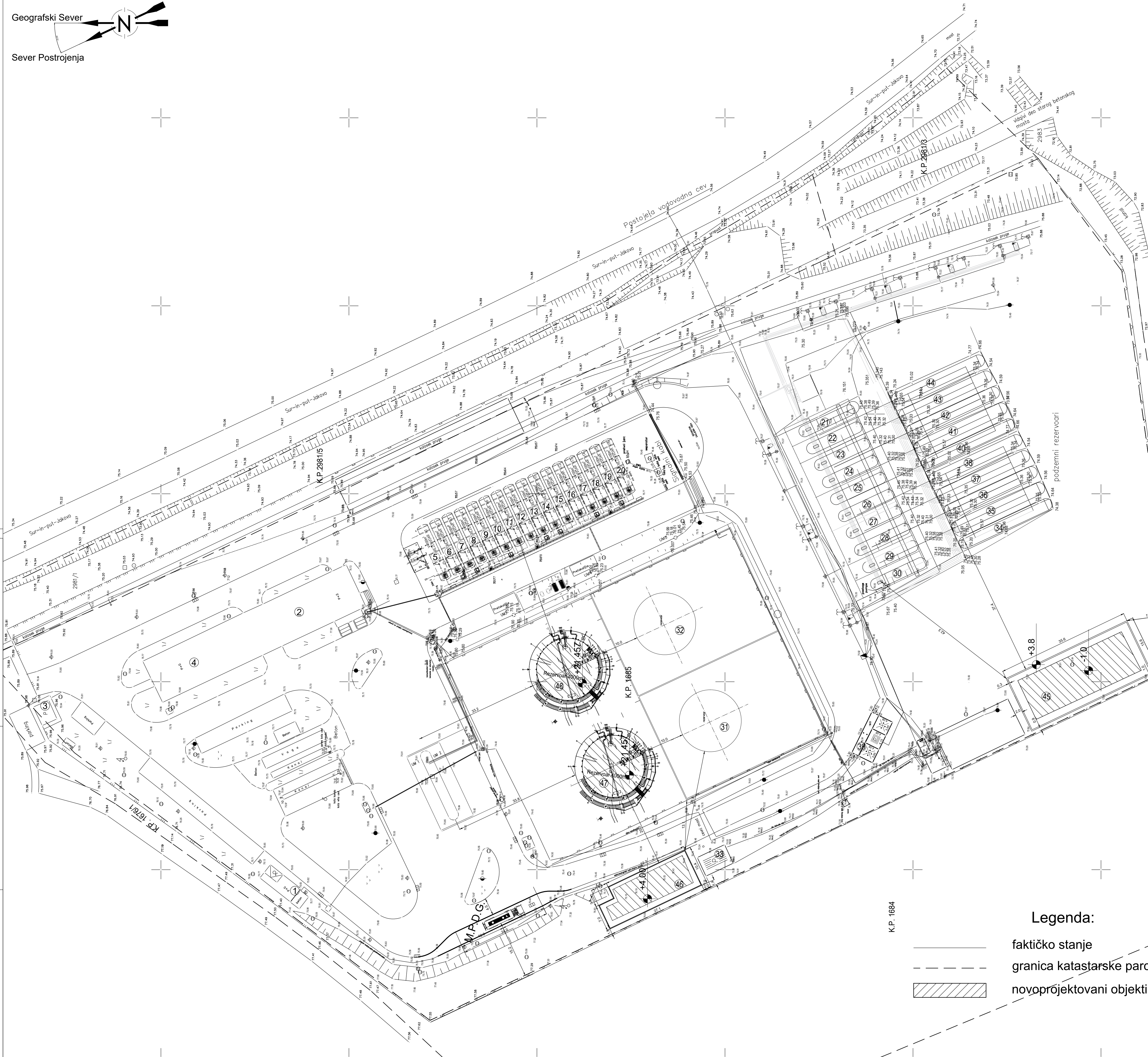
Broj crteža	Naziv crteža
2025130-IDP-6-7-00-01	Situacija
2025130-IDP-6-7-01-01	Dispozicija rezervoara
2025130-IDP-6-8-01	Podloge za građevinski projekat

Revizija: 0	Oktobar 2025.	Grafička dokumentacija	
-------------	---------------	------------------------	--



Ovaj dokument, i svi tehnički detalji koje on sadrži, su ekskluzivno vlasništvo Kovač-Inženjering d.o.o. i ne mogu se menjati, koristiti ili objavljivati bez pismene saglasnosti autora.

