



TALLINNA TEHNIKAÜLIKOO
INSENERITEADUSKOND
Mehaanika ja tööstustehnika instituut

**TERASEST MAHUTI 20 000 m³ SEISUKORRA
MÄÄRAMINE JA REMONDI TEHNOLOOGIA
VÄLJATÖÖTAMINE
THE ASSESMENT OF STEEL STORAGE TANK 20000 m³
WITH REPAIR TECHNOLOGY DEVELOPMENT**

MAGISTRITÖÖ

Üliõpilane:

Mihhail Kuznetsov

Üliõpilaskood

178027MATM

Juhendaja:

Professor Martin Eerme

Tallinn 2020

AUTORIDEKLARATSIOON

Olen koostanud lõputöö iseseisvalt.

Lõputöö alusel ei ole varem kutse- või teaduskraadi või inseneridiplomit taotletud.

Kõik töö koostamisel kasutatud teiste autorite tööd, olulised seisukohad, kirjandusallikatest ja mujalt pärinevad andmed on viidatud.

“.....” 2020.

Autor:

/ allkiri /

Töö vastab magistritööle esitatud nõuetele

“.....” 2020.

Juhendaja:

/ allkiri /

Kaitsmisele lubatud

“.....”2020.

Kaitsmiskomisjoni esimees

/ nimi ja allkiri /

MAGISTRITÖÖ ÜLESANNE

Üliõpilane: **Mihhail Kuznetsov, 178027MATM**
Õppekava, peaariala: **MATM02/15 - Tootearendus ja tootmistehnika**
Juhendaja: **Professor Martin Eerme, 620 3270**
Konsultant: **AS Liwathon E.O.S., info@liwathoneos.com**

Magistritöö teema:

(eesti keeles) Terasest mahuti 20000 m³ seisukorra määramine ja remondi tehnoloogia väljatöötamine.

(inglise keeles) The assesment of steel storage tank 20000 m³ with repair technology development.

Lõputöö põhieesmärgid:

- Seadusandluse, rahvusvaheliste ja kohalike standartide analüüs
- Mahuti seisukorra hindamine ning aruande koostamine
- Remondi teostamise tehnoloogia väljatöötamine ning tehniliste lahenduste leidmine
- Mahuti olemasolevate konstruktsioonide ja selle ajutiste tugevate tugevusarvutuste teostamine, vajadusel modelleerimine.

Lõputöö etapid ja ajakava:

Nr	Ülesande kirjeldus	Tähtaeg
1.	Teostada uuringud ja hinnata tehniline seisund	12.2019
2.	Anda ülevaade mahuti ehitusest	01.2020
2.	Kaardistada kahjustuste ulatus ning selgitada välja remondivõimalused	02.2020
3.	Teostada konstruktsioonide arvutused ja FMEA analüüs.	04.2020
4.	Koostada aruanne ning vormistada töö	05.2020

Töö keel: eesti keel **Lõputöö esitamise tähtaeg:** 25.05.2020.a

Üliõpilane: Mihhail Kuznetsov 25.05.2020.a

/allkiri/

Juhendaja: Martin Eerme ".....".....2020.a

/allkiri/

Konsultant: ".....".....2020.a

/allkiri/

Programmi juht: ".....".....2020.a

/allkiri/

SISUKORD

EESSÕNA	6
SISSEJUHATUS	7
1. LÄHTEANDMED	8
1.1 Mahuti TN-1 kirjeldus.....	9
2. MAHUTI SEISUKORRA KONTROLLIMINE.....	15
2.1 Tehnilise seisukorda hindamise kord	17
2.2 Mahuti TN-1 tehnilise kontrolli tulemused.....	19
3. KONTROLLARVUTUSED	25
3.1 Seinapaksuse arvutus	26
3.2 Mahuti seina püsivus.....	29
3.3 Põhjaplaatide arvutus	30
3.4 Toe tugevusarvutus	31
4. REMONDI TEHNOLOOGIA	34
4.1 Remondi eesmärk	34
4.2 Normatiivne dokumentatsioon.....	34
4.3 Seadmete valik	35
4.4 Materjalid.....	36
4.5 Tööohutus	37
4.6 Tuleohutus	38
4.7 Tööde teostamise kord	40
4.7.1 Montaažiava tegemine	42
4.7.2 Nõuded keevitustöödele	43
4.7.3 Nõuded korrosioonikaitsetöödele	43
4.7.4 Nõuded isoleerimistöödele	44
4.7.5 Soojendusregistrite taastamine	44
4.8 Mahuti hüdraulilised katsetused.....	45
4.9 Kvaliteedi kontroll	46
4.9.1 Lubatavad kõrvalekalded	46
4.9.2 Täitedokumentatsiooni koosseis	46
4.9.3 Keevisliidete kontrollimine	47
5. KOKKUVÕTE	49
6. SUMMARY	51
7. KASUTATUD KIRJANDUSE LOETELU	53
LISA NR 1. MAHUTI TEHNILISE KONTROLLI TABEL.....	56
LISA NR 2. MAHUTI TEHNILISE AUDITI PROTOKOLL.....	57

LISA NR 3. TEHNOLOOGILISE PROTSESSI SKEEM	59
GRAAFILINE OSA.....	60

EESSÕNA

Lõputöö teema on pakutud autori poolt. Töötades AS Liwathon E.O.S. hooldus- ja remondiosakonna juhataja ametikohal, puutub autor oma igapäevases töös tihedalt kokku erinevate tehnoloogiliste seadmete, torustike, ehitiste ja mahutite hoolduse ja remondiga, mille käigus tuleb välja selgitada nende tehniline seisukord, hinnata optimaalsed remondilahendused kahjustuste puhul ning teostada remonditöid. Kuna Liwathon E.O.S. põhitegevuseks on vedelate naftasaaduste laadimine ning hoiustamine, kütusemahuteid peetakse äri seisukohalt kõige tähtsamateks seadmeteks. Nendest sõltub organisatsiooni käive ning mahutite seisukord alati olnud primaarseks teiste tegevuste seas.

Käesolev lõputöö on koostatud Trendgate terminali, Jaama tee 7 olemasolevaoleva kütusemahuti mahuga 20000 m³ tehnilise seisukorra hindamise ja remondivõimaluste väljatöötamise kohta, mahuti stabiilseks ja ohutuks kasutamiseks ning eluea pikendamiseks. Selle mahuti korraline audit oli läbiviidud 2018. a sügisel ning pärast seda selgus, et, kuigi hetkel on see mahuti ohutu ning katkematu töö on tagatud, oleks mõistlik rakendada meetmeid mahuti seisukorda parandamiseks ning eluea pikendamiseks. Mahuti visuaalne audit toimus koostöös Inspecta Estonia OÜ, mis kuulub Kiwa gruppi, ekspertidega, kes on oma ala kõrgema kvalifikatsiooniga professionaalid ning on teostanud Liwathon mahutite tehnilist kontrolli alates 1990. aastatest.

Liwathoni sisemised reeglid nõuavad teostada laiemat tehnilist kontrolli, mitte piirduda vaid kohaliku seadusandlusega määratud kohustusliku auditiga. Mahuti ettevalmistamine, puhastamine, kontroll nõuab projekteerimeeskonnalt kasutada kõiki kättesaadavaid vahendeid tegeliku seisukorra tuvastamiseks. Kuna mahuti audit tehakse üks kord nelja aasta jooksul, tehniline personaal peab olema 100% veendunud, et antud seadmel ei ole olulisi puudusi, et mahuti kasutamine on ohutu ja turvaline. Selleks tööks koondatakse kõik terminali ressursid.

Antud lõpu töö koostamisel autor kasutas andmeid, mis on saadud tänu koostööle paljude inimestega: eelkõige Liwathon E.O.S. operatiivne meeskond – terminali juhtkond ning operaatorid, kes teostasid mahuti ettevalmistust ja puhastamist, tehniline personaal – lukksepad, tehnikud, mehaanikud, insenerid.

Autor avaldab siirast tänu kõigile, kelle vastutulelikkus on võimaldanud lähteandmete kogumise ja selle töö ilmumise.

SISSEJUHATUS

Terminal Trendgate, mis kuulub Baltimaade suuremale iseseisvale operaatorile AS Liwathon E.O.S., asub Maardu linnas, Jaama tee 7. Terminali põhitegevus on vedelate naftasaaduste laadimine, hoiustamine ja transiitveo korraldamine Maardus Iru tööstuspiirkonnas ning naftasaaduste laadimine torujuhtme kaudu tankeritele Muuga sadamas kaidel nr 7, 9A ja 10A. Terminali mahutipargis on 12 maapealset mahutit kogumahuga 249000 m³. Käideldavad naftasaadused saabuvad terminali peamiselt raudtee tsisternvagunitest või võetakse vastu toru kaudu Muuga sadama tankeritelt. Saabunud produktid laaditakse terasest mahutitesse, hoiustatakse ja pumbatakse hiljem toru kaudu uuesti tankeritele Muuga sadamas. [4] Põhilised käideldavad kütused on raskekütteõli (Carc.1B, Acute Tox. 4, Aquatic Chronic 1) ja kergekütteõli (Flam.Liq.3, Carc.1B, Asp.Tox.1, AcuteTox.4, Aquatic Chronic 1).

Terminali tehniline võimsus on kuni 10 miljonit tonni naftaprojekte aastas.

Kõne all olev mahuti nr 1, koodiga TK-1 nominaalse mahuga 20000 m³ asub mahutipargis 1-4, koos mahutitega nr 2 (20000 m³), 3 (10000 m³) ja 4 (10000 m³). Mahuti on paigutatud nii, et nende tsentrid ei asu naabruses olemasolevate mahutite tsentritega samal teljel. Mahutite ümber on ettenähtud 111320 m² pindalaga avariivann. Viimane takistab võimaliku mahuti lõhkemise korral 19000 m³ kütuse valgumise keskkonda. Mahutite vallitused on jagatud kokku 3-e eraldi kontuuri: mahuti nr 1 – 3760 m², mahuti nr 2 – 3140 m² ja mahutid nr 3 ja 4 – 4420 m².

Mahutiala avariivanni maa-ala on planeeritud kaetud liivakihi, mille peal on paigaldatud LDPE kile, mis omakorda kaetud liiva ja betoonkihi. Mahuti vundamendi ümber on tekitatud samuti liivast nõlvad kaldega 1:1,5. Kile ulatub reservuaari vundamendini on selle külge kinnitatud. Liivapadja peale on tehtud betoon kate paksusega 100mm.

Lõputöö objektiks on kõne all olev kütusemahuti. Töö eesmärgiks on selle mahuti tehnilise seisukorra hindamine ning remondi tehnoloogia väljatöötamine.

Lähtudes püstitatud eesmärgist tuleb autoril lahendada järgmised ülesanded: kõigepealt teostada vastava seadusandluse, rahvusvaheliste ja kohalike standartide analüüs. Uurimistöö käigus tuleb hinnata mahuti tehniline seisukord, koostada aruanne ning vajadusel teha ettepanekuid remonditööde teostamiseks. Edasi tuleb välja töötada remondi tehnoloogia ning leida vastavad lahendused; teostada mahuti seina tugevusarvutused, remondi ajaks paigaldatud tugevate tugevusarvutused ning modelleerida mahuti käitumist remondi käigus.

1. LÄHTEANDMED

Muuga sadamas asuv Liwathon E.O.S. on Läänemere piirkonna suurim sõltumatu naftatoodete terminalioperaator. Ettevõttele kuulub neli kaasaegset terminali ladustamisvõimsusega kokku üle miljoni kuupmeetri. Liwathon E.O.S. alustas tegevust üle 20 aasta tagasi endise nimetega Pakterminal AS, Trendgate AS, AS Vopak E.O.S, olles üks vedelkütuste transiidi- ja logistikasektori teerajajaid Baltimaades. Ettevõtte on pakkunud aastate jooksul suurepäraseid teenuseid ning on kujunenud eeskujuks kliendikesksete ja kvaliteetsete lahenduste pakkumisel [19] .

AS-i Liwathon E.O.S. neljas terminalis on 78 mahutit, kus saab ladustada kokku 1 051 800 m³ vedelkütuseid. Kokku 1 051 800 m³ produkti, millest 845 300 m³ tumedatele naftatoodetele ja 206 500 m³ heledatele naftatoodetele. Mahutite suurusvahemik on alates 1 500 kuni 100 000 m³.

Palju Liwathon E.O.S. reservuaare on ehitatud pärast 1990. a, nii et enamik nendest on 20-30 aastat vanad. Samal ajal umbes 20 mahutit on ehitatud 40-50 aastat tagasi. Nende tehnilisel kontrollil tuvastataksegi kõige rohkem tehnilisi probleeme. Lõputöö objekt – mahuti TK-1 – ehitati 1977. a. See kuulus IRU jaama masuutiparki.

Mahutiti tehnilise kontrollimise põhiseks ülesandeks on tsüklilise töö tagajärjel tekkivate probleemide leidmine, avariide riski kõrvaldamine või leevendamine, ennetava remondi, asendamise jt. meetmete rakendamine mahutiparkide ohutu ja katkematu töö tagamiseks. Ennetav kontroll ja remont on tähtis ka rahalise vaatevinkli poolt, kuna kõik seiskumised on prognooseeritavad.

Arvestades sellega, et tegemist on terasmahutite, siis peamiseks ohuteguriks on korrosioon. Mahuti eluiga on tavaliselt prognoositud ning korrosiooni levik on mõõdistatav ning korrigeeritav remondimeetoditega. Mahuti võimaliku avarii põhjuseks on varjatud defektide olemasolu ning nende tuvastamine ning ennetav remont on kõige tõhusam viis terminali ohutuse tõstmiseks. Selleks, et teostada kütusemahuti detailne kontroll, teha vajadusel remont ning anda pärast üle operatiivpersonaalile on vaja kaasata tohutu ressurss: kommertsosakonnast, mis kooskõlastab kontrolli ajavahemik kliendiga; operatiivpersonaal, kes puhastab mahuti ning valmistab remondile ette; tehniline meeskond, välised eksperdid, kes on akrediteeritud Tehnilise Järelevalve Ameti poolt (Liwathonil on pikaajaline kogemust osaühinguga Inspecta Estonia), vajadusel projekteerijad ning töövõtjad, kes teostavad remondi. Suuremate mahutite puhul kestab antud protseduur tavaliselt 2-4 nädalat.

Tehnilised kontrollid tehakse vastavalt Liwathon E.O.S. hooldusstrateegiale ning hooldusplaanile. Mahutid on esimese prioriteediga seadmed ning nende kontroll/remont on alati esimeses järjekorras, eriline tähelepanu pööratakse mahutitele:

- millel on lubamatud defektid ning seetõttu töö on peatatud;
- tuvastatud defektide tõttu on piiratud kasutusvõimalus ning eluiga;
- millel on ajutiste meetoditega parandatud defektid.

1.1 Mahuti TN-1 kirjeldus

Kõne all oleva mahuti on valmistatud TSNIIPROJEKTSTALKONSTRUKTSIA¹ tüüpprojekti 704-1-60 järgi, mis on täiendatud Läti Teploelektroprojekt projektiga. Mahuti on valmistatud Novokuznetski säilitite metallkonstruktsioonide tehases. Mahuti on monteerinud RVE „Sevzapenergomontazh“ 1977. a. Mahuti pass koostati järgmisel aastal.

Järgmises tabelis nr 1.1 on toodud mahuti TK-1 spetsifikatsioon:

Tabel 1.1. Mahuti TK-1 spetsifikatsioon.

Üldandmed			
Mahuti nr		TK-01	
Mahuti tüüp		TK-20000	fixed cone roof
Projekt		GOST	kohandatud tüüpprojekt 704-1-60
Teostusjoonised:	[olemas/puudub]	puudub	
Ehitatud	[aasta]	1978	
Tootja:		Sevzapenergomontaaž	
Nimisilt:	[olemas/puudub]	olemas	
Viimane audit (visuaalne kontroll):		27.09.2018	nn. out-of-service
Viimane audit (kasutuskontroll):		01.08.2019	nn. in service
Mõõdud			
Läbimõõt:		45,60 m	
Kõrgus:		11,92 m	
Maksimaalne täitenivoo:		10,470 m	
Maksimaalne	[m ³]	16 899 m ³	
Katus			
Katuse tüüp:		dome	isekanduv keskpõstiga
Katuseplaadi paksus:		4 mm	
Konstruktsioon:		katteliide	
Katuse kalle:		1:6	
Ventilatsioon:		5×400 mm	

¹ Центральный Научно-Исследовательский и проектный Институт Строительных Металлоконструкций им. Н. П. Мельникова.

Sisemine ujuvkatus	[olemas/puudub]	puudub	
Sisemine	[olemas/puudub]	puudub	
Sein			
Materjal:		09Г2С	
Konstruksioon:		keevitatud	põkkliide
Kõrgus/vöö paksus 1		1.5 m	13 mm
Kõrgus/vöö paksus 2		3.0 m	12 mm
Kõrgus/vöö paksus 3		4.5 m	11 mm
Kõrgus/vöö paksus 4		6.0 m	11 mm
Kõrgus/vöö paksus 5		7.5 m	10 mm
Kõrgus/vöö paksus 6		9.0 m	10 mm
Kõrgus/vöö paksus 7		10.5 m	10 mm
Põhi			
Materjal:		всГ3сн5	
Paigaldatud:	[aasta]	1977	
Viimane remont	[aasta]	2019	kohtremont (3 lappi)
Põhjaplaadi paksus	[mm]	6 mm	
Konstruksioon:		katteliide	osaliselt põkkliide
Kalle:		1:50 väljapoole	
Kogumiskaev:		puudub	
Põhjaäär	[olemas/puudub]	50 mm	
Ääreplaadi paksus:		9 mm	
Alus			
Tüüp:		r/b ring	
Vundamendi kõrgus:		andmed puuduvad	
Aluse konstruktsioon:		liiva/killustiku segu 50/50 + bituumen	
Seina ankurdus		olemas	
Kaitsekonstruktsioonid			
Välipinna värvkate:		1978	
Soojustus (mahuti sein)		120 mm	
Soojustus (mahuti katus)		120 mm	

Kõnealune mahuti TK-1 on 8 vööga ja tema läbimõõt D=45,6 m ja kõrgus H=11,92 mm. Vastavalt 17.10.2014. a. tehtud taatlemisele (tunnistus nr ES/2014/058) mahuti TK-1 kasulik maht on 18093,799 m³, kuid maksimaalne täitemaht on piiratud 16 899 m³. Mahuti on projekteeritud välitingimustele lumekoormusega kuni 100 kg/m².

AS Liwathon E.O.S. arhiivis osaliselt puuduvad dokumendid selle mahuti valmistamise kohta. Mahuti konstruktsiooni kirjeldamiseks ning tehnilise seisukorra hindamiseks kasutas autor järgmised materjalid:

- tüüpprojekt 704-1-60
- mahuti nr 1 pass (1978)
- Eesti Energoremont protokoll nr 218 "Mahuti sein ja katuse pakuse mõõtmine" (1998)
- ETP Grupp töö nr 1098 "AS Trendgate kütuseterminal. Olemasolevate mahutite nr 1..nr 4 rekonstruktsioon. Soojusvahetaja paigaldus" (2003).
- Kohustuslike ülevaatuste protokollid.

Arhiivmaterjalidest ei selgu, kas mahuti ehitati vastavalt projektile (isegi andmed Teploelektroprojekti poolt koostatud dokumentatsiooni kohta puuduvad) või esinesid kõrvalekalded. Mahuti passis andmeid kõrvalekallete kohta ei esine.



Joonis 1.1. Mahuti TN-1 vaade.

Mahuti sein I vöö on valmistatud lehest suurusega 13x1500x6000 mm terasest 09Г2С. II vöö on valmistatud lehest 12x1500x6000 mm terasest 09Г2С. III ja IV vöö on valmistatud lehest 11x1500x6000 mm terasest 09Г2С12. V, VI, VII ja VIII vöö on valmistatud lehest 10x1500x6000 mm terasest 09Г2С.