This document and all technical details contained are exclusive property of the Kovač-Inženjering d.o.o. and must not be altered, used nor published without the author's written permission.



K.P. 1684

- — — — —
- — — — —
- ▨
- faktičko stanje
- granica katastarske parcele
- novoprojektovani objekti

Legenda:

na K.P. 1685

POSTOJEĆI OBJEKTI (upisani u katastar)

broj objekta iz L.N.	Naziv objekta	Površina(m²)
1.	Trafo stanica	48,00
2.	Upravna zgrada	516,00
3.	Portinica	16,00
4.	Magacinski prostor	214,00
5.	Podzemni rezervoar R1	45,00
6.	Podzemni rezervoar R2	45,00
7.	Podzemni rezervoar R3	45,00
8.	Podzemni rezervoar R4	45,00
9.	Podzemni rezervoar R5	45,00
10.	Podzemni rezervoar R6	45,00
11.	Podzemni rezervoar R7	45,00
12.	Podzemni rezervoar R8	45,00
13.	Podzemni rezervoar R9	45,00
14.	Podzemni rezervoar R10	45,00
15.	Podzemni rezervoar R11	45,00
16.	Podzemni rezervoar R12	45,00
17.	Podzemni rezervoar R13	45,00
18.	Podzemni rezervoar R14	45,00
19.	Podzemni rezervoar R15	45,00
20.	Podzemni rezervoar R16	45,00
21. - 30.	Podzemni rezervoari za TNG	46,00
31.	Nadzemni rezervoar NR2	215,00
32.	Nadzemni rezervoar NR4	215,00
33.	Pumpna stanica	43,00
34. - 38.	Podzemni rezervoari za TNG	85,00
39.	Punionica boca	75,00
40. - 44.	Podzemni rezervoari za TNG	83,00

ukupna BRUTO površina 2.276,00

na K.P. 1685

NOVOPROJEKTOVANI OBJEKTI

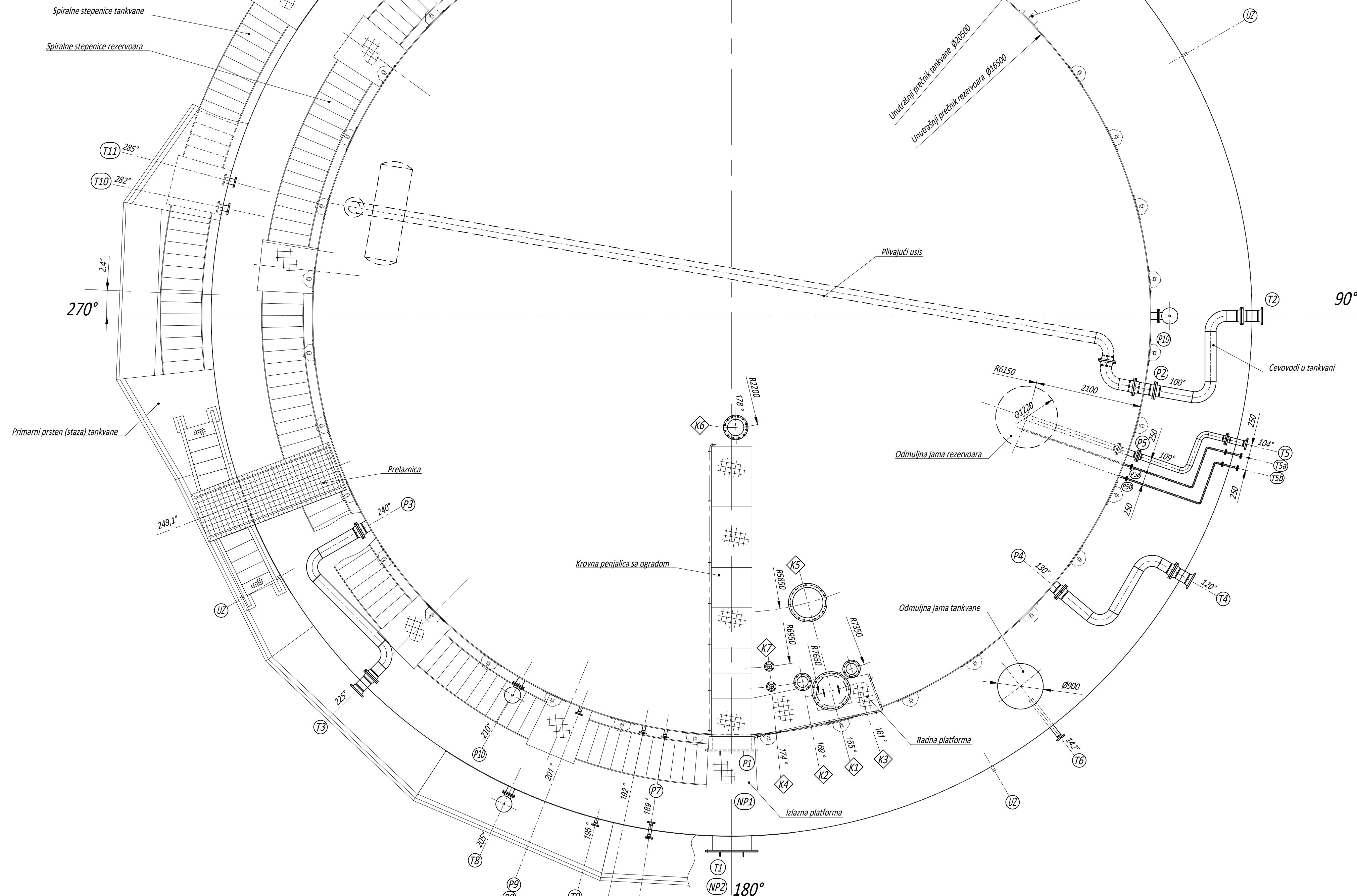
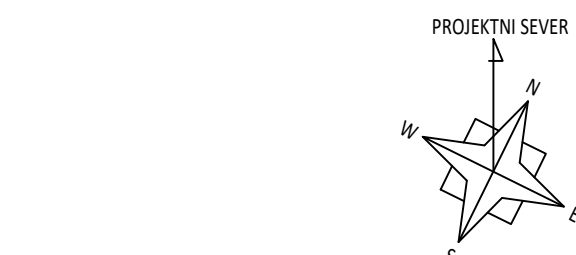
Predmet ovog projekta

oznaka	Naziv objekta	Pneto(m²)	Pbruto(m²)
45	Bazen za vodu	525,00	555,36
46	Protiv požarna pumpna stanica	252,04	266,88
47	Rezervoar NR1	1467,00	1467,00
TANKVANA REZERVOARA - NR1		1163,00	1163,00
ukupna površina REZERVOARA sa TANKVANOM		2630,00	
48	Rezervoar NR3	1467,00	1467,00
TANKVANA REZERVOARA - NR3		1163,00	1163,00
ukupna površina REZERVOARA sa TANKVANOM		2630,00	

ukupna neto površina 6.037,04

ukupna BRUTO površina 6.082,24

REVIZIJA	OPIS	DATUM	ODRAĐIO	KONTROLISAO
K KOVAČ-INŽENJERING d.o.o. Beograd		Investitor: V M L d.o.o. Ulica Vožda Karadordža 203A, 11276 Jakovo, Beograd Objekat: Skladište naftnih derivata u Jakovu Ulica Vožda Karadordža 203A, k.p.1685 K.O.Jakovo		
Datum	Ime	Potpis	Projekat: PROJEKAT MAŠINSKIH INSTALACIJA Sveska 6.3 - Projekat mašinskih instalacija - Rezervoari za kerozin NR1 i NR3	
Projektovan	05.10.2025	Dejan Kovač	Crtao: SITUACIJA	
Obradio	05.10.2025	D.K.		
Crtao	05.10.2025	A.K.		
Br. projekta	2025130	Vrsta dokumentacije	IDP	Broj: 2025130-IDP-6-7-00-01
		Rev.	0	Razmera 1:200



KROV REZERVOARA		
	DEBLJINA (mm)	MATERIJAL
KROVNI POKRIVAČ	6	S235JR EN 10025-2
KROVNA KONSTRUKCIJA	Tapetovani čelikni prostori	S235JR