Mahuti põhi on koostatud põhjaplaatidest paksusega 6 mm (terase mark ВСТ3сн), mis koosnevad neljast elemendist. Iga elemendi plaadid on valmistatud tehasel ning tarnitud ehitusplatsile rullides, plaadid on omavahel keevitatud põkkkeevitusega. Elemendid on omavahel keevitatud katteühendusega ülekattega 80 mm. Ääreplaadid (9 mm, ВСТ3сн) on põhjaplaatidega keevitatud samuti katteliitena ülekattega 80 mm. Mahuti sein on ühendatud põhjääärega vastakliidena.

Andmed mahuti nr 1 aluse kohta:

- alumine kiht on looduslik paepinnas,
- padja alumine kiht on valmistatud liivast paksusega 500mm,

- padja ülemine kiht on valmistatud liiva/killustiku segust 50/50, millele on lisatud bitumen. Kihi paksuseks on 100 mm
- padja nõlvad on ehitatud 30° all ning kaetud 100 betoonseguga.

Järgmises tabelis on toodud terase margid, mis olid kasutatud antud mahuti teistes konstruktsioonides.

Tabel 1.1. Mahuti konstruktsioonide spetsifikatsioon.

Jrk nr	Konstruktiiivne element	Elemendi paksus	Terase mark	Tugevuse klass
1	katus	4 mm	BCт3cп	C245
2	seina I..VIII vööd	10..13 mm	09Г2C	C345
3	põhja äärelüüde	9 mm	BCт3cп	C245
4	põhja plaadid	6 mm	BCт3cп	C245
5	Avad, luugid, tutsid		09Г2C	C345

Mahuti katusel asuvad ventilatsioonivad 2x406 mm ja 3x426 mm. Vastavalt Sweco Projekt poolt 2010. a. tehtud uuringule [5] , mille käigus leiti pumpamisvõimsused AS Vopak E.O.S (endine AS Liwathon E.O.S. ärinimi) mahutitele paigaldatud hingamisotsikute puhul, on lubatud maksimaalne pumbatootlikkus 47000 m³/h (mahuti täitmisel) 44000 m³/h (mahuti tühjendamisel).

Reservuaar omab sfäärist katust keskmise raadiusega R=81 m, mis koosneb kandekonstruktsioonist ning katuse plaatidest paksusega 4 mm. Tugirõngas, kandetalad ja nende vahelised sidemed on valmistatud üksikutest elementidest. Katuse kandetalastiku süsteem on jaotatud 24 sektsiooniks.

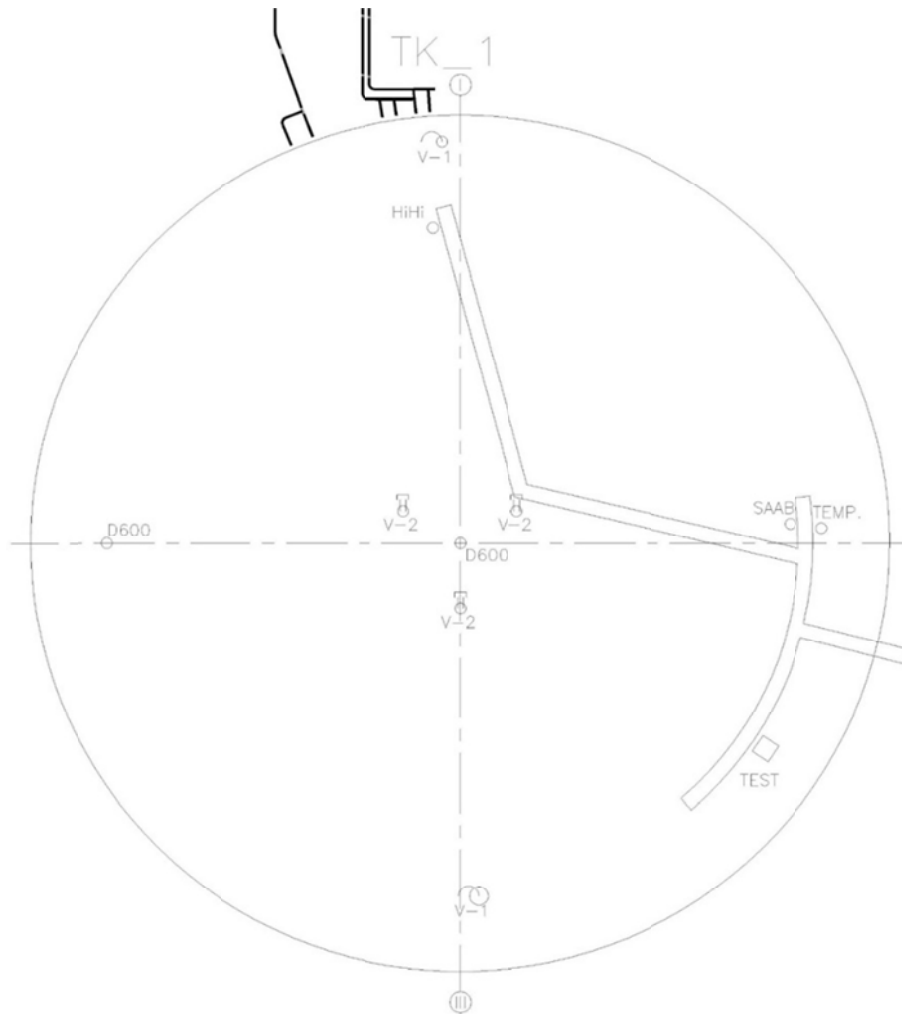
Reservuaar TN-1 on ettenähtud tumedate naftaproduktide ning masuudi hoidmiseks. Reservuaar on isoleeritud (soojusisolatsioon on tehtud klaasvillaga, paksus 120 mm), omab küttereistreid masuudi soojendamiseks.

Tulekustutuseks on paigaldatud vahugeneraatorid, mis saavad toite olemasolevast süsteemist, mis varustatakse tuletõrjeveega Iru elektrijaamast, kus paikneb 2 tuletõrjepumpa tootlikkusega 540 m³/h 9bar. Hetkel on vallituse kustutus lahendatud mahutite kustutusliinide tõusutorudele paigaldatud generaatoritega SKUM MRM 80F – 3 tk.

Mahuti on varustatud järgmiste tutside ja luukidega:

Tabel 1.2. Tutsid mahuti seinal ja katusel.

Jrk nr	Tähis joonisel	Mõõt	Otstarve	Kogus
1	1/001	DN600	produktitoru	1
2	1/002, 1/003	DN200	produktitoru	2
3	2/007	DN100	tagasilöögi klapid	1
4	1/006		ülerõhu kaitseklapp	1
5	1/020	DN100	tühjendus	1
6	1/004	DN50	tühjendus	1
7	MEESLUUK	D600 ja 900x600	meesluugid	2
8	R1/014	DN100	ühendus IRU kütusesõlmega	1
9	R1/008, R1/009	DN200	ühendused IRU kütusesõlmega	2
10	R1/017	DN100	tagasilöögi klapp, ühendus IRU kütusesõlmega	1
11	-	DN300	IRU reservkütuse kollektori ots	1
12	D600	D600	valgusluuk	2
13	V-1		Põlvega hingamisots	2
14	V-2		Kattega (potiga) hingamisots	3
15	SAAB		Nivoomõõtja "SAAB"	1
16	TEMP		Temperatuurisond	1
17	HiHi		Ületäite andur	1
18	TEST		Mõõte/ proovivõtu tuts	1
19	-	DN300)	reservots (pimestatud)	1
20	03/212	DN80	tühjendus	1



Joonis 1.2. Mahuti katuse plaan.

Produktinivoo mõõtmine toimub pidevalt SAAB Tank Radar REX süsteemi abil ning kõikide mahutite andmed edastatakse SAAB Tank Radar REX süsteemi abil keskkontrollruumi arvutiekraanidele. Mahuti ületäitmise vältimiseks on kasutusel 2 akustilist alarmi:

- KÕRGE - tase mahutis läheneb maksimaalselt lubatud tasemele,
- KÕRGE / KÕRGE- tase mahutis on maksimaalselt lubatav.

Naftaproduktide hoidmiseks mõeldud mahuti on varustatud ületäiteanduritega ja maksimaalse taseme korral automaatselt sulguvate mootorventiilidega (AUMA).

2. MAHUTI SEISUKORRA KONTROLLIMINE

Mahuti tehnilise kontrolli eesmärk on tagada seadmete korrasolek ja ohutus ning täita seadusandluses ettenähtud eeskirju ja normatiive. Kuna Liwathoni mahuteid kasutakse naftasaaduste hoiustamiseks, st. ohtliku kemikaali käitlemiseks, kohaldatakse nendele Surveseadme ohutuse seaduse (*edaspidi SeOS*)[28] ning selle rakendusaktide nõuded. SeOS § 4 lg 1 kohaselt tuleb seadme kasutamisel ja seadmetööl tuleb tagada inimese elu ja tervise, asja ning keskkonna ohutus. Ohutuse tagamiseks tuleb rakendada vajalikke abinõusid ohu ennetamiseks, väljaselgitamiseks, tõrjumiseks ja kõrvaldamiseks ning õnnetusjuhtumi korral negatiivsete tagajärgede vähendamiseks.

Ohutuse tagamiseks tuleb teostada kohustuslik tehniline kontroll vastavalt SeOS § 8 tehniline kontroll, nn. audit. Auditi eesmärk on tuvastada seadme tehniline korrasolek ning ettenähtud otstarbel ja viisil kasutamise ohutus ning võimalikud olulised puudused. Auditit tegev isik peab olema sõltumatu seadme valdajast, kompetentne ja tagama auditi ühetaolisuse ja usaldusväärsuse. Nõudeid auditile reguleerib Majandus- ja taristuministri 16.07.2015 määrus nr 95 „Auditi kohustusega seadmed ja nõuded auditile ning auditi tulemuste esitamisele”. Tegemist on kohustusliku inspeksiooniga, mis ohtliku vedeliku paikne üheseinalise mahutite puhul teostatakse [6] kord nelja aasta jooksul (visuaalne kontroll ehk *out-of-service control*) ning iga aastaselt (nn. kasutuskontroll ehk *in-service control*). Mahuti valdaja, antud juhul Liwathon, valmistab mahuti ette ning sõltumatu ekspert, Liwathoni lepinguline partner Inspecta Estonia OÜ, teostab kontrollprotseduure, mille tulemuste kohta annab välja protokoll. Protokoll andmed kantakse Tarbijakaitse ja Tehnilise Järelevalve Ameti registrisse. [33] vastavalt SeOS § 12 sätestatule.

Lisaks kohustusliku, SeOS-ga määratud kontrolliga, AS-il Liwathon E.O.S.on olemas sisemine kvaliteedijuhtimissüsteem, mis käsitleb kõikide kasutusel olevate seadmete tehnilise seisukorra kontrollimise toiminguid, korrashoiutoiminguid ning mittevastavuste tuvastamise ja kõrvaldamise korda. Sisemine kontrollsüsteem baseerub VOPAK¹ standardil „Tank Inspection and Maintenance”. Antud standardi nõuded on mõnedes punktides rangemad kui riikliku kohustusliku kontrolli omad. Samas kontrollide sagedus harvemad. Antud standart baseerub API650 ja EEMUA 159 standartidel ning nõuab teostada visuaalne kontroll isoleeritud mahutitel sagedusega üks kord kümne kalendriaasta jooksul ning isoleerimata mahutitel sagedusega üks kord viieteistkümne

¹ AS Vopak E.O.S. on Liwathon E.O.S. endine ärinimi

aasta jooksul. [21] Liwathon E.O.S. arvestab nii riikliku regulatsiooniga kui ka sisemiste protseduuridega, teostades tehnilised kontrollid MTM määrusega nr 95 nõutud sagedusega ning VOPAK standardiga nõutud põhjalikkusega.

Üldjoontes annavad järgmised nimekirjad ülevaadet, millele pööratakse tähelepanu erineva liigi kontrolli puhul:

1. Kasutuskontroll (iga-aastane) ehk *in-service inspection* peab andma ülevaade, et seade on ohutu kasutamiseks. Antud kontroll tehakse normaalsete operatsioonide ajal ning, mahutite puhul, ei nõua mahuti avamist.

Kasutuskontrolli käigus kontrollitakse:

- mahutiala ja vallituste korrasolek,
- mahuti vundamendi ja põhjääre tihendi korrasolek,
- mahuti ankurdus,
- praguste olemasolu vundamendis,
- visuaalsed defektid,
- mahutiala drenaažsüsteemi korrasolek,
- mõõteinstrumentide ning ühendatud torustike korrasolek,
- platvormid,
- ventilatsiooniseadmete korrasolek,
- soojustuse ja värvkatte visuaalne kontroll,
- tutside nt. proovivõtuluukide korrasolek.

2. Visulaane kontroll (tehakse üks kord nelja aasta jooksul) ehk *out-of-service inspection* tõendab, et mahuti on tehniliselt korras ning vastab tehnilisele dokumentatsioonile. Antud kontrolli eelduseks on mahuti tühjendamine ning puhastamine, isolatsiooni osaline demontaaž jt. Visuaalse kontrolli käigus kontrollitakse:

- keevisõmblused mahuti seina ja põhjääre vahel 100%,
- põhjaplaatide keevisühendused,
- põhja deformatsioonid,
- sisemine torustik ning seadmed (täitetoru, temperatuuri andurid, Radar, soojendusregistrid jne.), nende toed,
- põhjaplaatide paksus,
- sisemine värvkate,
- alumiste vööde visuaalne kontroll ning I vöö paksused,
- ujuvkatuse puhul, ujuvkatuse konstruktsioon (lehtmetall, kandekonstruktsioonid, toed, tihendid, ühendused, läbiviigud)
- toetuspostid ja nende materjali paksus.

2.1 Tehnilise seisukorda hindamise kord

Mahuti visuaalsele kontrollile eelnevalt on vajalik produktimahuti tööst välja lülitada, tühjendada, puhastada ning kontrollile järgnevalt töösse võtta. Mahuti tööst välja lülitamine ja töösse võtmine käib vastavalt Liwathon E.O.S. tööjuhendile „Mahuti tööst välja lülitamise ja töösse võtmise juhend“, milles on välja toodud tegevuste eest võetavad kohustused ja vastutus ning pääsuava-luukide sulgemise/avamise metoodika ja vajalikud ohutusnõuded. Sellele lisaks tuleb kasutada välja lülitatava süsteemi/süsteemiosa vastavat märgistust/lukustust ja meetmeid info olemasoluks tehtavatest lülitustest/katkestustest süsteemis kõikidel osapooltel protseduuride „Süsteemi eraldamine“ ja „Sisenemine kinnisesse ruumi“ alusel, milles on välja toodud tegevuste eest võetav vastutus ja metoodika. Kirjalik tööluba sisenemiseks kinnisesse ruumi peab olema kõigil osapooltel vastavate tööde teostamise ajal nende käes [21] .

Mahuti tehnilise seisundi visuaalse kontrolli teostab nn kolmanda osapoolena koosseisuväline akrediteeritud ekspert (Inspecta Estonia OÜ), keda assisteerib surveseadme järelevaataja kvalifikatsiooniga terminali töötaja. Viimaste aastate jooksul autor antud protseduuris on kohustatud osalema autor, kes täidab hooldus- ja remondi osakonna juhataja ametit.

Mahuti katuse seisukorra kontrolli käigus mõõdetakse ultraheli aparaadiga kõikide katuse läbiviikude metallipaksused neljas punktis perimeetril ning kajastatakse tehtud mõõtmised tabeli kujul, millele lisatakse katuse plaan, koos tähistatud läbiviikudega.

Minimaalselt kolmes alas mõõdistatakse katuselehtede metallipaksused, tulemused kantakse tabelisse ning võrreldakse saadud tulemust vastavalt antud mahuti projekteerimisstandardis (Eemua, API, GOST, Vopak „Tank Inspection and Maintenance“) ettenähtud paksustega. Isoleeritud mahutitel avatakse selleks katuse isolatsioon, mis peale kontrolli koheselt taastatakse. Igal teisel visuaalsel kontrollil teostatakse katuse kandekonstruktsiooni metallipaksuse mõõtmine ultraheliaparaadi abil, lisaks fikseeritakse olemasolev olukord, pildistades talastikku. Tulemused kantakse tabelisse ning võrreldakse saadud tulemust projektdokumentatsioonis ettenähtud paksustega, metalli kadu ei tohi üheski kohas ületada 25% metalli originaalpaksusest. Kui korrosioonist tekkinud kadu on suurem, tuleb katuse kandekonstruktsioonid asendada uutega. Tehtud sõlmede pildid lisatakse kontrolli aruandesse. Visuaalselt kontrollitakse katuseplaatide keevisliited, isolatsiooni korrasolekut, üle/alarõhuklappide korrasolekut, avariiventili korrasolekut, õhuavade restvõrkude olemasolu, puhtust ja korrasolekut, sprinklereid ja vahukambreid, luuke, kaableid, mõõteseadmeid ja käiguteid.[21]

Ujuvkatuse seisukorra kontrolli käigus kontrollitakse kattepleki olemasolu ja korrasolekut, ääretihendi olemasolu ja korrasolekut, stabilisaatorite ja kandejalgade korrasolekut, ujuvpontoonide ja kandetalastiku terviklikkust, luukide ja läbiviikude tihedust, ventilatsiooniklappide korrasolekut, proovivõtu läbiviikude korrasolekut ning joondumist, maandustrosside olemasolu ja tehakse maandustakistuste mõõdistamine.

Mahuti seinte seisukorra kontrolli raames mõõdetakse ultraheli aparaadiga esimese vöö plaatide paksuseid kolmes kõrguses, 20 cm põrandast, 0,6 m põrandast ja 1,2 m põrandast ja vähemalt 12-nes perimeetri punktis. Tulemused kantakse tabelisse ning võrreldakse saadud tulemust lubatud minimaalse seinapaksusega. Mõõdetakse ultraheli aparaadiga kõikide seina läbiviikude metallipaksused neljas punktis perimeetril ning kajastatakse tehtud mõõtmised tabeli kujul, millele lisatakse läbiviikude plaan, koos plaanil tähistatud läbiviikudega. Visuaalselt kontrollitakse seinte seisukorda, isolatsiooni seisukorda, tähistuste olemasolu, temperatuurianduri terviklikkust, maanduste olemasolu, ankrute olemasolu ja pingsust, lekete olemasolu, lekkekaevude korrasolekut ja puhtust, ääretihendi olemasolu ja korrasolekut, korrosiooni olemasolu ja värvkatte seisukorda, käiguteede korrasolekut, keevisliidete korrasolekut. Juhul, kui on tegemist isoleeritud mahutiga, siis eemaldatakse isolatsioon seintelt torustike läbiviikude juurest, et saaks teha läbiviikude ultraheli mõõtmised ning kontrollida seina seisukorda läbiviikude lähiümbruses. Peale kontrolli isolatsioon taastatakse.