DNO TANKVANE		
	DEBLJINA (mm)	MATERIJAL
LIM DINA	9	S235J2 EN 10025-2

PRIKLJUČNICI NA OMOČAKU REZERVUARA						
Oznaka	Većina	Kom	Naziv priključka	Ugaonj ¹	Visina(mm)	Napomena / broj crteži
P1	24"	1	Uzvodni otvor na omočaku	180	750	Napomena 3
P2	8" 1500	1	Priključak za ulaz vode za priključak usisom	100	350	Napomena 3
P3	8" 1500	1	Priključak za ulaz vode (za ispuh)	240	350	Napomena 3
P4	8" 1500	1	Priključak za ulaz vode (za ispuh)	100	350	Napomena 3
P5	8" 1500	1	Priključak za odvod / potpuno pražnjenje rezervoara	100	350	Napomena 3
FS1	3/4" 1500	1	Priključak za vakuumirano odmotanje pene	109±20mm	300	Napomena 3
FS2	3/4" 1500	1	Priključak za vakuumirano duplež vode	109±20mm	300	Napomena 3
P6	2" 1500	1	Priključak za odvod vode temperature	100	350	Napomena 3
P7	2" 1500	1	Priključak za transport prašine na tlo	100	350	Napomena 3
P8	2" 1/2" 1500	1	Priključak za odvod prokiselj. vodenog masla (S)	201	600	Napomena 3
P9	2" 1/2" 1500	1	Priključak za odvod prokiselj. vodenog masla (SH)	201	18750	Napomena 3
DP1	DN25 PN16	3	Priključak za ispuh za zenu	86,210±30	19000	Napomena 3
NP1		1	Napredna priključak	ovak, uzduž	ovak, uzduž	Napomena 3