Mahuti põhja ja vundamendi kontrolli teostatakse järgmiselt: mõõdetakse ultraheli aparaadiga põranda paksust ääreplaatides, ääreliidel ning põranda keskel olevatel plaatidel vähemalt paarikümnes kohas. Põrandaplaat ei tohi olla üheski mõõdetud punktis paksusega alla 2,5 mm, kui ääreplaatides esineb korrosioonist põhjustatud õhenemisi või punktkorrosiooni, tuleb teostada tugevusarvutused vastavalt mahuti ehitusstandardis ettenähtule. Tulemus kajastatakse tabeli kujul. Visuaalselt kontrollitakse, kas ei ole tekkinud seinääre vajumisi, põhja vajumisi või põhja lainetust, kui on, siis mõõdetakse kõrvalekallete ulatus ning sügavused ning võrreldakse normidega lubatuga. Kui vajumid ületavad normides lubatu, tuleb mahuti remontida. Visuaalselt kontrollitakse vajumeid, keevisliiteid, ääreliidet, torutugede korrasolekut ning torustiku asumist torutugedel, küttesüsteemi korrasolekut ning kinnitusi, mõõdetakse registrite seinapaksuseid vähemalt paarikümnes punktis, vundamendi olukorda ja pragude olemasolu, põhjaääre tihendi olemasolu ja tehnilist olukorda, maanduste olemasolu, käiguteede seisukorda, lekkekaevude seisukorda ja

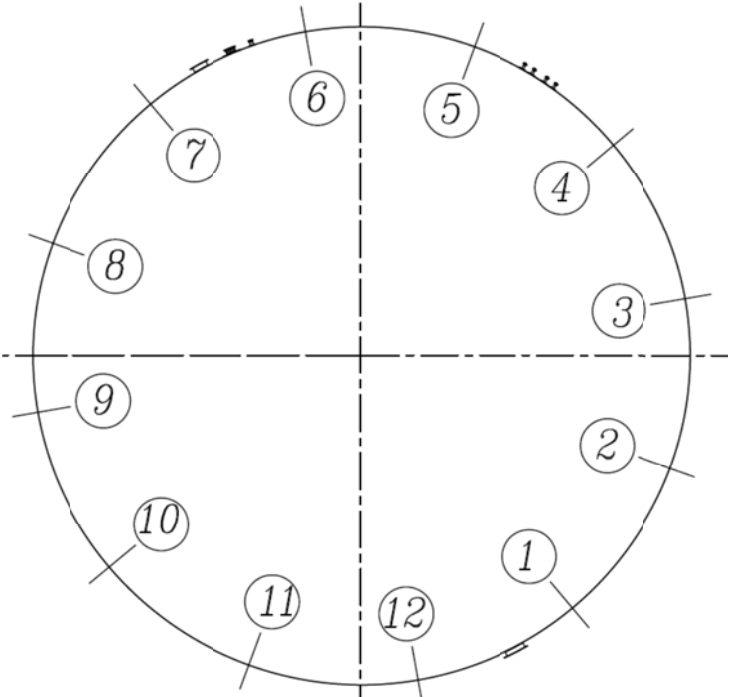
puhtust, vanniala drenaaži ja drenaaži ventiili seisukorda, vanniala heakorda, mahuti sisse/väljavoolutorustiku seisukorda ja tugeudel asumist. [21]

2.2 Mahuti TN-1 tehnilise kontrolli tulemused

Viimane ulatuslik tehniline (nn. visuaalne) kontroll (audit) oli tehtud 2018. a septembris. Selle kohta on koostatud vastav aruanne. [35] Numbrilised tulemused on toodud käesoleva töö Lisas 1.

Üldine kokkuvõte, et Trendgate mahuti TK-1 on tehniliselt korras, vastab nõuetele ja on edasiseks kasutamiseks ohutu, kuid põhja plaadid on mõnedes kohtades painutatud ning üle tõmmatud. Seinalehtedel esineb pinnapealset korrosiooni, mis küll ei üle lubatud piire.

Tabel 2.1. Mahuti sein I vöö paksuse mõõtmine.

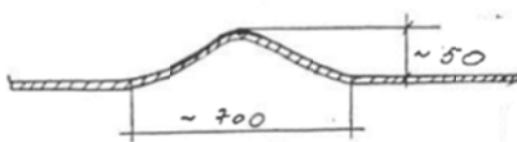
Jrk nr	Nom paksus, mm	Mõõtmise tulemus, mm (H=1 m)	
1	13,00	12,93	
2	13,00	13,02	
3	13,00	12,73	
4	13,00	13,10	
5	13,00	13,30	
6	13,00	13,00	
7	13,00	13,31	
8	13,00	12,76	
9	13,00	13,21	
10	13,00	13,22	
11	13,00	13,63	
12	13,00	13,19	

Samuti põhjaplaatidel esineb korrosiooni, mis küll vastab nõuetele, kuid perspektiivis võib tekitada avariilukorda painutatud kohtades. Metallipaksuse mõõtmiste mõned tulemused on näha allpool toodud tabelist 2.2.

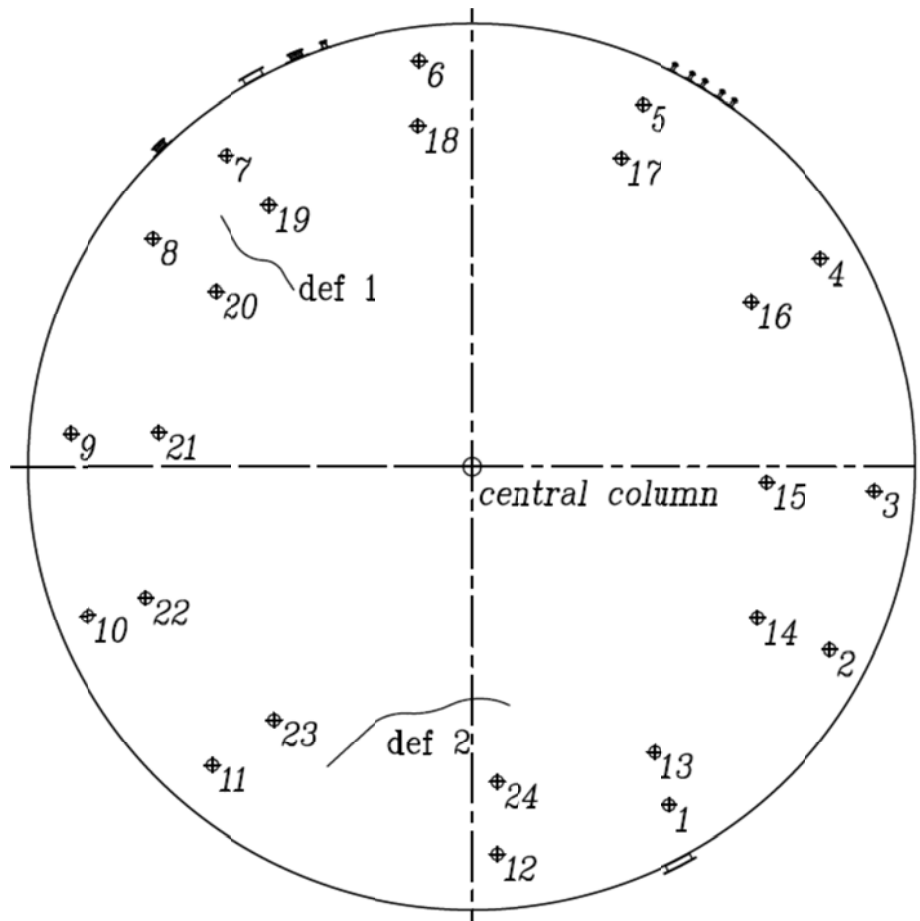
Tabel 2.2. Põhjaplaatide paksused.

Jrk nr	Asukoht	Nom. paksus [mm]	Möödistatud paksus [mm]	Jrk nr	Asukoht	Nom. paksus [mm]	Möödistatud paksus [mm]
1	ääreliide	8 mm	8,18	13	põhjaplaat	6 mm	4,61
2	ääreliide	8 mm	9,63	14	põhjaplaat	6 mm	5,44
3	ääreliide	8 mm	8,63	15	põhjaplaat	6 mm	5,20
4	ääreliide	8 mm	9,42	16	põhjaplaat	6 mm	5,44
5	ääreliide	8 mm	9,27	17	põhjaplaat	6 mm	5,35
6	ääreliide	8 mm	9,13	18	põhjaplaat	6 mm	4,54
7	ääreliide	8 mm	9,01	19	põhjaplaat	6 mm	5,54
8	ääreliide	8 mm	9,39	20	põhjaplaat	6 mm	5,81
9	ääreliide	8 mm	8,49	21	põhjaplaat	6 mm	6,06
10	ääreliide	8 mm	8,80	22	põhjaplaat	6 mm	6,16
11	ääreliide	8 mm	9,26	23	põhjaplaat	6 mm	5,46
12	ääreliide	8 mm	8,88	24	põhjaplaat	6 mm	5,48

Mõõtmispunktide asukohad on toodud järgmisel skeemil 2.2. Põhja deformatsioonide skeem on näidatud joonisel 2.1. uuringu tulemused näitasid, et deformatsiooni suurused ei ületa lubatud väärtusi (EEMUA 159 p 6.5.5 kohaselt on maksimaalselt lubatud laine kõrguse ja laiuse suhe on 75:500 [1] ehk 0,15 ning ei esine terav serv, nn. hari).

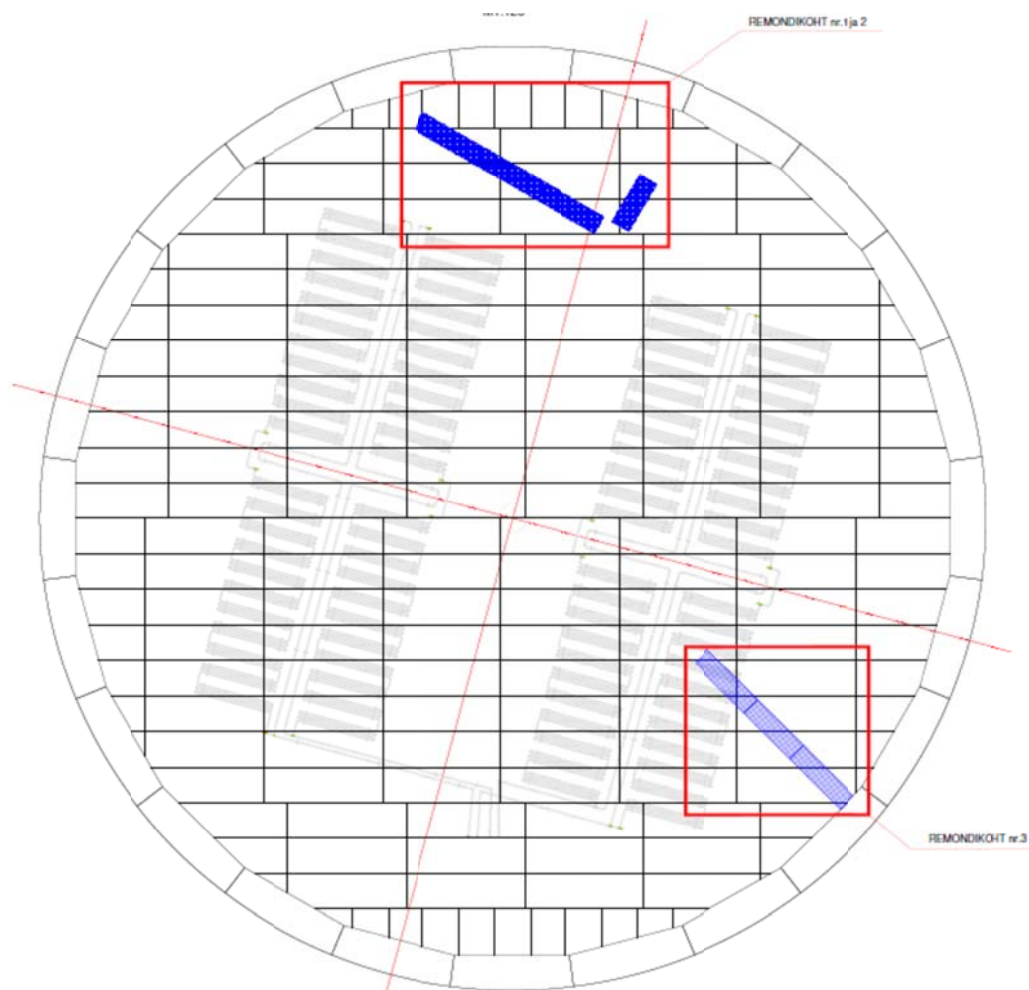


Joonis 2.1. Põhja maksimaalsed deformatsioonid def1 ja def2.



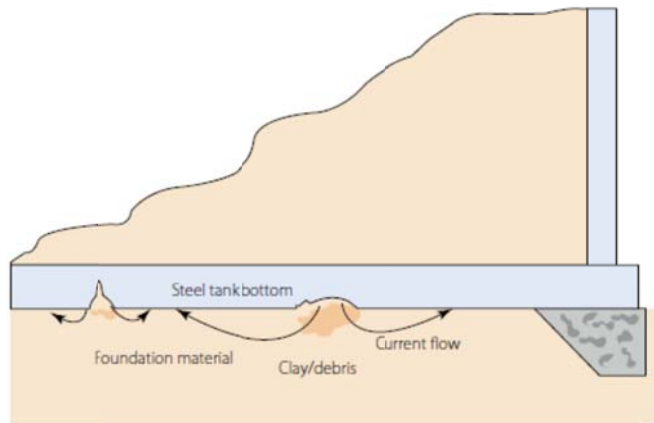
Joonis 2.2. Mahuti TK-1 põhja skeem.

Kuna 2019. a detsembris toimus mahuti TN-1 plaaniline seisak (produkti vahetamise raames), siis otsustati, et tuleb parandada kriitilisemad mittevastavused. Koostatud inspeksiooni alusel tehti 2019. a detsembris põhjaplaatide kohalik remont (projekti nr 2119-EK-PP koostajaks ja tööde teostajaks on Ciest Metal OÜ), mis küll pikendas antud mahuti eluiga, kuid põhiprobleemi ei kõrvaldanud. Antud remondi ulatus on näidatud järgmisel joonisel 2.3.



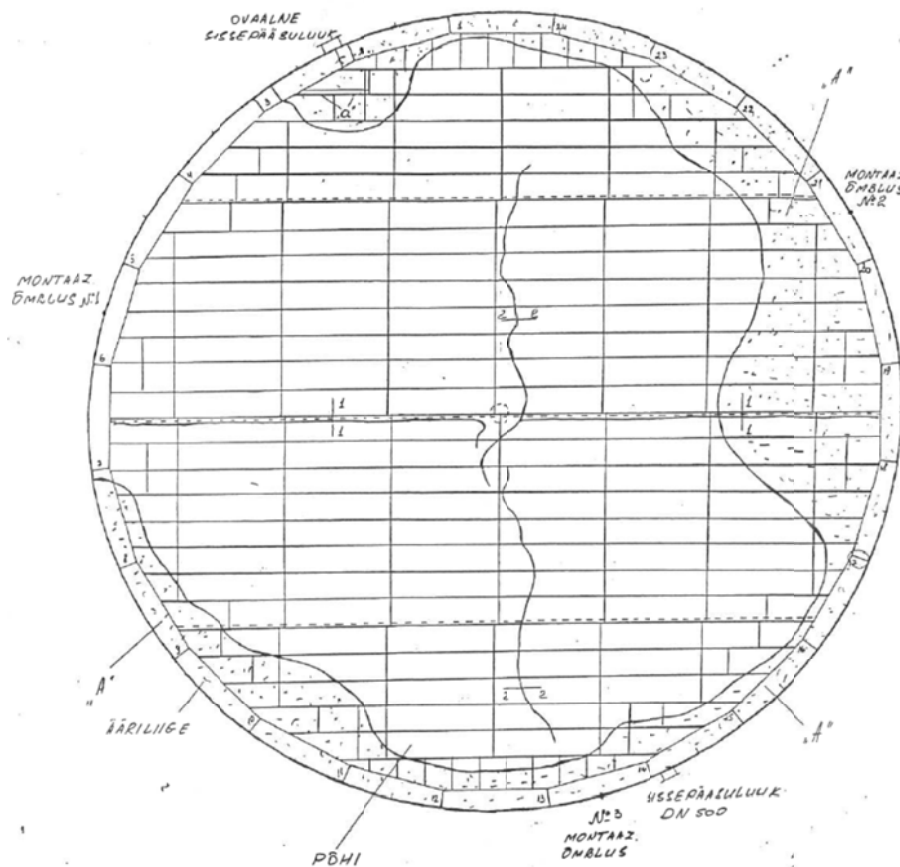
Joonis 2.3. 2019. a remondi maht.

Põhja peamiseks probleemiks on põhjaplaatide välimine korrosioon, mis esineb põhja all (vt. joonisel 2.4 toodud skeem). Normaalsete meetoditega (visuaalne kontroll, ultraheli pisteline kontroll) ei ole võimalik tuvastada kohalikud metalli kahjustused. Antud uuring on võimalik vaid põhja skaneerimistehnoloogia abiga (nt MFL robotid [32]). Liwathon mahutite puhul on selle tehnoloogia kasutamine kas võimatu või liiga kulukas, kuna mahutid on varustatud soojendusregistritega, mis katavad põranda suurema pindala, ning mille kõrgus on 250x500 mm põrandalt. Seega on võimatu kasutada MFL robotit. Põhja skaneerimiseks tuleks kõik registriks maha lõigata ning skaneerimise järgselt neid taastada, katsetada ning käivitada, mis nõuab omaette projekti.



Joonis 2.4. Põhja väliskorrosioon EEMUA 159 p 4.4.2.

Välimise korrosiooni kõrval esineb ka põhja ebaühtlane vajumine ja lainelisus, mis tekitab pinged nääredes, mis omaette võib põhjustada põhjaääre vigastust. Esimesed vastavused olid märgatud juba 1999. a SEJ „IRU“ tehtud visuaalse uuringu käigus. Kahjustused on kaardistatud järgmisel skeemil. Kõverate joontega näidatud lainelisus on säilinud tänase ajani.



Joonis 2.5. SEJ "IRU" 1999. a visuaalne kontroll.

Erialases kirjandused on jõutud järeldusele, et ebaühtlased vajumised tekitavad mahutite kahjustused, teatud juhtudel viivad isegi mahuti kokku vajumiseni. [22]

Kokkuvõtteks võib välja tuua, et mahuti TK-1 korralise tehnilise kontrolli tulemused näitavad, et mahuti on ohutu ning tehniliselt on korras. Mahuti seinarvutused (vt. Peatükk 3) näitavad, et seinalehtede metalli paksus tagav mahuti vajaliku tugevust ning püsivust. Samas mahuti eksploatatsiooniaeg on juba 40 aastat, mahuti põhi on mingil määral kahjustatud tsüklilise töö tõttu. Esineb mahuti ebaühtlane vajumine ning põhjaplaatide välikorrosiooni tunnused.

Eeltoodu alusel soovitakse mahuti põhja vahetada täismahus, selleks tuleb:

- tõsta mahuti ajutistele tugelede,
- tasandada põhja alust,
- paigaldada uue põhjalehed,
- taastada mahuti abisüsteemid (ssojendusregistrid, isolatsioon jne.)

3. KONTROLLARVUTUSED

Käesolev peatükk sisaldab arvutusi ja konstruktiivseid lahendusi kõnealuse vertikaalse terasreservuaari $V=20000 \text{ m}^3$ olemasolevate seinade kontrollimiseks ning ajutiste tugede projekteerimiseks.

Arvutuste lähteandmed:

- produkti täitenivoo 10,5 m
- mahuti läbimõõt 45,6 m
- produkti tihedus 20°C juures 900 kg/m³
- arvutuslik ülesurve 2,5 kPa
- arvutuslik vaakuum 1,0 kPa
- normatiivne tuule koormus 0,64 kPa
- normatiivne lume koormus 1,2 kPa
- minimaalne arvutuslik temperatuur -22°C
- normatiivne tuule kiirus 32 m/s
- korrosiooni arvestav varutegur CA=1,6 mm

Mahuti konstruktsioonis on kasutatud terast 09Г2С, mida iseloomustab materjali lihtne keevitatavus, põhja konstruktsioonis on teras ВСт3сн, mis tavaliselt kasutatakse keeviskonstruktsioonides, mis töötavad temperatuuridel üle 0°C.

Tabel 3.1. Kasutatud terasmaterjalide lubatud pinged.

Jrk nr	1		2
Terase mark	09Г2С		ВСт3сн
Kasutuskoh	Seina V..VIII vööd	Seina I..IV vööd	põhjaplaat, äärellide
Plaadi paksus, t	$2 \leq t < 10 \text{ mm}$	$10 \leq t \leq 20 \text{ mm}$	$2 \leq t < 10 \text{ mm}$
Tõmbetugevus, R_m	$490 \text{ N/mm}^2 = 71068 \text{ lbf/in}^2$	$470 \text{ N/mm}^2 = 68167 \text{ lbf/in}^2$	$400 \text{ N/mm}^2 = 58015 \text{ lbf/in}^2$
Voolavuspiir, R_{eH}	$345 \text{ N/mm}^2 = 50038 \text{ lbf/in}^2$	$325 \text{ N/mm}^2 = 47137 \text{ lbf/in}^2$	$245 \text{ N/mm}^2 = 35534 \text{ lbf/in}^2$

Mahuti sein on koostatud plaatidest mõõtudega 1500x6000. Külgnevate vööde plaadid on teineteise suhtes nihutatud. Põhi on valmistatud üksikutest elementidest – põhjaplaatidest paksusega 6 mm ja ümbritsetud terasplaatidest äärelükmena,

paksusega 8 mm. Põhjaplaatide ühendamiseks on kasutatud pökk-keevisliiteid, mis on teostatud aluslapil. Plaatide servad on tasandatud.