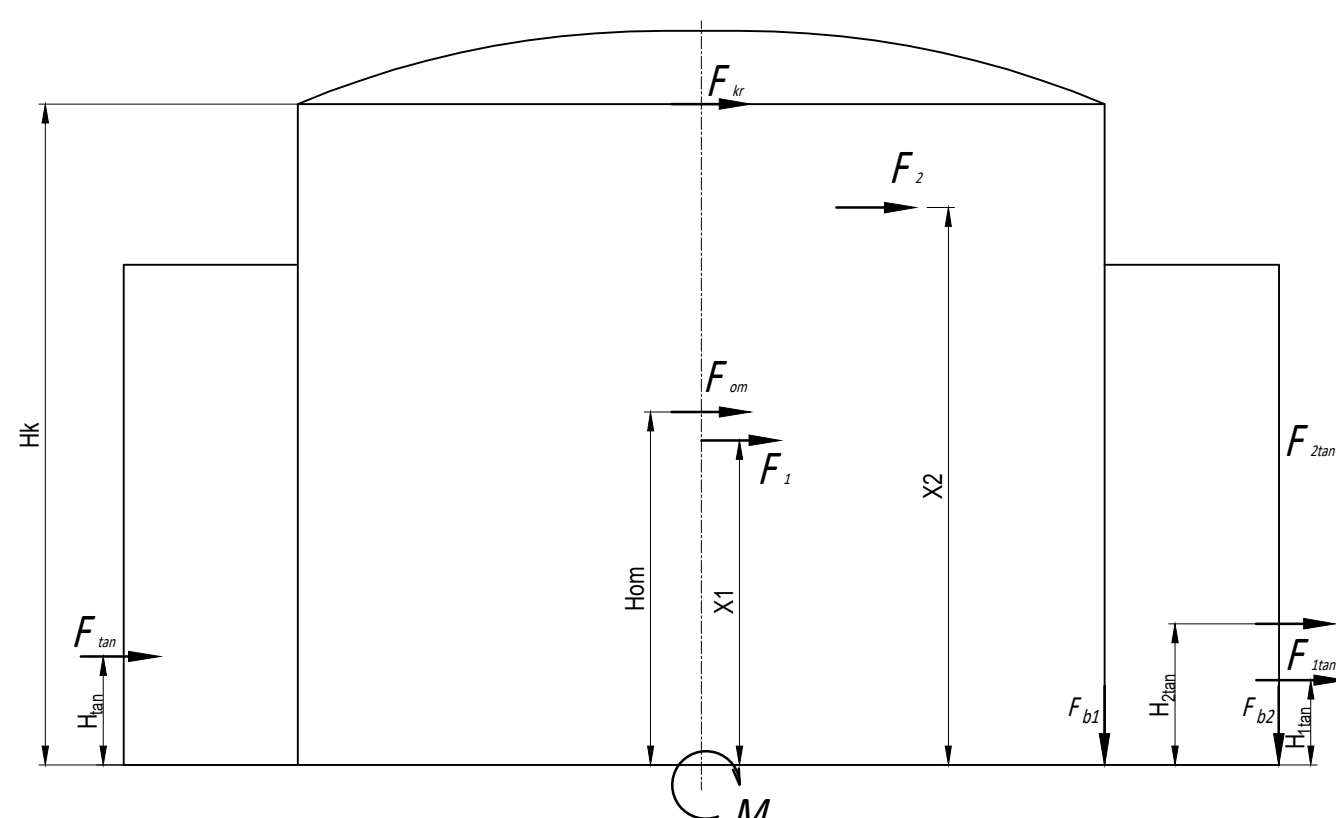
P PRIKLJUČNI NA OMOČAZU TVANINE						
Oznaka	Većičina	Kom	Naziv priključka	Ugao ¹⁾	Napomena / broj crteža	
T1	24"	1	Uzvodni olov na omočazu, tvornice	180	750	Napomena 3
T2	8" 150P	1	Priključak za ulaz fidele	90	350	Napomena 3
T3	8" 150P	1	Priključak za ulaz fidele (u ulazu)	225	350	Napomena 3
T4	8" 150P	1	Priključak za ulaz fidele (iz naprednog zida)	120	350	Napomena 3
T5	4" 150P	1	Priključak za drenažu / potpuno pražnjenje normama	104	350	Napomena 3
T5a	3/4" 150P	1	Priključak za volumetrijsko odmjerni jezik	104/150mm	306	Napomena 3
T5b	3/4" 150P	1	Priključak za volumetrijsko duglozno diže	104/150mm	306	Napomena 3
T6	3" 150P	1	Priključak za drenažu, tvornice	142	300	Napomena 3
T7	2" 150P	1	Tramover priključak / bespovni	189	500	Napomena 3
T8	DIN215 PN16	2	Priključak za lozaz za gasenje	165, 205	12600	Napomena 3
T9	2" 150P	1	Priključak za nivo pražnjenja malobitnih nivo tvornice	195	250	Napomena 3
T10	DIN215 PN16	1	Priključak za drenažu, tvornice u gasenje	282	2100	Napomena 3
T11	DIN215 PN16	1	Priključak za drenažu u omočazu za hidiranje	265	2100	Napomena 3
U2		4	Krmeti za usmjereno	različiti uglovi prema obimu	300	Napomena 3

NV	I	Klasifikacija	Opis	Obseg T2	Opomba 9
◆ PRIKLJUČKI NA KROVU REZERVOARA					
Oznaka	Veličina	Kom	Naziv priključka	Usog(°)	Radijus(mm)
K1	24"	1	Zlani otvor na krovu	885	7650
K2	8" 150W	1	Priključek za vzmetanje vročine / hladne merenja	169	7350
K3	8" 150W	1	Priključek za daljinsko merenje nivoa	161	7350
K4	3" 150W	1	Priključek za daljinsko merenje temperature	174	7350
K5	24"	1	Priključek za sigurnostno razloženje	165	5850
K6	12" 150W	1	Priključek za dvigovni ventil	178	2200
K7	3" 150W	1	Transverzalni priključek ploske faze (opozorilo: odvisnost!)	174	6950

Tip rezervoara	Vertikalni cilindrični atmosferski rezervoar sa čeličnim kupulnim krovom i ravnim dnom
Unutrašnji prečnik	16500 mm
Visina omočaka	20018 mm
Nominalna zapremina	4000 m ³
Visina punjenja	18750 mm
Korisna zapremina	4000 m ³
Uključena težnost	mazno gorivo Jet A1 (kerozin)
Maksimalna dovg.gustina	1000 kg/m ³
Radni pritisak	atmosferski (+250 Pa / -250 Pa)
Projektni pritisak	atmosferski (+1200 Pa / -600 Pa)
Radna temperatura	ambijentalna (max +40°C)
Projektna temperatura	+ 80 °C / -20 °C
Dodatka na koroziju	1 mm

1. Za položaj priključaka i opreme merodavna je donja projekcija.
2. Elevacija priključaka na omočaju rezervoara meri se od gornje površine limova dna rezervoara (kota 0,00), a elevacija priključaka na omočaju tankvane meri se od gornje površine limova dna tankvane . Visina priključaka na tankvani treba da prati visinu na omočaju
3. Broj, veličina i raspored priključaka i opreme je dat preliminarno i biće konačno definisan projektom za izvođenje.
4. Grade se dva rezervoara sa oznakama NR1 i NR2. Rezervoari su identični.