Mahuti seinalehtede tugevuse kontrollimiseks kasutatakse API 650 [2] . API 650 p X.2a kohaselt peab maksimaalne lubatud pinge olla vähem kui 2/5 terase tõmbetugevusest või vähem kui 2/3 terase voolavuspiirist.

Arvutame ülaltoodud materjalide maksemaalsed lubatud pinged kasutatud materjalide jaoks:

1. teras 09Г2С (paksusega kuni 10 mm)
 $S_{d1-1} = 2/5 \times R_m = 2/5 \times 490 = 196 \text{ Mpa}$
 $S_{d1-2} = 2/3 \times R_{eH} = 2/3 \times 345 = 230 \text{ Mpa}$
Valime minimaalne väärtus $S_{d1} = 196 \text{ Mpa}$
2. teras 09Г2С (paksusega üle 10 mm)
 $S_{d2-1} = 2/5 \times R_m = 2/5 \times 470 = 188 \text{ Mpa}$
 $S_{d2-2} = 2/3 \times R_{eH} = 2/3 \times 325 = 217 \text{ Mpa}$
Valime minimaalne väärtus $S_{d2} = 188 \text{ Mpa}$
3. teras ВСТ3сн
 $S_{d3-1} = 2/5 \times R_m = 2/5 \times 400 = 160 \text{ Mpa}$
 $S_{d3-2} = 2/3 \times R_{eH} = 2/3 \times 245 = 164 \text{ Mpa}$
Valime minimaalne väärtus $S_{d3} = 160 \text{ Mpa}$

3.1 Seinapaksuse arvutus

Seina vöölehe pakus arvutatakse API 650 p X.3.3.3.3 kohaselt järgmiselt:

$$t_d = \frac{4,9 \cdot D \cdot (H - 0,3) \cdot G}{S_d \cdot E} + CA \quad [3.1]$$

kus:

t_d - seinavöö paksus, mm;

S_d - maksimaalne lubatud pinge, Mpa;

D - mahuti nimonaalne läbimõõt, m;

H - mahuti maksimaalne nivoo, m;

G - produkti erikaal, võtame 1,0;

E - keevisühenduse tugevuse koefitsient, API 650 tabel X.3, võtame, 1,0.

CA - korrosioonivarutegur, võtame 1,6 mm.

Arvutame seinavööde minimaalsed paksused:

I vöö 09Г2С ($S_d = 196$ Мpa):

$$t_{d1} = \frac{4,9 \cdot D \cdot (H - 0,3) \cdot G}{S_d \cdot E} + CA = \frac{4,9 \cdot 45,6 \cdot (10,5 - 0,3) \cdot 1}{196 \cdot 1} + 1,6 = 13,23 \text{ mm}$$

II vöö 09Г2С ($S_d = 196$ Мpa):

$$t_{d1} = \frac{4,9 \cdot D \cdot (H - 0,3) \cdot G}{S_d \cdot E} + CA = \frac{4,9 \cdot 45,6 \cdot (10,5 - 1,5 - 0,3) \cdot 1}{196 \cdot 1} + 1,6 = 12,02 \text{ mm}$$

III vöö 09Г2С ($S_d = 196$ Мpa):

$$t_{d1} = \frac{4,9 \cdot D \cdot (H - 0,3) \cdot G}{S_d \cdot E} + CA = \frac{4,9 \cdot 45,6 \cdot (10,5 - 3 - 0,3) \cdot 1}{196 \cdot 1} + 1,6 = 10,22 \text{ mm}$$

IV vöö 09Г2С ($S_d = 196$ Мpa):

$$t_{d1} = \frac{4,9 \cdot D \cdot (H - 0,3) \cdot G}{S_d \cdot E} + CA = \frac{4,9 \cdot 45,6 \cdot (10,5 - 4,5 - 0,3) \cdot 1}{196 \cdot 1} + 1,6 = 8,42 \text{ mm}$$

V vöö 09Г2С ($S_d = 196$ Мpa):

$$t_{d1} = \frac{4,9 \cdot D \cdot (H - 0,3) \cdot G}{S_d \cdot E} + CA = \frac{4,9 \cdot 45,6 \cdot (10,5 - 6 - 0,3) \cdot 1}{196 \cdot 1} + 1,6 = 6,63 \text{ mm}$$

VI vöö 09Г2С ($S_d = 196$ Мpa):

$$t_{d1} = \frac{4,9 \cdot D \cdot (H - 0,3) \cdot G}{S_d \cdot E} + CA = \frac{4,9 \cdot 45,6 \cdot (10,5 - 7,5 - 0,3) \cdot 1}{196 \cdot 1} + 1,6 = 4,83 \text{ mm}$$

VII vöö 09Г2С ($S_d = 196$ Мpa):

$$t_{d1} = \frac{4,9 \cdot D \cdot (H - 0,3) \cdot G}{S_d \cdot E} + CA = \frac{4,9 \cdot 45,6 \cdot (10,5 - 9 - 0,3) \cdot 1}{196 \cdot 1} + 1,6 = 3,04 \text{ mm}$$

VIII vöö 09Г2С ($S_d = 196$ Мpa):

$$t_{d1} = \frac{4,9 \cdot D \cdot (H - 0,3) \cdot G}{S_d \cdot E} + CA = \frac{4,9 \cdot 45,6 \cdot (10,5 - 10,5 - 0,3) \cdot 1}{196 \cdot 1} + 1,6 = 1,21 \text{ mm}$$

Võrreldes tehnilisel kontrollil tehtud mõõdistuste tulemused (tabel 2.1) kontrollarvutustega on selge, et alumise vöö terase paksus ei vasta arvutuslike tulemustele. Minimaalne mõõdetud tulemus oli $t_8 = 12,76 \text{ mm}$ (8. telje juures kõrgusel 1,0 m). Samas minimaalne arvutuslik paksus on $t_{d1} = 13,23 \text{ mm} > t_8$.

Antud asjaolu näitab, et mahuti maksimaalne lubatud täitekõrguse väärtus $H = 10,47 \text{ m}$ on liiga suur. Samas valem 3.1 võtab arvesse korrosioonivaru $CA = 1,6$

mm. Pika ekspluatatsiooniiga tõttu antud tegur juba ammendunud ning sellega arvestamine ei ole õige. Mahuti iga järgmise tehnilise kontrolli tegemisel mõõdistatakse tegelikud väärtused ning seinapakus arvutatakse uuesti. Lähtuvalt saadud numbrist, tehakse otsus, kas mahuti on ohutu või mitte.

Antud juhul mitte arvestades korrosioonivaruga 1,6 mm, saame:

$$t_{d1-CA}=13,23 - 1,6 = \mathbf{11,63 \text{ mm}} > t_8=\mathbf{12,76 \text{ mm}}$$

ehk mahuti TK-1 I vöö tugevus on piisav.

Kontrollimiseks arvutame mahuti I vöö tugevust hüdrostaatilisel katsetusel vastavalt API 650 p X.3.3.3.3. Minimaalse seinapaksuse arvutamiseks kasutame valemi 3.2, võttes arvesse, et hüdrostaatilise testi tegemisel peab maksimaalne lubatud pinge olla vähem kui 3/7 terase tõmbetugevusest või vähem kui 3/4 terase voolavuspiirist:

$$t_t = \frac{4,9 \cdot D \cdot (H - 0,3)}{S_t} \quad [3.2]$$

kus:

t_t – hüdrostaatilisel katsetusel seinavöö paksus, mm;

S_t – maksimaalne lubatud pinge hüdrostaatilisel testil, MPa;

D – mahuti nominaalne läbimõõt, m;

H – mahuti maksimaalne nivoo, m.

Maksimaalne lubatud pinge:

$$S_{t1} = 3/7 \times R_m = 3/7 \times 470 = 201 \text{ MPa}$$

$$S_{t2} = 3/4 \times R_{eH} = 3/4 \times 325 = 243 \text{ MPa}$$

Valime minimaalne väärtus $S_{t1} = 201 \text{ MPa}$

Seina I vöö minimaalne paksus mahuti hüdrostaatilisel katsetusel veega:

$$t_t = \frac{4,9 \cdot D \cdot (H - 0,3)}{S_t} = \frac{4,9 \cdot 45,6 \cdot (10,5 - 0,3)}{201} = \mathbf{10,56 \text{ mm}} < t_8 < t_{d1}$$

Kokkuvõtte: mahuti I vöö terasmaterjali tegelik paksus on piisav mahuti ohutu kasutamiseks.

3.2 Mahuti seinä püsivus

Seinaplaatide püsivust ja tugevusrõnga vajadust ning selle parameetrid arvutatakse API 650 p V.8.

Seina kindlustamata seinä suurim lubatud kõrgus ei tohi ületada järgmist väärtust (USC ühikutes):

$$H_{safe} = 6 * (100 * t) \sqrt{\left(\frac{100t}{D}\right)^3 * \left(\frac{100}{V}\right)^2} \quad [3.3]$$

kus:

H_{safe} – suurim lubatud kõrgus kindlustamata seinal, in;

t – seinä ülemise vöö paksus, 10 mm=0,39 in;

V – arvutuslik tuule kiirus, $V=V_{vak}+V_{tuul}=21,2+62,6=83,8$ miili/h

D – mahuti läbimõõt, 45,6 m= 149,6 ft.

Seega suurim kindlustama kõrgus on võrdne:

$$H_{safe} = 6 * (100 * 0,39) \sqrt{\left(\frac{100*0,39}{149,6}\right)^3 * \left(\frac{100}{83,8}\right)^2} = 44,35 \text{ ft} = 13,51 \text{ m}$$

Seinä vööde redutseeritud kõrgus arvutatakse valemil:

$$W_{tr} = W * \sqrt{\left(t_{unif}/t_{act}\right)^5} \quad [3.4]$$

kus:

W_{tr} – seinä redutseeritud kõrgus, in;

W – vöö kõrgus, 1.50 m = 59,06 in;

t_{unif} – ülemise vöö paksus, 10 mm = 0,39 in;

t_{act} – tegelik vöö paksus, in.

Arvutame iga vöö redutseeritud kõrgust:

$$W_1 = W * \sqrt{\left(t_{unif}/t_{act}\right)^5} = 59,06 * \sqrt{\left(0,39/0,51\right)^5} = 29,96 \text{ in} = 0,76 \text{ m}$$

$$W_2 = W * \sqrt{\left(t_{unif}/t_{act}\right)^5} = 59,06 * \sqrt{\left(0,39/0,47\right)^5} = 36,59 \text{ in} = 0,93 \text{ m}$$

$$W_3 = W * \sqrt{\left(t_{unif}/t_{act}\right)^5} = 59,06 * \sqrt{\left(0,39/0,43\right)^5} = 45,48 \text{ in} = 1,16 \text{ m}$$

$$W_4 = W * \sqrt{\left(t_{unif}/t_{act}\right)^5} = 59,06 * \sqrt{\left(0,39/0,43\right)^5} = 45,48 \text{ in} = 1,16 \text{ m}$$

$$W_5 = W * \sqrt{\left(t_{unif}/t_{act}\right)^5} = 59,06 * \sqrt{\left(0,39/0,39\right)^5} = 59,06 \text{ in} = 1,47 \text{ m}$$

$$W_6 = W * \sqrt{\left(t_{unif}/t_{act}\right)^5} = 59,06 * \sqrt{\left(0,39/0,39\right)^5} = 59,06 \text{ in} = 1,47 \text{ m}$$

$$W_7 = W * \sqrt{\left(t_{unif}/t_{act}\right)^5} = 59,06 * \sqrt{\left(0,39/0,39\right)^5} = 59,06 \text{ in} = 1,47 \text{ m}$$

$$W_8 = W * \sqrt{\left(t_{unif}/t_{act}\right)^5} = 59,06 * \sqrt{\left(0,39/0,39\right)^5} = 59,06 \text{ in} = 1,47 \text{ m}$$

Vööde redutseeritud kõrguste summa on vähem kui eelnevalt arvutatud kindlustama seinu suurim lubatud kõrgus:

$$W_{sum} = W_1 + W_2 + \dots + W_8 = 9,86 \text{ m} < 13,51 \text{ m} = H_{safe}.$$

Kuna $W_{sum} < H_{safe}$, olemasoleva seinu püsivus on tagatud ning vajadust paigaldada täiendav tugevdusrõndas ei ole.

3.3 Põhjaplaatide arvutus

API 650 p 5.4.1 kohaselt peab põhjaplaatide paksus olema vähemalt 6 mm. Antud väärtusele tuleb lisada korrosioonivarutegur 1,6 mm. Seega:

$$t_p = 6 + 1,6 = 7,6 \text{ mm}.$$

Valime põhjaplaatide paksuseks 8 mm.

Kontrollime äärelaadi, kas selle minimaalne laius on piisav pärast olemasoleva põhja eemaldamist. Minimaalne vajalik laius arvutatakse API 5.5.2 valemil:

$$L = 2 * t_b * \sqrt{\frac{F_y}{2 * \gamma * G * H}} \quad [3.5]$$

kus:

L – äärelaadi minimaalne laius mahtui seinu sisemist pinnas, mm;

t_b – äärelaadi nominaalne paksus, mm;

F_y – äärelaadi materjali voolavuspiir, MPa;

γ – vee tiheduse tegur, 9,81/1000 MPa/m;

G – planeeritud produkti osakaal, võtame 1,0;

H – maksimaalne täitenivoo, m;

Arvutame äärelaadi laius:

$$L = 2 * t_b * \sqrt{\frac{F_y}{2 * \gamma * G * H}} = 2 * 9 * \sqrt{\frac{245}{2 * 0,00981 * 1 * 10,5}} = 620 \text{ mm}$$

Kuna pärast äralõikamist jääb 1000 mm laiusega riba, siis API p 5.5.2 nõue on täidetud.

3.4 Toe tugevusarvutus

Mahuti kogumass on 390 tn, nendest teraskonstruktsioonid moodustavad 380 tn, soojustus 12,5 tn, katteprofiil 4,5 tn, tuletõrjatorustik ja mahuti seadmed 5 tn.

Kuna mahuti põhjaplaate massiga 68 tn enne tõstmist eemaldatakse, siis tõstetav mass on 330 tn ehk kaal $P = m \cdot g = 330000 \cdot 9,81 = 3\,237\,300 \text{ N} = 3\,274 \text{ kN}$

EEMUA 159 Lisas C on toodud soovitusel mahutite ohutuks tõstmiseks ning konstruktsiooni remondiks. Soovitatakse, et perimeetril paigaldatud tugede vahel olema maksimaalselt 10 m. Mahuti perimeeter $L = 45,6 \cdot 3,14 = 143,2 \text{ m}$.

Autori kogemusel tuleb iga tõstmisoperatsioonil rakendada varu ca 20% tõstetavast kaalust, kuna lähteandmed võivad olla mitte täpsed, nt. niiske soojustusvill suurendatud massiga või lekkiv tundraud.

Kuna tõstetav kaal on 3274 kN, rakendame varu 20%. Seega kogukoormus:

$$Q_{\text{kokku}} = 3274 \cdot 1,2 = 3\,928 \text{ kN}$$

Võttes arvesse et töövõtja peab kasutama kõige üldlevinumad tundraudad, kandevõimega 20 tn = 196,2 kN, arvutame vajalike tungraudade arv.

$$N = Q_{\text{kokku}} / 196,2 = 20 \text{ tk}$$

kaugus tungraudade vahel:

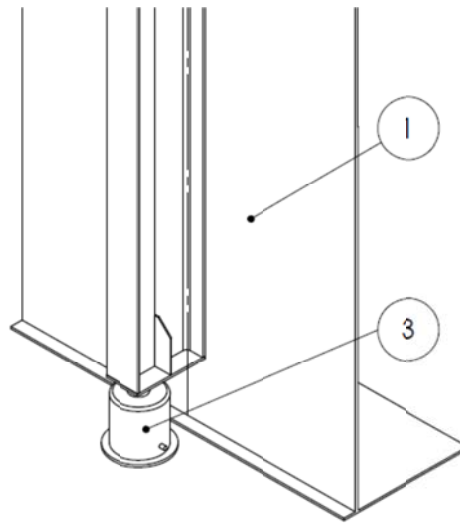
$i = 143,2 / 20 = 7,16 \text{ m} < 10 \text{ m}$, mis vastab EEMUA 159 Lisas C toodud soovitustele.

Seega kokku meil on tarvis 20 tungrauda kandevõimega 20 tn, mis on paigutatud ühtlaselt mahuti perimeetril vahekaugusega 7,16 m. Veel 2 tungrauda tuleb paigaldada mahuti sisse eesmärgiga tõsta keskpõst. Mahuti keskpõst ei kanna koormust peale omakaalu.

Vastavalt tungraudade arvule valitakse ajutiste tugede arv ehk kokku 20 tk. Igale - vertikaalne koormus $F_{\text{üld}} = 196,2 \text{ kN}$.

Mahuti tõstmiseks tuleb kasutada tungraudad ning ajutisi tuged, mis tuleb keevitada mahuti seinale. Kuna mahuti põhjajärgi laius on ca 50 mm, ja tavalise 20 tn tungrauda

alumise osa läbimõõt on ca 200..250 mm, siis valime ajutisteks tugedeks valime IPE300 talasid konstruktsiooniterasest S355.



Joonis 3.1. Tala paigaldamise skeem.

IPE300 tala omadused on toodud allpool:

Tabel 3.1. Tala IPE300 omadused.

Nimetus	Mass, kg/m	Kõrgus, mm	Laius, mm	Seina paksus, mm	Riuli paksus, mm
IPE300	42,2	300	150	7,1	10,7

Talad keevitatakse mahuti seina külge kahelt poolt, seega igale keevisõmblusele rakendatakse koormus:

$$F_i = F_{\text{üld}}/2 = 196,2/2 = 98,1 \text{ kN}$$

Tala materjali lubatud tõmbepinge

$$|\sigma| = \frac{R_{eH}}{S} = \frac{355}{1,5} \approx 236 \text{ Mpa}$$

kus:

σ – lubatav tõmbepinge, MPa,

S – tegur, 1.5.

Õmbluse lubatav pinge käsikeevitamisel

$$|\tau'| \approx 0,6 * |\sigma| = 0,6 * 236 = 141,6 \text{ Mpa}$$

Keevisõmbuse vajaliku tugevuse tagamiseks peab olema täidetud järgmine tingimus:

$$\tau = \frac{F}{A} = \frac{F}{2*0,7*k*b} \leq |\tau'|$$

kus:

k – on katet, valime 5 mm;

b – keevisõmbuse pikkus, mm.

Seega leiame

$$b \geq \frac{F}{2*0,7*k*|\tau'|} = \frac{98100}{2*0,7*5*141,6} \approx 98,9 \text{ mm}$$

Kandevõime on tagatud 100 mm keevisõmbusega (katetiga 5 mm) tala mõlemalt poolt.

Kontrollime mahuti seinalehtede tugevust:

$$\sigma = \frac{F}{A} = \frac{F}{b*\delta} = \frac{98100}{100*10,7} = 91,7 \text{ Mpa} < [\sigma] = 236 \text{ Mpa}.$$

Seinalehe lubatud pinde on suurem, seega tingimus on täidetud.

Mahuti tõstmiseks tuleb kasutada talasid IPE300 pikkusega 3 m mahuti I ja II vöö stabiilseks ühendamiseks.

4. REMONDI TEHNOLOOGIA

4.1 Remondi eesmärk

Remondi eesmärgiks on Trendgate terminali asuva mahuti TN-1 põhja asendamine ning põhja aluse tasandamine. Probleemiks on selle mahuti põhja all jääv tasanduskiht, mis on aja jooksul ära vajunud, osaliselt lagunened ja sellega koos on ka mahuti põhja konstruktsioon deformeernud. Esineb ka põhjaplaatide välimine korrosioon (ehk korrosioon plaatide alumisel poolel), mille mõõtmine on problemaatiline.