[illegible]



G = 135.000 kg Ukupno

G = 69.000 kg Ukupno

$$G_1 = 4.000.000 \text{ kg}$$

1. Slučaj: Kombinovano dejstvo sopstvene težine, snega/korisnog tereta, vakuuma i vetra

$F_1 = 33 \text{ kN/m}$ Sila po jedinici obima omotača rezervoara

$F_2 = 15 \text{ kN/m}$ *Sila po jedinici obima omotača tankvane*

2. Slučaj: Dejstvo sopstvene težine i seizmičkih sila

$F_{h1} = 187 \text{ kN/m}$ Sila po jedinici obima omotača rezervoara (rezultat dejstva seizmičkog momenta M_1)

$F_{h2} = 33,5 \text{ kN/m}$ Sila po jedinici obima omotača tankvane (rezultat dejstva seizmičkog momenta M_2)

$$F_a = 231 \text{ kN}$$

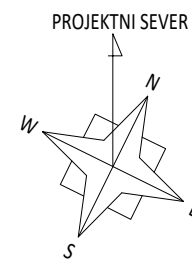
$p_1 = 200 \text{ kPa}$ *Pritisak tečnosti i težine limova dna na temelj rezervoara*

$p_2 = 130 \text{ kPa}$ *Pritisak tečnosti i težine limova dna na temelj tankvana*

$F_{kv} = 22 \text{ kN}$ - seizmička sila od težine krova
 $H_k = 20 \text{ m}$ - visina napadne tačke sile F_{kv} (težišta krova)
 $F_{om} = 86 \text{ kN}$ seizmička sila od omočaka
 $H_{om} = 8,3 \text{ m}$ - visina težišta omočaka
 $F_1 = 3675 \text{ kN}$ - seizmička sila od težine težnosti koja se kreće sa omočakom
 $X_1 = 8,65 \text{ m}$ - visina napadne tačke sile F_1
 $F_2 = 211 \text{ kN}$ - seizmička sila od težine težnosti koja se pokreće pri prvom udarnom talasu
 $X_2 = 15 \text{ m}$ - visina napadne tačke sile F_2

$F_{\text{dyn}} = 72 \text{ kN}$ seizmička sila od oмотача
 $F_{\text{stat}} = 3,74 \text{ m}$ -visina težišta oмотача
 $F_{\text{1301}} = 1291 \text{ kN}$ -seizmička sila od težine tečnosti koja se kreće sa oмотаčem
 $X_{\text{1301}} = 5,6 \text{ m}$ -visina napadne tačke sile F_1
 $F_{\text{2301}} = 112 \text{ kN}$ -seizmička sila od težine tečnosti koja se pokreće pri prvom udarnom talasu
 $X_{\text{2301}} = 8,5 \text{ m}$ -visina napadne tačke sile F_2

Kao rezultat dejstva ovih sila nastaju seizmički momenti na vrhu temelja.

$$M_1 = 36,1 \text{ MNm za rezervoar}$$
$$M_2 = 8,4 \text{ MNm} \quad \text{za tankvanu}$$


1. Temelji rezervoara i temelji tankvana moraju biti međusobno čvrsto povezani, da bi se omogućilo uniformno sleganje.

2. Seizmičke sile su izračunate za koeficijent opterećenja $\alpha = 0,1$ (VII st. MCS povratni period 475g) i za pretpostavljani tip tla C.

Nakon izrade geomehaničkog elaborata, može doći do manje korekcije izračunatog opterećenja.

3. Rezervor se mora ankerisati sa 36 ankera M48. Raspored ankera dat je na crtežu. Potrebna dužina ankera iznad temelja je 500 mm. Ukupnu dužinu ankera odrediti prema građevinskom projektu.