Rekonstrueerimise käigus kavatakse mahuti põhi lahti lõigata. Kõik põhjalehed on vaja välja vahetada. Ääreplaadid jäävad. ära lõigatud ääreplaadi minimaalne laius on 620 mm. Mahuti põhja all olev asfaltsegu kihti täiendada ja tihendada ning uued põhjalehed paigaldada. Asfaltsegu korralikuks tihendamiseks planeeritakse mahuti üles tõsta 500 mm ja peale täitematerjali tihendamist uuesti all lasta.

Tööde käigus demonteeritakse ka lahti mahutite sees olevad registrid, mis peale põhja rekonstrueerimist pannakse tagasi.

4.2 Normatiivne dokumentatsioon

Remondi tehnoloogia väljatöötamisel on arvestatud kõiki ohutus- ja keskkonnoahutusnõuetega. Montaaži lahendused on kooskõlas Eesti Vabariigis ja EL üldtunnustatud nõuete ja standarditega, sealhulgas:

- Ehitusseadustik [9] Seadme ohutuse seadus [28]
- Töötervishoiu ja tööohutuse seadus [36]
- Kemikaaliseadus [18]
- Jäätmeseadus [17]
- EVS 932:217. Ehitusprojekt [8]
- EVS-EN 1990:2002. Ehituskonstruktsioonide projekteerimise alused [11]
- EVS-EN 1991-1-1:2002. Eurokoodeks 1. Ehituskonstruktsioonide koormused. Osa 1-1. Üldkoormused. Mahukaalud, omakaalud, hoonete kasuskoormused [14]
- EVS-EN 1991-1-3:2006. Eurokoodeks 1. Ehituskonstruktsioonide koormused. Osa 1-3: Üldkoormused. Lumekoormus [12]
- EVS-EN 1991-1-4:2007 Eurokoodeks 1. Ehituskonstruktsioonide koormused. Osa 1-4: Üldkoormused. Tuulekoormus [13]

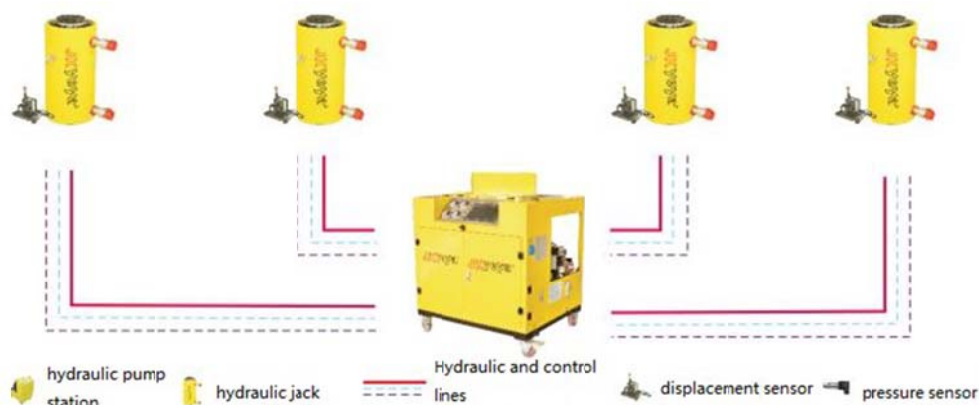
- EVS-EN 1993-1-1:2006 Eurokoodeks 3. Teraskonstruksioonide projekteerimine. Osa 1-1: Üldreeglid ja reeglid hoonete projekteerimiseks [14]
- EVS-EN 1993-1-8:2008 Eurokoodeks 3. Teraskonstruksioonide projekteerimine. Osa 1-8: Liidete projekteerimine [15]
- EVS-EN 14015:2004. Specification for the design and manufacture of site built, vertical, cylindrical, flat-bottomed, above ground, welded, steel tanks for the storage of liquids at ambient temperature and above [30]
- EVS 812-5:2014. Ehitiste tuleohutus. Osa 5: Kütuseterminalide ja tanklate tuleohutus [7]
- EVS-EN 60079-10-1:2016. Plahvatusohtlikud keskkonnad. Osa 10-1: Piirkondade liigitus. Plahvatusohtlikud gaaskeskkonnad [27]

Montaažitööde teostamisel tuleb arvestada nõuetega, mis on ette nähtud standardiga EVS-EN 14015:2004.

4.3 Seadmete valik

Mahuti tõstmiseks kasutada tungrauad 30 tn, mis on ettenähtud kasutamiseks koos hüdraulilise jäämaga konstruktsiooni ühtlaseks tõstmiseks. Käsikahvliga tungraudade kasutamine ei ole soovituslik, kuna võib esineda ebaühtlane tõus, mille mõjul koormus võib jaguneda ebavõrdselt. Selle tulemusel mõned tungraud tulevad tööst välja. Kokku on vaja 22 tungraua, millest 20 tk asuva mahuti perimeetril 8 m kaugust üksteisest ning kaks tükki asuvad mahuti sees. Need on ettenähtud keskposti tõstmiseks. Kuigi mahuti keskpост ei kannu koormust (see on ettenähtud vaid mahuti montaažiks), tuleb keskposti tõsta üheaegselt kogu mahutiga.

Vajalikud seadmed valib töövõtja. Koormus ühele tungrauale 20 tn +varu 30%. Tungrauade paigalduse skeem on toodud graafilises osa, joonisel 3 „Mahuti tõstmine“



Joonis 4.1. Mahuti tõstmise skeem, <http://www.jk-hydraulic.com/>

Mahuti tõstetakse kolmel etapil, kuna tungraua vabakäik on ca 200 mm ning üldine tõstekõrgus on 540 mm. Vaheetappidel mahuti toe alla paigaldatakse liipreid 280x160mm (1. klass). Tungraud paigaldatakse järgmisele tasandile. Antud operatsioon korratakse kogu perimeetril ning järgned järgmine tsükkel.

Eriti ohuti tõstmise teostamiseks võib kasutada nn. *climbing jack* seadmeid ehk tungrauad koos suure toetuspindaga, mille alla on mugav paigaldada pruss (liiper).



Joonis 4.2. Tõstetud mahuti näide.

4.4 Materjalid

Mahuti põhja rekonstrueerimiseks kasutatakse S235JR (EVS-EN 10025) süsinikteras. Põhjaelemendid peavad olema valmistatud teraslehtedest paksusega 8 mm. Lehtede mõõdud on 1500x6000 mm. Materjali vajadus on kokku 92 tonni.

Montaažiava sulgemiseks kasutatakse väljalõigatud materjal 09Г2С.

4.5 Tööohutus

Vastavalt Liwathion E.O.S. protseduuritele mahuti nimetatakse kõrge riskitasemega kinniseks ruumiks, kuna see vastab järgmistele tunnustele:

- on osaliselt kinnine/suletud,
- on raskendatud sisse- ja väljapääsuga,
- on ebapiisava ventilatsiooniga,
- ei ole mõeldud ega ette nähtud inimeste pikemaajalisemaks viibimiseks,
- ruum, milles on või võib olla teada olevad või potentsiaalselt ohtlikud ained ja/või keskkond. [29]

Ettevõtte lubab siseneda kõrge riskitasemega kinnistesse ruumidesse ainult juhul kui on täidetud järgmised tingimused:

- kõik muud võimalused on kaalutud, kuid need on kõrvale jäetud;
- teostatud kinnise ruumi riskianalüüs;
- kinnine ruum on muudest süsteemidest eraldatud ning kinnist ruumi teenindavate torustike sulgarmatuur(id) on kindlustatud nende juhusliku avamise vastu;
- teostatud nõuetekohased mõõtmised (hapniku sisaldus: tervisele ohutu vahemik 19,5...22%; plahvatusohtlikud gaasid ning aurud LEL < 10%; toksilised/mürgised gaasid: väävelvesinik (H₂S: < 5 ppm), süsinikmonooksiid (CO: < 10 ppm));
- väljastatakse kirjalik luba sisenemiseks kinnisesse ruumi;
- tuletööde (nt keevitus-, lõiketööd) tegemiseks, tuleb täiendavalt väljastada tuletöö luba;
- kinnise ruumi sisse-väljapääsu juurde on määratud vahimees, kes kindlustab võimalikult kiire ning ohutu sisse-ja väljapääsu kinnisest ruumist tagab, et tööülesande täitmisel kasutatavad seadmed ja materjalid nagu kaablid, voolikud, vms ei tõkestaks kinnisesse ruumi sisse- ja välja pääsemist.

Mitte keegi ei tohi kinnisesse ruumi siseneda enne, kui päästeplaan on kõigile tööülesandega seotud isikutele arusaadavaks tehtud (Päästeplaan sisenemisel kinnisesse ruumi). Päästevahendite asukoht on teada ja päästevahendid on valmis koheseks kasutamiseks.

Kinnisesse ruumi võivad siseneda vaid vastava koolituse/juhendamise läbinud terminali töötajad ja/või töövõtjad, kes on kohustatud tutvuma kõikide sisenemisega

seotud ohtudega sh riskianalüüsiga, täitma kõiki tööloaga sätestatud tingimusi sh nõuetekohaste IKV-te kasutamine. Liwathon E.O.S. tingimuste kohaselt peavad kõik sisenenjad kandma turvarakmeid ning täiendavalt, tulenevalt kinnise ruumi eripärast või sisenemiseviisist, (horisontaalne või vertikaalne) peavad turvarakmed olema ühendatud päästeliiniga. Töötajad on kohustatud, viivitamatult teavitama töödejuhti, loa väljastajat või vahetusülemat, kinnises ruumis kokku puutunud või tekkinud ohtudest.

Remonditöödeks valmistab mahuti ette terminali meeskond. Pääsuava luuke avab selleks volitatud töötaja (nt. mehaanik, lukksepp või operaator) erilise ettevaatusega, vältimaks metallesemete kukkumisel või löögist tulevaid sädemeid. Avatud pääsuava luuk tuleb fikseerida ühe poldiga selliselt, et oleks välistatud selle iseeneslik sulgumine ja löögid vastu terasest konstruktsioonielemente. Peale pääsuava luugi avamist paigutab pääsuava avanud töötaja pääsuavale hoiatustähise SISENEMINE KEELATUD ja/või ohutusmärgi KÕRVALISE ISIKU SISENEMISE KEELD. Selle ajani, kuni on vahetusülema või ohutuse ja töökeskkonna spetsialisti poolt kontrollitud, et mahutisse sisenemine on ohutu ning konkreetse mahuti kontroll-leht vahetusülema ruumi infotahvlile paigaldatud ja vastav mäрге logi raamatusse ning Sisenemise loale tehtud, ei tohi mahutis töid alustada. Tööloa väljaandmise aluseks on kontroll-lehe koopia jõudmine ohutuse- ja töökeskkonnaspetsialisti kätte. Mahutisse võivad siseneda ainult tööloal märgitud isikud.

Peale remonditööde vastuvõtmist sulgeb pääsuava luuke sulgeb selleks volitatud töötaja erilise ettevaatusega, vältimaks metallesemete kukkumisel või löögist tulenevaid sädemeid ja hiljem tekkida võivate ühenduste ebatihedusi. Enne sulgemist kontrollib remondi- ja hooldusosakonna töötaja, kes osaleb luukide sulgemise juures, üle luukide peegelpinnad. Need peavad olema puhtad vanadest tihenditest ja võimalikest muudest materjalidest, et ei tekkiks hiljem ebatihedusi. Sulgemise juures tuleb alati kasutada uusi ja produktile vastavast materjalist tihendeid. Tihendid valmistavad ette remondi- ja hooldusosakonna töötajad.

Enne sulgemist volitatud töötaja, kes organiseerib sulgemist, kontrollib, et mahuti sisse ei ole jäänud inimesi ega tööriistu.

4.6 Tuleohutus

Võimaliku tulekahju korral terminalil sõltuvad selle tagajärjed mitmetest faktoritest, millest peamised on tulekahju tekkekoht ja põlevaine kogus. Raskemate

tagajärgedega on need tulekahjud, mis leiavad aset produkti mahutites, kaitsevallituses, raudtee-estakaadil.

Terminal Trendgate tegutseb ööpäevaringselt, seitse päeva nädalas ning on turvafirma valve all, seega terminali meeskonna abi on igal ajal tagatud ning töövõtjad on kohustatud tegutsema avastavalt terminali juhataja korraldustele.

Vastavalt Teede ja Sideministri määrusele nr 106 „Nõuded kemikaali hoiukohale, peale-, maha- ja ümberlaadimiskohale ning teistele kemikaali käitlemiseks vajalikele ehitistele sadamas, autoterminalis, raudteejaamas ja lennujaamas ning erinõuded ammoniumnitraadi käitlemisele“ mahutile on määratud plahvatusohtlik tsoon OHUTSOON 1 ehk ala, kus tule- ja plahvatusohtu põhjustav gaasi- õhu segu võib tekkida seadmete sihipärase kasutamise ajal. Ajutiselt remondiajaks määratakse mahutile riskitase OHUTSOON 2, kuna mahuti on pestakse. Samas mahuti seinadel esinevad naftasaaduste jäägid. Plahvatusohtlikes töötsoonides kasutatavad tööriistad, valgustid jt. peavad vastama EX nõuetele.

Tuletööde läbiviimisel mahutilalas ning mahuti sees tuleb kasutada tulekustutusvahenditena on ABC klassi 6 kg laengumassiga kantavad pulberkustutid. Need peavad asuma vähemalt 10 m kaugusel töökohast (nt keevitajast). Tuletöö läbiviimise kohast, raadiuses 3 m ei tohi olla põlevat materjale.

Tulekahju tekkimisel tuleb tagada terminalis olevate inimeste ohutus ja nende kiire evakueerimine ning päästmine ohustatud alast. Tulekahju avastanud terminali töötaja või muu terminalis viibiv isik on kohustatud:

1. teatama viivitamatult vahetusülemale, kus tulekahju on puhkenud ja mis põleb; vahetusülem teatab koheselt häirekeskusele hädaabi numbril 112, kus põleb ja mis põleb;
2. hoiatama ohtu sattunud inimesi.

Õnnetusohust teatatakse hädaolukorra sireeni teel. Ohu korral tuleb liikuda kogunemiskohta ning oodata edaspidiseid korraldusi. Kogunemiskohas toimub inimeste loendus, mille eest vastutab vahetusülem.

Kuna peamise ohtu tekitavad elektriinstrumendid, siis ettevõttes kehtivad ranged nõuded nende kasutamisele. Kõik elektriseadmed peavad olema kaitsete abil kaitstud ja vajaduse korral maandatud. Terminalil tohib kasutada standardset elektriseadet, mille paigaldamisel, kasutamisel ja hooldamisel tuleb juhendada tootja

kasutusjuhendist ning selle paigaldamist, kasutamist ja hooldamist käsitlevast õigusaktist. Töö lõpetamisel lahutatakse elektriseade vooluvõrgust, välja arvatud tehnoloogilise juhendi või terminalil kehtestatud korra järgi ööpäevaringselt töötav elektriseade.

Elektriseadme kasutamisel ei tohi:

- kasutada vigastatud isolatsiooni või muu tulekahju/plahvatust põhjustada võiva defektiga elektritarvikut või –juhistikku;
- kasutada kalibreerimata või elektrijuhistiku lubatavale voolutugevusele mittevastava sulavelemendiga kaitset;
- kasutada töökeskkonna tingimustele mittevastavat elektritarvikuid;
- kasutada mittestandardset elektritarvikut või –valgustit;
- jätta järelevalveta pidevaks tööks mitte ettenähtud elektriseadet.

Mahuti sees töötamisel tohib kasutada vaid 24V valgusteid ning elektritarvikuid, mis on ühendatud võrku läbi eraldatud trafo.

4.7 Tööde teostamise kord

Antud alapeatükis on toodud mahuti tõstmise etapid koos lühikirjeldusega. Mahuti põhja remondi teostamiseks:

1. mahuti olemasolevad soojendusregistrid tuleb enne tööde algust tühjendada termoõlist;
2. mahuti tuleb tühjendada produktist, puhastada ja korralikult tuulutada vastavalt Liwathon juhenditele;
3. mahuti ühendustorustikud lahti ühendada;
4. mahuti seisna tutsidele paigaldada vastava nominaal diameetri ja rõhuklassi pimeäärikud.
5. järgmiselt tuleb lahti ühendada elektri- ja automaatikakaablid, mille kohta koostatakse kirjalik akt peaenergeetiku poolt;
6. eemaldada osaliselt mahuti soojusisolatsioon, esimese ja teise vöö ulatuses. Isolatsioon eemaldatakse kohtades kuhu paigaldatakse mahuti tõstmiseks tugi ja montaaži ava juurest.
7. mahuti seina lõigata montaažiava 2000x2000 mm vastavalt punktis 4.7.1 kirjeldatule. Montaažiava asukoht täpsustada koha järgi. Koht peaks võimaldama tõstemehhanismidega mahutisse siseneda ning põhjaplaadid teisaldama.

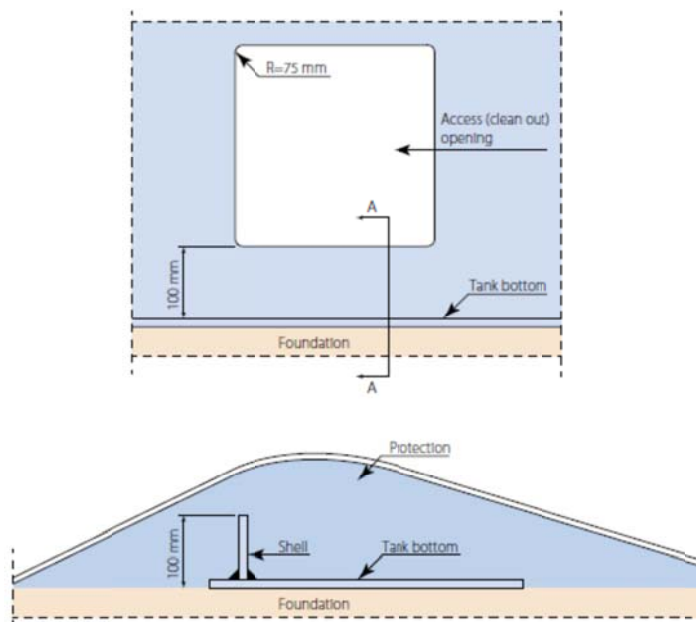
8. Mahuti olemasolevad soojendusregistrid demonteerida. Neid tuleb markeerida ning peale uue põhja paigaldust paigaldada tagasi. Kütteelemendi lahtilõikamise koht peab olema vähemalt 100 mm kaugusel olemasolevast keevisõmblusest. Peale kütteelementide tagasimonteerimist tuleb teostada vastavad protseduurid (keevisõmbluste VT, RT ja MT kontroll ning survekatse 14,3 Bar rõhul vedelikuga või surveõhuga talvistes tingimustes). Keevisõmbluste kõrguseks valida keevitavate elementide minimaalne paksus.
9. enne mahuti põhjaplaadi lõikamist, lõigatavad osad markeerida.
10. olemasolevad põhjaplaadid lõigata lahti ja eemaldada, alles jääv äärelige puhastada. Mahuti keskel (keskposti all) jääv osa 3x3 m lõigata.
11. mahuti tõstmine teostada vastavalt standardi API 653 [3] Lisa B „Evaluation of tank bottom settlement“. Mahuti seintele keevitada toed mahuti tõstmiseks. Tugede vahel on 8 m (1/20 mahuti ümbermõõdust), kokku 20 posti. Tugede alla asetada tungrauad 30 tn. Keskposti alla paigaldada IPE300 taladest koostatud konstruktsioon ning 2 tungrauda (vt. joonis Lisas 4). Tungrauad peavad olema ühendatud hüdraulilise jaamaga mahuti sujuvaks ja üheaegseks tõstmiseks. Tugede asetamisel jälgida, et need ei satuks mahuti seina keevisõmblustele ja et oleks ankrupoltide kohtadest eemal.
12. lahti ühendada mahuti ankrupoldid;
13. mahuti tõstetakse maapinnast ca 540 mm kõrgusele. Projektiga on ettenähtud mahuti tõstmine korraga 180 mm (1. klassi liipri kõrgus), seega nõutud kõrguse (540 mm) saavutamiseks on vaja 3 tõsteetappi. Mahuti tõstmisel jälgida, et tõstetaks üheaegselt kõikidest tungraudadest. Selleks peab olema kasutatud hüdrauliline jaam ning erivalmistatud tungrauad, näiteks nn. *climbing jack*. Mahuti tõstmisel vältida ilma suure tuulega (üle 10 m/s).
14. Mahuti põhja alust täidetakse remontseguga (bitumeni ja liiva segu) ja seejärel tihendatakse 0,96 tihenduse asteni;
15. Peale bituumeni-liiva segu tasandamist ning tihendamist teostada geodeetilised mõõtmised ning teostusjoonise olemasolul ning põhja vastuvõtmisel lasta mahuti alla ja kinnitada ankrupoldid. Enne mahuti allalaskmist paigaldada keskposti alla uued teraslehed;
16. paigaldada eelnevalt ettevalmistatud ja markeeritud põhjaplaadid alustades montaažiava poolsest küljest, mis väldiks tihendatud bituumeni-liiva segule deformatsioone;
17. teostada mahuti põhja keevitustöid ning keevisliidete kontroll;
18. paigaldada tagasi mahutile varem demonteeritud soojendusregister vastavalt p 4.7.5;
19. teostada mahuti soojendusregistri RT, VT, MT katsetused ja surveproov;

20. keevitada kinni mahuti seina lõigatud montaažiava 2000x2000mm. Plaat keevitada seina pökkõmblusega. Enne uute vertikaalõmbluse teostamist lõigata lahti horisontaalõmblus ~500mm väljaspool vertikaalõmblusi, kui nurgad ei ole ümardatud. Viimasena keevitada kinni horisontaalõmblused. Keevisliidete läbikeevitus ja sulatus peab olema täielik.
21. teostada mahuti seina keevisliidete kontroll;
22. teostada hüdrauline katsetus;
23. teostada värvimistööd;
24. Paigaldada tagasi soojusisolatsioon;
25. ühendada tagasi torustik;
26. ühendada tagasi elektri- ja automaatikakaablid.

4.7.1 Montaažiava tegemine

Mahuti TK-1 seina I vöösse lõigatakse montaažiava 2000x2000 mm vastavalt graafilises osas toodud joonisele. Antud ava on vajalik vanade põhjalehtede väljatõstmiseks, täitematerjali sissetoomiseks ning uute lehtede paigaldamiseks. Peale tööde lõppu suletakse montaažiava eelnevalt väljalõigatud plaadiga ja keevitatakse kinni pökk-keevisõmblusega.

Ava alumine äär kaitsta mehaanilistest deformatsioonidest joonisel nr 7 toodud meetodiga.



Joonis 4.3. Ava 2000x2000 kaitsmine. EEMUA 159 [1] .

Esmalt keevitatakse vertikaalid, ja siis minnakse üle horisontaalõmblusele.

4.7.2 Nõuded keevitustöödele

Keevitustööde teostamisel tuleb kinni pidada kõigist vastavatest ohutuseeskirjadest. Kõik mahuti osade keevitused, sh parandused ning ajutiseks või alaliseks mahuti külge jäävate kinnituskonstruktsioonide keevitused peavad toimuma asjakohaste WPS kohaselt. Mahuti remondiv organisatsioon peab vastutama monteerimistöö kvaliteedi eest.

Keevitaja peab vastama "Seadme ohutuse seadus" sätestatud nõuetele ning tema nõuetele vastavus peab olema seaduses viidatud isikute poolt hinnatud. Keevitajad peavad olema atesteeritud vastavalt standardile EVS-EN 287-1:2004 või EVS-EN ISO 9606- 1:2013.

Keevituse koordineerimine peab olema läbi viidud vastavalt EVS-EN ISO 14731:2006. Keevitusprotseduuri sertifikaat WPS ja WPQR töötab välja töövõtja ning need peavad vastama EVS-EN 15607 (EN288-1), EVS-EN 15609-1 (EN288-2), EN-ISO 15614-1 (EN288-3).

Keevisõmblused võivad olla teostatud kas käsitsi, automaatselt või poolautomaatselt, õmblusi teostanud keevitajate nimed peavad olema tuvastatavad märgistusega. Keevisõmblused tuleb teostada elektroodidega või keevitustraadiga, mis vastavad keevitavate teraste markidele. Seinaplaatide omavahel ühendavate keevisliidete läbikeevitavus ja sulatus peab olema täielik. Keevisõmbluste kvaliteeditase peab vastama EVS-EN ISO 5817:2004 tasemele C. Keevisõmblusel peab olema näha õmbluse teinud keevitaja tunnus.

Minimaalne ülekate äärelaenu ja põhjalehtede montaažiõmbluses on 50 mm.

Mahuti rekonstrueerimisel paigaldamisel peab töövõtja nn. tuletööde (keevitamine, lõikamine jms.) läbiviimisel kaitsma tulekindla ekraaniga töökoha naabruses paiknevad kaablid, torustikud ja seadmed, et metalli pritsmed ei kahjustaks nende välispinda (kehtib ka isoleeritud torustike kohta).

4.7.3 Nõuded korrosioonikaitsetöödele

Korrosioonikaitse ettevalmistustööd teostada vastavalt standardis EVS-EN ISO 12944-4 toodud nõuetele [31] . Mahuti remonditavate osade lõplik korrosioonikaitse viia läbi pärast keevitustööde kvaliteedikontrolli lõpetamist. Enne pindade töötlemist tuleb kõik õlid, rasvad jt. ained sobivate lahustite abil pindadelt eemaldada ja tasandada kõik keevisjäljed. Kõik teravad otsad tuleb ümardada raadiuseni 3 mm.

Tagist, roostest ja teistest saastainetest puhastamiseks kasutada suruõhku. Survega kuivpuhastamist ei teostata halbade ilmastikutingimuste korral. Samuti ka siis, kui peale puhastamist töödeldav pind muutub niiskeks, kui puhastatava pinna temperatuur on alla 5°C või kui õhu suhteline niiskus on üle 80%.

Teraspindade edaspidiseks töötlemiseks peale survega kuivpuhastamist ei ole lubatud kasutada happelahuseid või teisi puhastusvahendeid või lahusteid, mis sisaldavad roostemuundureid.

Värvi ei tohi kanda kuumadele pindadele või puhastamata keevisõmblustele. Kõik kruntvärvid kanda pinnale õhuvabade pihustite või pintsli abil. Pindade puhastamine ja värviga katmise vaheline aeg ei tohi ületada 4 tundi. Kui aga tekkitab selline olukord, tuleb pinnad enne kruntimist uuesti töödelda.

Mahuti välispind kruntida vastavalt järgmisele skeemile:

- skeem FeSa2,5 EP180/2;
- värvisüsteem peab vastama EVS-EN ISO 12944-5 nõuetele, keskkonnaklass C4, värvi vastupidavuse klass M (meedium), eelistatav on kahekomponendiline epoksiidvärv Hempel Hempadur 15570 [16] .

4.7.4 Nõuded isoleerimistöödele

Mahuti isolatsiooni taastatakse kohtades, kust see oli demonteeritud. Kasutatakse keskmise jäikusega kivivilla paksusega 100mm, mis kaetakse pealt Zn plekiga PU värvkattega paksusega 0,7mm. Pleki värvikood on RAL 9016.

Isolatsioonitööd on ette nähtud teostada vastavalt Eesti standardile EVS 860 "Tehniliste paigaldiste termiline isoleerimine".

4.7.5 Soojendusregistrite taastamine

Pärast põhjaplaatide paigaldust ning keevisõmbluste kontrolli teostamist tuleb taastada küttesüsteem, ehk paigaldada varem demonteeritud soojendusregistrid. Registrate paigalduse aluseks on ETP Grupp poolt koostatud projekt nr 1098 (2004. a). Projekt on säilinud paberkandjal, väljavõtte soojendusregistrite paigaldusjoonisest KM-003 on kättesaadav.

Mahuti soojusregistrid varustada teabega vastavalt EVS-EN 14015:2004 järgnevalt:

- Valmistaja andmed (nimi, aadress)
- Valmistusstandard (EVS-EN 13480)
- Soojusvahetuspind m^2 (125)
- Soojusregistri ruumala m^3 (2,5)
- Soojuskandja (termaalõli)
- Projekteeritud rõhk (10bar)
- Projekteeritud temperatuur (100°C)

Andmed paigaldatakse lisatahvlina torustike sisendi juurde.

Tuleb teostada torustike keevisõembluste visuaalne kontroll 100%-lt vastavalt standardile EVS-EN ISO 17635:2016, lubatud vead EVS-EN ISO 5817:2014 järgi, tase C (standardkasutus).

Torustiku tihedus ja survekatsetused teostada standardi EVS-EN 13480-5 vastaval rõhul ja tingimustel. Proovirõhuks on 15bar (min. $1,43 \times PD = 1,43 \times 10 = 14,3$ bar).

Lisaks kontrollitakse (tellija soovil) vähemalt 10% surveprooviga hõlmatavatest keevisõemblustest läbivalgustamise teel (RT). Lubatud vead EVS-EN ISO 5817:2014 järgi, tase C (standardkasutus).

4.8 Mahuti hüdraulilised katsetused

Peale mahuti montaažitööde lõpetamist, kuid enne reservuaari katsetamist veega, tuleb tutside tugevduslehed (juhul, kui need olid demonteeritud) kontrollida surveõhuga 7 Bar, kasutades tugevduslehtedes olevaid kontrollavasid, juhul kui neid demonteeriti.

Peale mahuti remonditööde lõpetamist, kuid enne väliste torustike ühendamist ning enne värvimis- ja isolatsioonitööde alustamist tuleb teostada sein ja põhja kontroll, täites mahuti kuni maksimaalse arvutusliku vedeliku nivooni (maksimaalne lubatud nivoo on 10470 mm ehk 16 899 m^3 vastavalt taatlustunnistusele). Mahuti täita veega. Enne täitmist tuleb kontrollida põhja nivood vastavalt standardi EN14015:2004 p 19.13.5.2 sätestatule.

Katse kestvus on vähemalt 24 h. katsetamise ajaks tuleb sulgeda olemasolevad ühendustorude otsad pimeäärikutega PN16. Katsetus teostada vastavalt eeltoodud standardi punktis 19.13 sätestatule [30].

Lekkeid ega jääkdeformatsioone ei lubata. Peale hüdraulilise katsetuse eduka lõpetamist tuleb mahuti tühjendada, puhastada jääkidest ning kuivatada.

4.9 Kvaliteedi kontroll

Kontroll ja katsetused sooritatakse vastavalt Eesti Vabariigis kehtivatele normidele ja eeskirjadele ning rahvusvahelistele standarditele.

Montaaži teostaja peab järgima standardi EVS-EN 14015:2004 nõudeid. Mahuti valmistamisel ja koostamisel peab paigaldaja, täiendavalt käesolevas töös esitatud nõuetele, juhinduma standardi EVS-EN 14015 peatükkide 15, 16, 17 ja 18 nõuetest.

Enne kasutusele võtmist peab mahuti läbima esimese korralise tehnilise kontrolli ehk kasutuskontrolli, mille käigus tehakse kindlaks kas mahuti kasutamine on ohutu. Kasutuskontrolli läbiviimise eelduseks on mahuti kasutusjuhendi olemasolu, mille peab esitama mahuti remondi teostaja. Mahuti ohutu kasutamise iseärasused võivad olla vormistatud koos ühendustorustike või terminali (mahutipargi) kui terviku kasutamisjuhendina.

4.9.1 Lubatavad kõrvalekalded

Kontroll tuleb teostada koheselt peale montaažitööde lõpetamist, kuid vahepealseid kontrolle võib teostada ka montaažitööde vaheetappidel.

Põhja lähedalt mõõdetud läbimõõt võib erineda arvutuslikust läbimõõdust ± 45 mm (1‰ läbimõõdust). Seina üleääre vertikaalne kõrvalekalle põhja suhtes võib erineda reservuaari läbimõõdust ± 80 mm.

Kohalike mõlkide mõõtmiseks tuleb kasutada 500 mm pikkus latti või kaaršablooni. lubatud karvalekalle nimimõõdust on ± 10 mm.

Keevisõmbluste töödeldud pind võib olla kühmuga, mis ei ületa 1,6 mm (juhul kui plaadi paksus on $\leq 12,7$ mm). Keevitavate seinaplaatide omavaheline nihe paksuse suunas ei tohi ületada 10% õhema plaadi paksusest, kuid mitte rohkem kui 3 mm.

4.9.2 Täitedokumentatsiooni koosseis

Mahuti tuleb varustada tunnussildiga, mis tuleb kinnitada otse luugi kohale. tunnussild peab olema valmistatud korrosioonikindlast materjalist.

Mahuti rekonstrueerimise teostaja peab väljastama mahuti valdajale 3 eks. paberil ja 1 eks. digitaalsel andmekandjal. Tööde teostajal tuleb anda üle mahuti valdajale (AS Liwathon E.O.S.) alljärgnev dokumentatsioon:

- Tehniline dokumentatsioon ja joonised
- Kasutatud materjalide sertifikaadid
- Lisamaterjalide sertifikaadid
- Keevitajate atesteerimise tunnistused
- Keevisõmbluste VT, PT, RT, MT ja vaakuumkontrollide protokollid
- Hüdro- ja surveõhukatsetuste protokoll
- Tehnilise kontrolli protokoll
- Mahuti rekonstrueerimise paigaldusdeklaratsioon. Deklaratsioonil peab olema töö tegija kinnitus, et tööd on teostatud nõuetekohaselt ja vastavad projekte.

Dokumendid/failid tuleb rühmitada köidetesse, mis varustada sisukordadega ja vahelehtedega.

4.9.3 Keevisliidete kontrollimine

Keevisõmbluste kvaliteedi kontroll teostatakse vastavalt EVS-EN 14015 punktis 19 toodud nõuetele. Enne kontrolli puhastatakse keevisõmbustus ja temaga külgnevad põhimaterjali alad hoolikalt šlakist, metallipritsmetest ja mustusest. Keevisõmblustel ei tohi olla poore, terase pealesulatusi, väljasulatusi, pragusi, täiskeevitamata kraatreid, ebatihedusi, p ja läbipõletusi. Keevisõmbustus peab moodustama keevitatavate materjalidega sujuvalt ühilduva pinna.

Kõik mahuti keevisliited kontrollida 100% visuaalselt enne kontrolli teiste meetoditega. Visuaalne kontroll 100%-lt tuleb teostada vastavalt standardile EVS-EN ISO 17635:2016, lubatud vead EVS-EN ISO 5817:2014 järgi, tase C, mis vastab standardkasutusele. Nurk- ja T-kujulised liited tuleb kontrollida samuti visuaalselt.

Keevisõmbluste kvaliteedi hindamisel tuleb juhendada standardi EVS-EN 14015:2004 osast 19.11.

Lisaks visuaalsele kontrollile tuleb teha ka mahuti põhja rekonstrueerimise käigus tehtud keevisõmblustele järgmised kontrolltoimingud:

- Mahuti põhjaplaadi põkkkevisliited kontrollida vaakumi abil ($p_v=0,3 \text{ kg/cm}^2$), lekete avastamiseks kasutada seebilahust vastavalt API 653 p 5.3.3 toodule.

- Põkk-keervisühendusi materjali paksusega üle 8 mm puhul kontrollida ultraheli abil.
- Põhja äärelükkmete omavahelised keevisõmblused kuni välisperimeetrini alates 100 mm mahuti seinast siseäärest kontrollida penetrant (PT)- või magnetmeetodil (MT) 100% ulatuses.
- Juhul, kui tööde käigus avastatakse, et põhja äärelükkmete keevisõmblus mahuti seinast alumise vöö külge tuleb parandada, pärast tööde lõpetamist antud sõlmes tuleb kontrollida antud keevisõmblus peale keevituse esimest kihti mahuti seespool kogu perimeetri ulatuses penetrant - või magnetmeetodil vastavalt API 650 p 5.2.4.1.
- Taastatud soojusvaheti 10% keevisõmblustest tuleb kontrollida raadiograafia meetodil. Konkreetseid õmblused valib mahuti remondi teostav järelevalvaja Liwathon E.O.S. poolt. Iga keevitaja keevisõmblustest tehtud radiogrammide arvud peavad olema proportsionaalselt keevisõmbluste pikkusele vastavad. Juhul, kui kaks keevitajat keevitavad sama liite erinevaid pooli, on lubatud kontrollida nende tööd ühe radiogrammiga. Radiograafia kujutise kvaliteet peab vastama standarditele EVS-EN ISO 19232-1:2013 või EVS-EN ISO 19232-2:2013.
- Peale soojusregistrite RT kontrolli tegemist tuleb teostada survekatse suruõhuga või veega (juhul kui välistemperatuur ei lange all 0°C) rõhul 7,5 Bar 30 minuti jooksul vastavalt AS Liwathon E.O.S. nõuetele. Kasutada seebilahust.
- Sein montaažiava keevisõmblused tuleb kontrollida RT kontrolliga (radiograafia), igast vertikaal- ja horisontaalühendusest teha 1 pilt.

Mittepurustavat (NDT) katsetust teostava personali pädevus peab olema hinnatud ja tõendatud standardi EVS-EN ISO 9712:2012 nõuete kohaselt. NDT testide lubatud vead EVS-EN ISO 5817:2014 järgi, tase C, mis vastab standardkasutusele.

Pinna kontrolli meetodid valitakse vastavalt EN ISO 17637:2016:

- Visuaalne kontroll (VT) EN ISO 17637:2016, Tabel A.1
- Penetrantkatse (PT) EN ISO 17637:2016, Tabel A.2
- Magnetpulbri katse (MT) EN ISO 17637:2016, Tabel A.3

Kõik defektsed keevisliited, mis on avastatud nii visuaalselt kui ka teiste kontrollmeetoditega tulemusel peavad olema remonditud. Kõik remonditud keevisõmblused tuleb kontrollida, korrates esialgset protseduuri ning katsemeetodi.

5. KOKKUVÕTE

Töötades AS Liwathon E.O.S. hooldus- ja remondiosakonna juhataja ametikohal, tegeleb autor tihedalt kokku ettevõttele kuulvatel terminalidel tehnoloogiliste seadmete, torustike, ehitiste ja mahutite hoolduse ja remondiga. Käesoleva magistritöö objektiks oli Trendgate terminalis asuv terasest kütusemahuti nominaalmahuga 20000 m³. Töö eesmärgiks oli hinnata terasmahuti 20000 m³ tehnilise seisundi, koostada aruanne mahuti tehnilise seisukorra kohta, selgitada selle mahuti konstruktsioonide kõige kriitilisemad kohad välja. Mahuti konstruktsioonide (põhjaplaadid, põhjaäär, katuselehed, seinalehed) mõõtmisel saadud tulemused tuli analüüsida ning teostada kontrollarvutused eesmärgiga anda hinnang, kas mahuti on ohutu ning tehniliselt korras.

Teema on eriti aktuaalne, sest Liwathon E.O.S. mahutiparkides on ca 20 mahutit, mille eksploatatsiooniaeg ületab 30 aastat. Mahutite ehituslik kvaliteet ei olnud tol ajal kõrge. Lisaks enamikul juhtudel puudub teostusdokumentatsioon, arhiivides leidub tüüpprojekte ja mahutite passid. Tehnilise kontrollil tuleb neid mahuteid hinnata kaasaegsete normide vaatevinklist (nt API, EEMUA, EN), et kinnitada, et kütuse hoiustamine ohutu ning mahuti on korras.

Uurimistöödega platsil tegeles autor 2018. lõpus, pärast toimus arhiivmaterjali otsing ning saadud tulemuste analüüs, konstruktsioonide arvutamine. Uurimistööde järgselt on koostatud mahuti tehnilise kontrolli aruanne (33 lk). Väljavõtted sellest on toodud lõputöö tekstis ja Lisas 1. Kokkuvõtvalt võib välja tuua, et mahuti TK-1 on tehniliselt korras, vastab tehnilistele nõuetele ja on edasiseks kasutamiseks ohutu. Sõltumatu akrediteeritud ekspert Inspecta Estonia OÜ samuti andis hinnangu, et mahuti on korras, kõrvalekalded ei ületa lubatud norme. Samas autor pööras tähelepanu, et pika eksploatatsiooniaja tõttu esinevad mahuti põhjal ja seinadel sööbekohad. Põhja plaadid on mõnedes kohtades välja painutatud ning üle tõmmatud. Esineb lainelisus. Ilmselt põhjaplaatide alumisel poolel esineb ohtlik väliskorrosioon, mis ei ole kontrollitav ning mis võib tekitada avarii. Seinalehtedel esineb pinnapealset korrosiooni, mis küll ei ületa lubatud piire. Tehnilise kontrolli tulemuseks on teostada lähiaastatel mahuti TK-1 kapitaalne remont, mis hõlmaks mahuti tõstmist, aluse tasandamist ning põhjaplaadi asendamist.

Lõputöö osas 3 tehtud kontroll arvutuse näitasid, et konstruktsioonide tugevusomadused on veel piisavad. Küll on puudulik korrosioonivaru mahuti sein, mis peaks olema 1,6 mm, kuid tegelikult on ainult 1,13 mm, kuid ikkagi sein tugevuse tinguimused on täidetud. Ääreliite arvutuse kinnitasid, et ääreplaadid

vahetama ei pea. Neid võib jätta, kuid põhjaplaadid vajavad vahetamist. Antud osas on samuti arvatud ajutine tugi, mida tuleb kasutada kõne all oleva mahuti tõstmiseks põhja remondi tarbeks.

Töö neljandas osas on kirjeldatud mahuti põhja remondi tehnoloogia. Autor jagas kogu remonditöö loogilisteks etappideks, kirjeldas üksikasju. Eraldi on näidatud nõuded tuletöödele ning tööohutusele, kuna tegemist on eriti ohtliku kütuseterminaliga. Tähtis osa on tööde kvaliteedi kontroll, mille raames on kogutud mahuline materjal, mis määrab, millised kvaliteedinõuded tekkivad mahuti remondi teostamisel, sh. keevitus-, ehitus – ja värvimistöodel. Lisatud on nõuded hüdraulilisele katsetusele, mis on mahuti remondi viimaseks etapiks.

Autor täitis püstitatud ülesanded, so teostas seadusandluse, rahvusvaheliste ja kohalike standartide analüüsi, hindas mahuti tehniline seisukorra, koostas aruande Mahuti vajaliku remondi maht on selgitatud ning tehnoloogia on väljatöötatud. Tulemused on kinnitatud arvutustega. Lõputööle on lisatud joonised, mille alusel võib teostada remonditöid.

6. SUMMARY

Working for as AS Liwathon E.O.S. Maintenance and Repair Group Manager, author is closely involved in the maintenance and repair of technological equipment, pipelines, buildings and tanks of Liwathon oil terminals. The object of this work was a steel oil tank with nominal volume of 20,000 m³ located in the Trendgate terminal. The aim of the work was to make technical inspection of mentioned steel tank, to prepare a report of inspection of the tank, to find out most critical places of tank structures. The results of the measurements of the tank structures (bottom plates, bottom edge, roof sheets, shell sheets) were analyzed and control calculations were made in order to decide whether the tank TK-1 is safe for using and in good technical condition.

The thesis topic is particularly relevant for Estonia oil industry because only Liwathon E.O.S. has about 20 oil tanks which were in use 30 years or more. The construction quality of these tanks was not very high. In addition, in most cases there is no as-build documentation, the archives contain standard only design project and tanks passports. During technical inspection, these tanks must be evaluated from the point of view of modern standards (eg API, EEMUA, EN) in order to confirm that oil storage tank is safe.

Researches on the site were made at the end of 2018, after which author was looking for archival material and made analysis of the measurement results and calculation of steel structures. Next was made inspection report of the tank TK-1 (33 pages). Excerpts from this report are given in the text of the thesis and in Appendix 1. In summary, it can be stated that the tank TK-1 meets technical requirements and is safe for further operations. Independent accredited expert company Inspecta Estonia OÜ also assessed that the tank is in good condition, deviations do not exceed the permitted norms. At the same time, the author drew attention to the fact that due to the long service life, there are general corrosion on tank bottom and shell. Ripples were observed on tank bottom. Apparently, there is dangerous external corrosion on bottom plates, which is uncontrollable and can cause an accident. Minor general corrosion of tank shell was also observed, but it does not exceed the permitted limits. The result of the technical inspection showed, that company needs to plan repair works of the tank TK-1 next 2-3 years, which would include lifting the tank, leveling base and bottom and replacing the bottom plates.

The control calculation performed in part 3 of this work showed that the strength properties of the structures are still sufficient. Although there is no corrosion allowance on the tank wall, which should be 1,6 mm acc. to API 650, but in fact it is only 1.13

mm, but still technical condition of tank shell is average, it meets technical norms. The calculation of the bottom edge confirmed that the edge plates do not need repair. They can be left, but the bottom plates must be replaced. In this section of work also were made calculation of the temporary steel support for jacking of the tank.

Section no 4 of this work describes repair technology of the tank bottom. The author divided the whole repair work into logical stages, described the details. Requirements for fire work and occupational safety are shown separately, because object tank TK-1 is placed on dangerous oil terminal. Important part of this section is the quality control, control procedures and requirements were collected, incl. welding works, construction works and painting work. Requirements for hydraulic testing, which is the last stage of tank repair, are also shown in this part of work.

The author fulfilled the tasks of thesis, the analysis of legislation, international and local standards is performed, technical inspection of tank was made, technical report was prepared. The scope of necessary repairs works was determined and technology of repair works was developed. The results are confirmed by calculations. Drawings attached to this work are the basis for future repair work.

7. KASUTATUD KIRJANDUSE LOETELU

- [1] Above ground flat bottomed storage tanks - a guide to inspection, maintenance and repair. (2017). EEMUA Publication 159 edition 5. London : EEMUA, 2017.
- [2] API Standart 650. Welded tanks of oil storage. American Petroleum Institute, 2016.
- [3] API Standart 653. Tank Inspection, Alteration and Reconstruction. American Petroleum Institute, 2003
- [4] AS Liwathon E.O.S. terminal Trendgate. Ohutusalane teave. [www]
<https://liwathoneos.com/www/assets/2019/04/Ohutusalane-teave-TRENDGATE-2019.pdf> (10.05.2020)
- [5] AS Vopak E.O.S. mahutite hingamisavade kontrollarvutuste tegemine vastavalt normile EN ISO 28300. Töö nr 10300-0026. Tallinn: Sweco Projekt, 2010.
- [6] Auditi kohustusega seadmed ja nõuded auditile ning auditi tulemuste esitamisele - *Riigi Teataja* I, 29.10.2019, 14.
- [7] Ehitiste tuleohutus. Osa 5: Kütuseterminalide ja tanklate tuleohutus : EVS 812-5:2014. Tallinn : Eesti Standardikeskus, 2014.
- [8] Ehitusprojekt : EVS 932:2017. Tallinn : Eesti Standardikeskus, 2017.
- [9] Ehitusseadustik – *Riigi Teataja* I, 21.12.2019, 5.
- [10] EN ISO 9692-1:2004/AC:2012 Keevitus ja külgnevadprotsessid. Soovitused liidete ettevalmistamiseks. Osa1: Teraste käsikaarkeevitus, kaarkeevitus kaitsegaasis, gaaskeevitus, TIG-keevitus ja kiirguskeevitus.
- [11] Eurokoodeks. Ehituskonstruksioonide projekteerimise alused : EVS-EN 1990:2002. Tallinn : Eesti Standardikeskus, 2002.
- [12] Eurokoodeks 1: Ehituskonstruksioonide koormused. Osa 1-3: Üldkoormused. Lumekoormus : EVS-EN 1991-1-3:2006. Tallinn : Eesti Standardikeskus, 2016
- [13] Eurokoodeks 1: Ehituskonstruksioonide koormused. Osa 1-4: Üldkoormused. Tuulekoormus : EVS-EN 1991-1-4:2005. Tallinn : Eesti Standardikeskus, 2007.
- [14] Eurokoodeks 3: Teraskonstruksioonide projekteerimine. Osa 1-1: Üldreeglid ja reeglid hoonete projekteerimiseks : EVS-EN 1993-1-1:2005. Tallinn : Eesti Standardikeskus, 2015.
- [15] Eurokoodeks 3: Teraskonstruksioonide projekteerimine. Osa 1-8: Liidete projekteerimine : EVS-EN 1993-1-8:2005. Tallinn : Eesti Standardikeskus, 2012.

- [16] Hempel kataloog. Hempadur 15570. [www].
<https://www.hempel.com/products/hempadur-15570-15570> (12.05.2020)
- [17] Jäätmeseadus – *Riigi Teataja* I, 21.12.2019, 6.
- [18] Kemikaaliseadus – *Riigi Teataja* I, 06.05.2020, 11.
- [19] Liwathon E.O.S. kodulehekülg. [www] <https://liwathoneos.com/> (23.05.2020)
- [20] Külmad asfaltsegud. Kataloog Bornit Baltic OÜ. [www]
<http://bornitbaltic.ee/tootekategooria/teedeehituses-kasutatavad-tooted/kulmad-asfaltsegud/> (10.05.2020)
- [21] Mahuti tehnilise seisundi visuaalse kontrolli läbiviimine. AS Liwathon E.O.S. Juhend TehP02-J06 v3. Maardu, 2018.
- [22] Malik Z., jt. Ovalization of Cylindrical Tanks as a Result of Foundation Settlement. *Journal of Strain Analysis*, Vol. 12, no 4, 1977, 339-348
- [23] Metallist tööstustorustik. Osa 2: Materjalid : EVS-EN 13480-2:2017/A2:2018. Tallinn : Eesti Standardikeskus, 2018.
- [24] Metallist tööstustorustik. Osa 4: Valmistamine ja paigaldamine : EVS-EN 13480-4:2017. Tallinn : Eesti Standardikeskus, 2018.
- [25] Metallist tööstustorustik. Osa 5: Kontroll ja katsetamine : EVS-EN 13480-5:2017/A1:2019. Tallinn : Eesti Standardikeskus, 2019.
- [26] Nafta-, naftakeemia- ja maagaasitööstused. Atmosfääri- ja madalrõhu hoiumahutite õhutamine : EVS-EN ISO 28300:2008. Tallinn : Eesti Standardikeskus, 2008.
- [27] Plahvatusohtlikud keskkonnad. Osa 10-1: Piirkondade liigitus. Plahvatusohtlikud gaaskeskkonnad : EVS-EN 60079-10-1:2016. Tallinn : Eesti Standardikeskus, 2016.
- [28] Seadme ohutuse seadus – *Riigi Teataja* I, 13.03.2019, 153.
- [29] Sisenemine kinnisesse ruumi. Juhend nr OTKP04-v1. Liwathon E.O.S., 2012
- [30] Specification for the design and manufacture of site built, vertical, cylindrical, flat-bottomed, above ground, welded, steel tanks for the storage of liquids at ambient temperature and above : EVS-EN 14015:2004. Tallinn : Eesti Standardikeskus, 2004.
- [31] Surface preparation and protective coating. Norsok standard : M-501. Norway : Norwegian Oil Industry Association, 2004.

- [32] Tank bottom scanners. Magnetic Flux Leakige. HTM Inc.[www]
http://www.hmttank.com/MFL%20brochure%2010_30_2008.pdf
- [33] Tarbijakaitse ja Tehnilise Järelevalve Ameti infosüsteem. [www]
<https://jvis.ttja.ee/> (23.05.2020)
- [34] Teras- ja alumiiniumkonstruktsioonide valmistamine. Osa 2: Tehnilised nõuded teraskonstruktsioonidele : EVS-EN 1090-2:2018. Tallinn : Eesti Standardikeskus, 2018.
- [35] Trendgate. Mahuti TK-1 visuaalne kontroll. Aruanne. – Maardu, 2018
- [36] Töötervishoiu ja tööohutuse seadus – *Riigi Teataja* I, 13.03.2019, 177.
- [37] Купрейшвили, С.М. Вертикальные цилиндрические резервуары с плавающими крышами. - Монтажные и специальные работы в строительстве, 2013, 2, 2-16.
- [38] Порываев, И.А. Совершенствование стационарных крыш вертикальных цилиндрических резервуаров: диссертация. Уфа, Уфимский Государственный Нефтяной Технический Университет, 2016.
- [39] Сталь низколегированная конструкционная. Марки и общие технические требования: ГОСТ 5058-65. Москва: Издательство стандартов, 1967.
- [40] ТП 704-1-29. Стальные резервуары для нефтепродуктов, предназначенные для эксплуатации в условиях низких температур. Резервуар емкостью 20000 м³. Альбом II. Рабочие чертежи КМ для районов со снеговой нагрузкой 150кг/м². Москва: Центральный институт типовых проектов, 1966.
- [41] ТП 704-1-60. Резервуар стальной вертикальный цилиндрический для нефти и нефтепродуктов емкостью 20000 м³. Альбом 1 Конструкции металлические резервуара. Москва: ЦНИИПроектстальконструкция, 1966.

LISA NR 1. MAHUTI TEHNILISE KONTROLLI TABEL

Item	Description	Size [mm]	As built thickness [mm]	Thickness previous inspection [mm]	Min thickness current inspection [mm]	Retirement limit (description)	Calculated retirement limit [mm]	Acceptable?
1	Roof plate		4 mm	Unknown	3,76	no perforations (2 mm in 500x500 mm area)	2,2 mm	PASS
2	Shell plate (Course 1)		13 mm	Unknown	12,76	API 653 Section 4.3.3.1	10,8 mm	PASS
3	Annular plate		8 mm	Unknown	8,18	EEMUA 159, Appendix A2, figure 1.1.2	5 mm	PASS
4	Bottom plate		6 mm	Unknown	4,54	2,5 mm	2,5 mm	PASS
5	Shell nozzles							
	Reserved	DN125	10 mm	Unknown	9,80	50% metal loss	5 mm	PASS
	Thermal oil	DN125	10 mm	Unknown	9,75	50% metal loss	5 mm	PASS
	Thermal oil	DN125	10 mm	Unknown	9,80	50% metal loss	5 mm	PASS
	Thermal oil	DN125	10 mm	Unknown	9,78	50% metal loss	5 mm	PASS
	Thermal oil	DN125	10 mm	Unknown	9,96	50% metal loss	5 mm	PASS
	Low suction	DN200	12,5 mm	Unknown	13,23	50% metal loss	6,25 mm	PASS
	Product line	DN600	12,5 mm	Unknown	12,09	50% metal loss	6,25 mm	PASS
	Manhole	DN500	11 mm	Unknown	12,92	50% metal loss	5,5 mm	PASS
	Reserved	DN250	12,5 mm	Unknown	12,60	50% metal loss	6,25 mm	PASS
	Oval manhole	600x900	11 mm	Unknown	13,26	50% metal loss	5,5 mm	PASS
6	Roof nozzles							
	Manhole/Venting nozzle	DN1000	5 mm	Unknown	4,61	50% metal loss	2,5 mm	PASS
	Venting nozzle	DN400	8 mm	Unknown	8,10	50% metal loss	4 mm	PASS
	Venting nozzle	DN400	8 mm	Unknown	8,62	50% metal loss	4 mm	PASS
	Venting nozzle	DN400	8 mm	Unknown	9,23	50% metal loss	4 mm	PASS
	Light hatch	DN500	8 mm	Unknown	8,25	50% metal loss	4 mm	PASS
	HiHi switch	DN100	6 mm	Unknown	5,04	50% metal loss	3 mm	PASS
	Sample hatch	DN150	6 mm	Unknown	5,83	50% metal loss	3 mm	PASS
	Radar	DN500	6 mm	Unknown	5,66	50% metal loss	3 mm	PASS
	Central well	DN500	8 mm	Unknown	6,75	50% metal loss	4 mm	PASS
7	Edge settlement			Unknown	<0,067	$RZF_{max}=0,1667$ (EEMUA 6.5.2)	$H/B=0,1667$	PASS
8	Differential settlement			Unknown	129 mm	API 653	285 mm	PASS
9	Planar tilt			Unknown	<100 mm	EEMUA 159, section 6.5.1	224 mm	PASS
10	Internal pipes							
	Heating coils	DN50	2,9 mm	Unknown	2,99	50% metal loss	1,45 mm	PASS

LISA NR 2. MAHUTI TEHNILISE AUDITI PROTOKOLL

Inspecta Estonia OÜ

EAK poolt akrediteeritud inspekteerimisasutus I002

SURVESEADME KORRALINE AUDIT

Paikne anum

Protokolli nr. **105-18-0861** Kuupäev: **28.09.2018**

Paigaldise registreerimisnumber: **03-0046-101**

Auditi läbiviimise aeg: **27.09.2018**

Omanik	Nimi: AS Vopak E.O.S.
	Registrikood: 10715645
	Aadress: Harju maakond, Tallinn, Pirita linnaosa, Pirita tee 102
	Telefon: 3726266100
	E-post: info@vopakeos.com
Valdaja	Nimi: AS Vopak E.O.S.
	Registrikood: 10715645
	Aadress: Harju maakond, Tallinn, Pirita linnaosa, Pirita tee 102
	Telefon: 3726266100
	E-post: info@vopakeos.com
Järelevaataja	Nimi: Heiki Karu
	Isikukood: 37204130222
	Telefon: 3725057230
	Pädevustunnistus: SSS 935-17

Seadme andmed	Asukoht: Harju maakond, Maardu linn, Peterburi tee 105		
	Valmistaja: Sevzapenergomontaž		
	Valmistamise aasta	1977	Töörõhk, bar
	Tüüp	vertikaalne	Temperatuur, °C
	Mark	xx	Maht, m ³
	Toote tähis	teadmata	Otstarve
	Asendiplaani nr	1	Keskkond
			rõhuvaba

Auditi tulemused:

Hindamise alusnormid: seadme ohutuse seadus, majandus- ja taristuministri 16.07.2015 määrus nr 95 "Auditi kohustusega seadmed ja nõuded auditile ning auditi tulemuste esitamisele"

Teostatud auditi toiming(ud):

Kasutatud kontrollivahendid: Ultraheli paksusmõõtja SA-40 nr.P097.Käsilamp IL-60 nr.R246.

Tähistused: *K* - korras, vastab nõuetele; *M* - ei ole korras, ei vasta nõuetele; *O* - ei ole asjakohane, ei kuulu kontrollimisele

Dokumentatsioon						
Anuma täitedokumentatsioon	K	Kasutusjuhendid			K	
Anuma sildiandmete vastavus	K					
Anuma tehniline korrasolek ja toimimine						
<i>Konstruktsioon</i>						
Korrosioonikaitse	O	Toed	K	Kaitsewann/vall	K	
Anum	K	Kinnitused	K	Luugi tihendid	O	
Teeninduskaev	O	Keevisliited	K	Redelid	K	
Vaheseinad	O	Sulgeseadmed	K	Piirded, käiguteed	K	
<i>Ohutusseadmed</i>						
Üle-ja alarõhuklapid	O	Pontoonid	O	Heitklapid	O	
<i>Lisavarustus</i>						
Mööteriistad	O	Lekkekontrollisüsteem	O	Jälgimissüsteem	O	
Maandus (sillad, plaadid, kaablid)		K	Ühendatud torustike seisukord			K
Maanduse mõõtmiste teostus		K				

Märkused:

Visuaalsel uuringul ilmnes anuma põhja keskosas deformatsioon(ülespoole),mis on soovitatav kõrvaldada remondiga.Anuma põhjal kogu ulatuses ilmnes sujuv lainelisus.Anuma põhjal korrosiooni kahjustusi ei ilmnenud.Anuma põhi on värvimata.Anuma seinapaksus 1.võöl oli mõõtmisel piirides 12,73...13,63mm,Põhja ääre materjali paksus oli mõõtmisel piirides 8,18...9,63mm,põhja materjali paksus oli piirides 4,54...7,56mm,Põhi keskosas 5,86...7,44mm.Kalibreerimisplaadi paksus oli 9,79...9,82mm.Anuma keskel oleva posti paksus oli 8,51...8,65mm.Registrid DN50 parempoolne 2,99...3,89mm ja vasakpoolne 3,24...4,06mm.

Otsus: Tehniliselt korras, vastab nõuetele ja on edasiseks kasutamiseks ohutu

Järgmise auditi läbiviimise aeg: Visuaalne 09.2022, Kasutus 08.2019

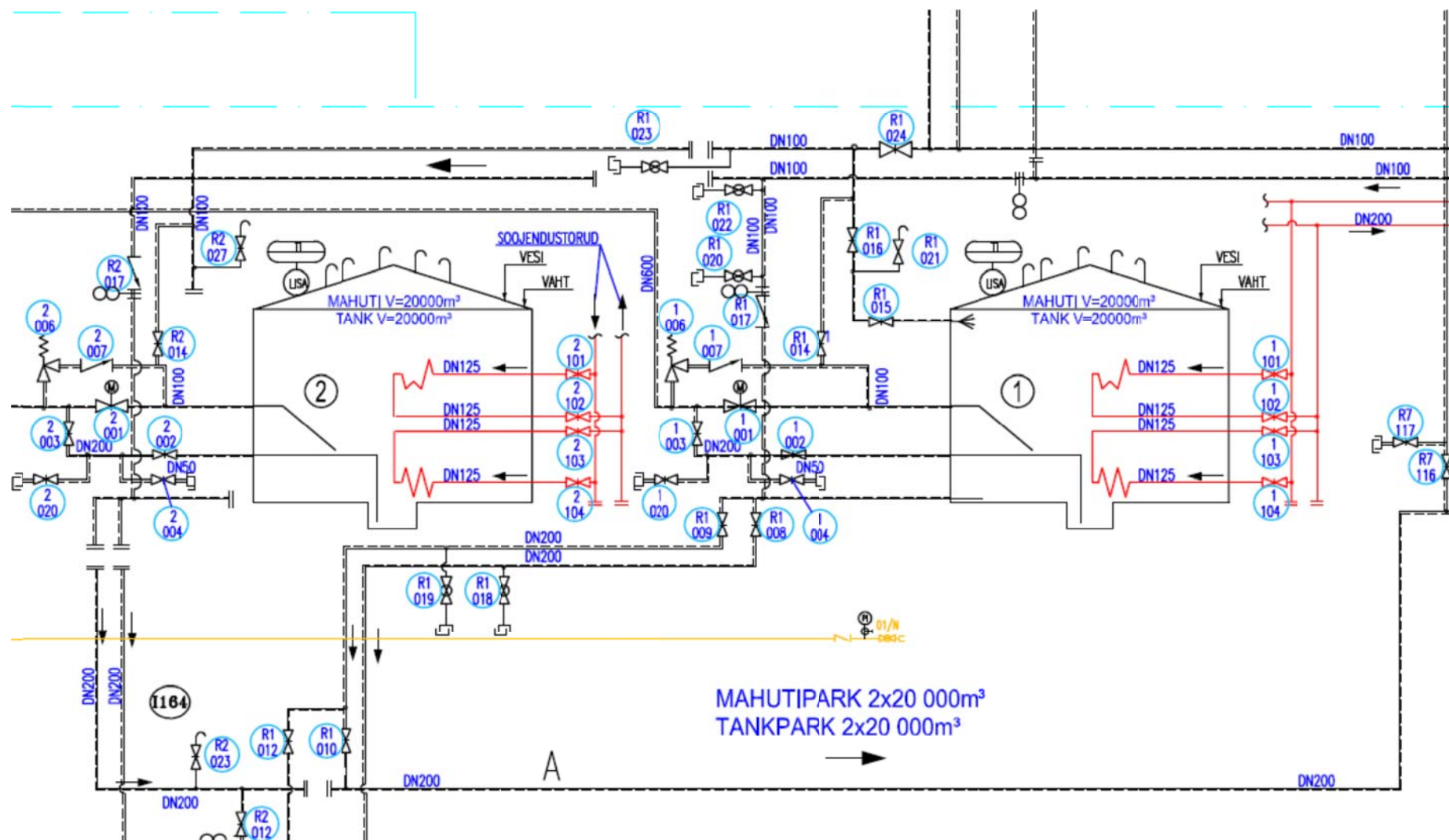
Juures viibis: Heiki Karu

Ekspert: Aado Liblikmann, 5164414

Inspecta Estonia OÜ
Teaduspargi tn 8,Tallinn
659 9470
estonia@inspecta.com

Käesoleva auditi protokollil näol on tegemist õiguslikku tähendust omava digitaalse dokumendiga. Auditi dokumendid on leitavad tehnilise järelevalve infosüsteemist:
<https://jvis.tja.ee>

LISA NR 3. TEHNOOLOGILISE PROTSESSI SKEEM



GRAAFILINE OSA

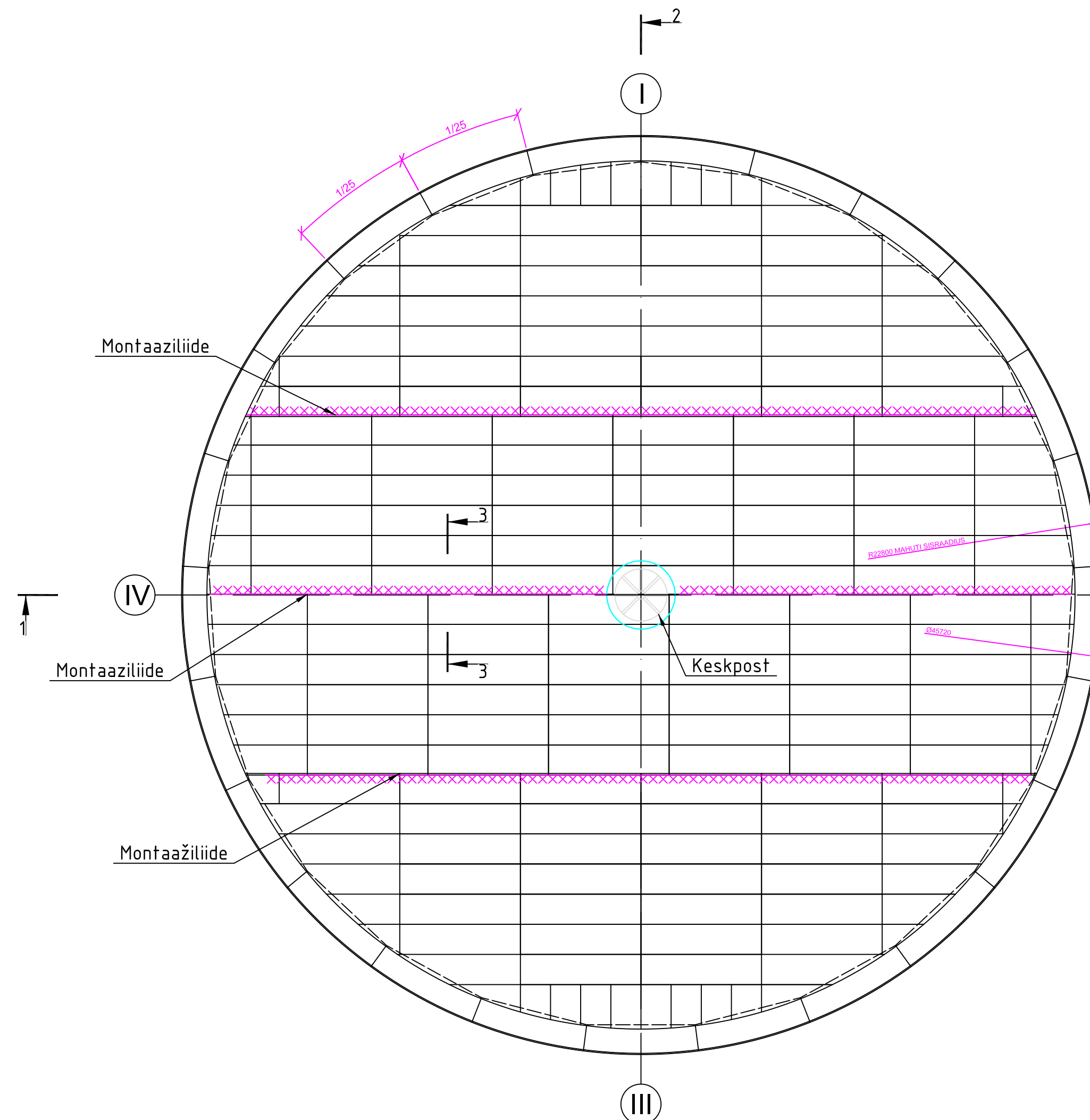
Joonis 1. A2 formaadis joonis. Mahuti TK-1 olemasoleva põhja plaan.

Joonis 2. A2 formaadis joonis. Uus põhjaplaat.

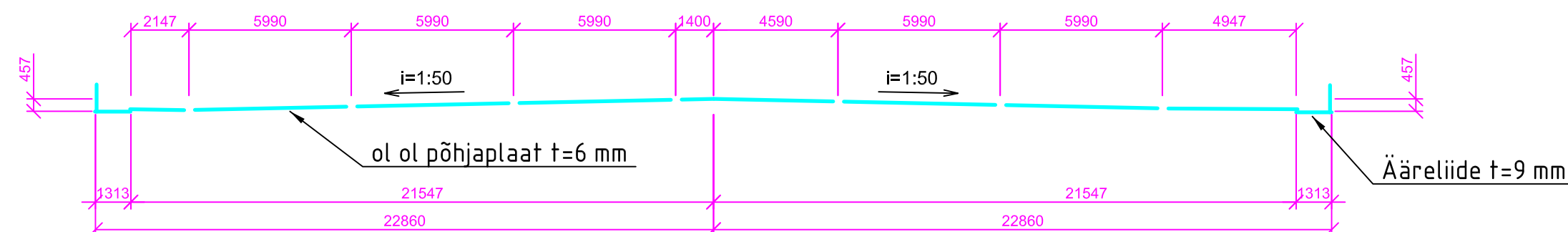
Joonis 3. A2 formaadis joonis. Mahuti tõstmine.

Joonis 4. A2 formaadis joonis. Toe konstruktsioon

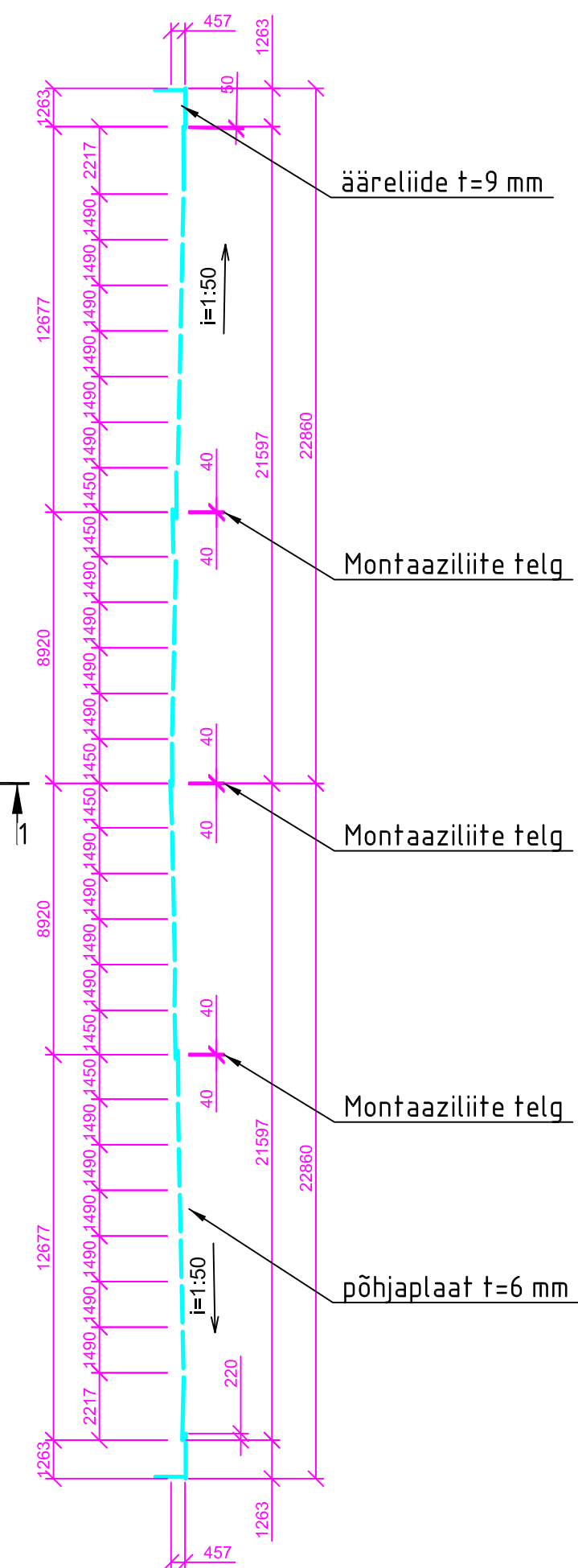
PÕHJAPLAATIDE PLAAN



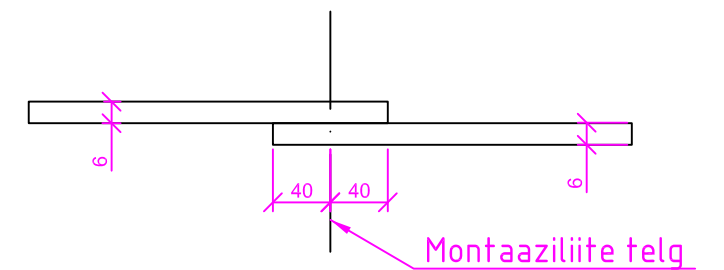
LÖIGE 1-1



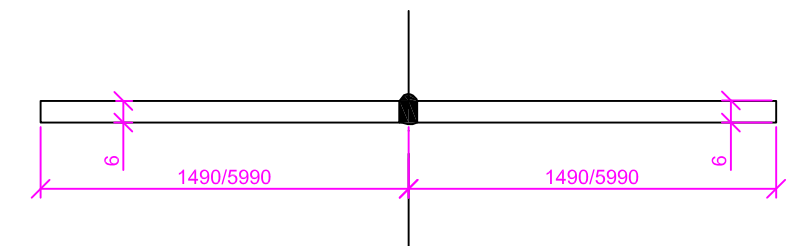
LÖIGE 2-2



LÖIGE 3-3

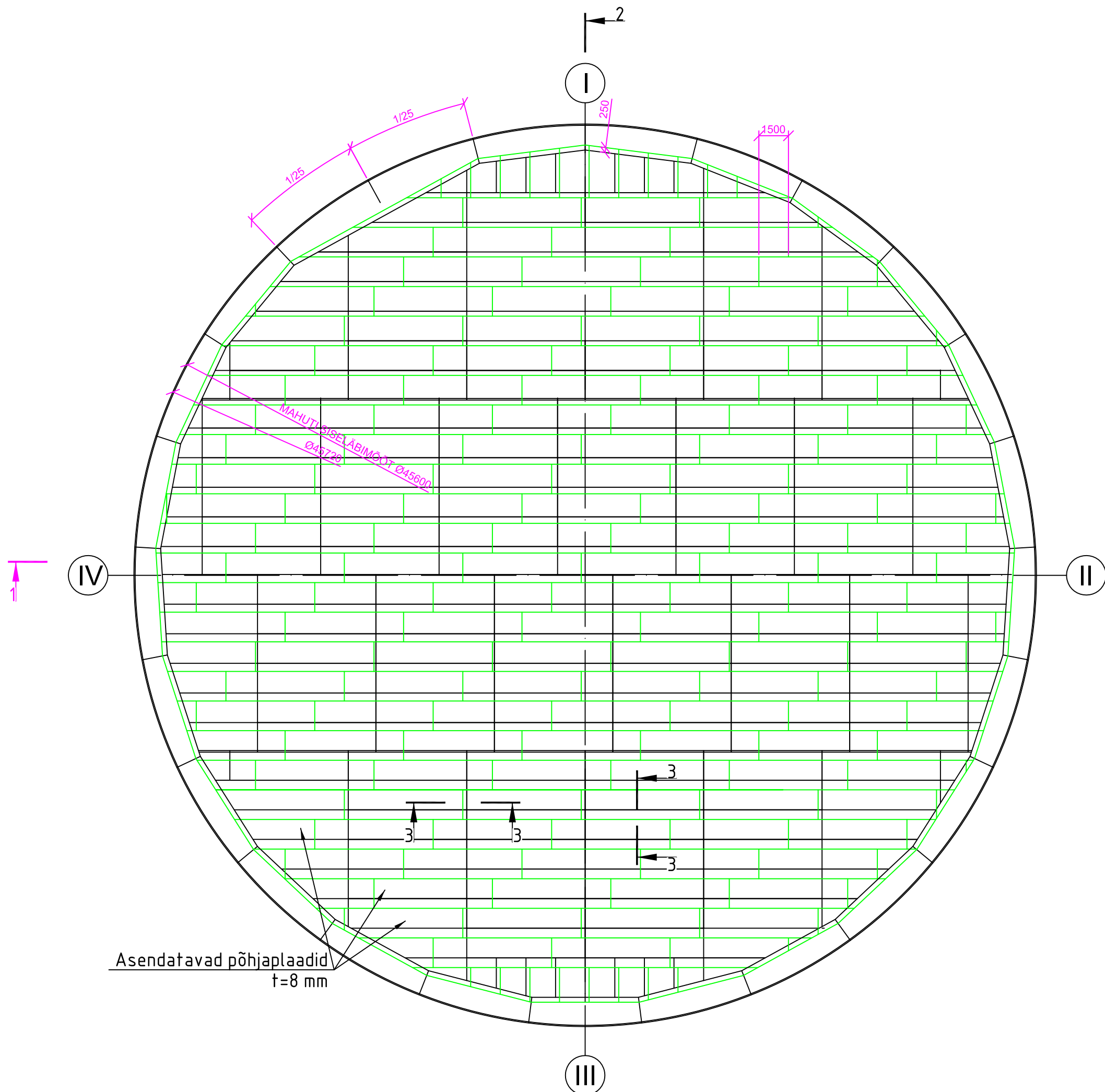


LÖIGE 4-4

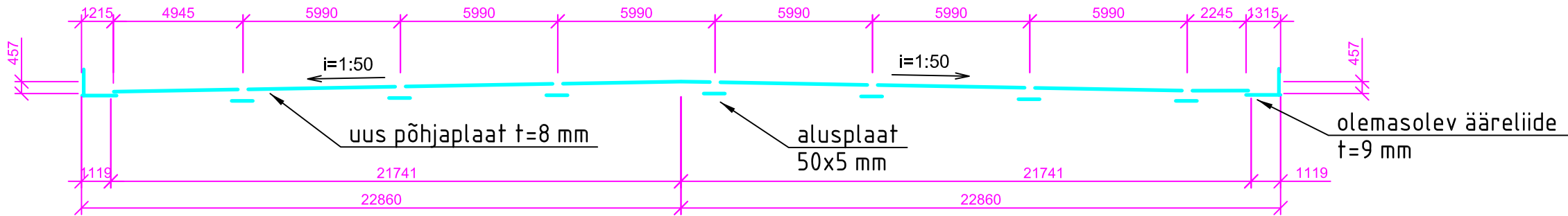


Teostas	M.Kuznetsov	16.05.20	Nimetus			
Kontrollis			Olemasolev põhja plaat			
Kinnitas			Objekt			
			TRENDGATE, Jaama tee 7 MAHUTI TK-1			
C:\Users\F\Dropbox\Magistritöö\Joonisid\minu\joonised.dwg						
TALLINNA TEHNIKAÜLICOOL Inseneriteaduskond Mehaanika - ja tööstustehnika instituut			Töö			
			TERASEST MAHUTI 20 000 m3 SEISUKORRA MÄÄRAMINE JA REMONDI TEHNOLOOGIA VÄLJATÖÖTAMINE			
Projekt nr		Etap	Leht	Version	Mõõkava	
		TP	1	1	1:200	

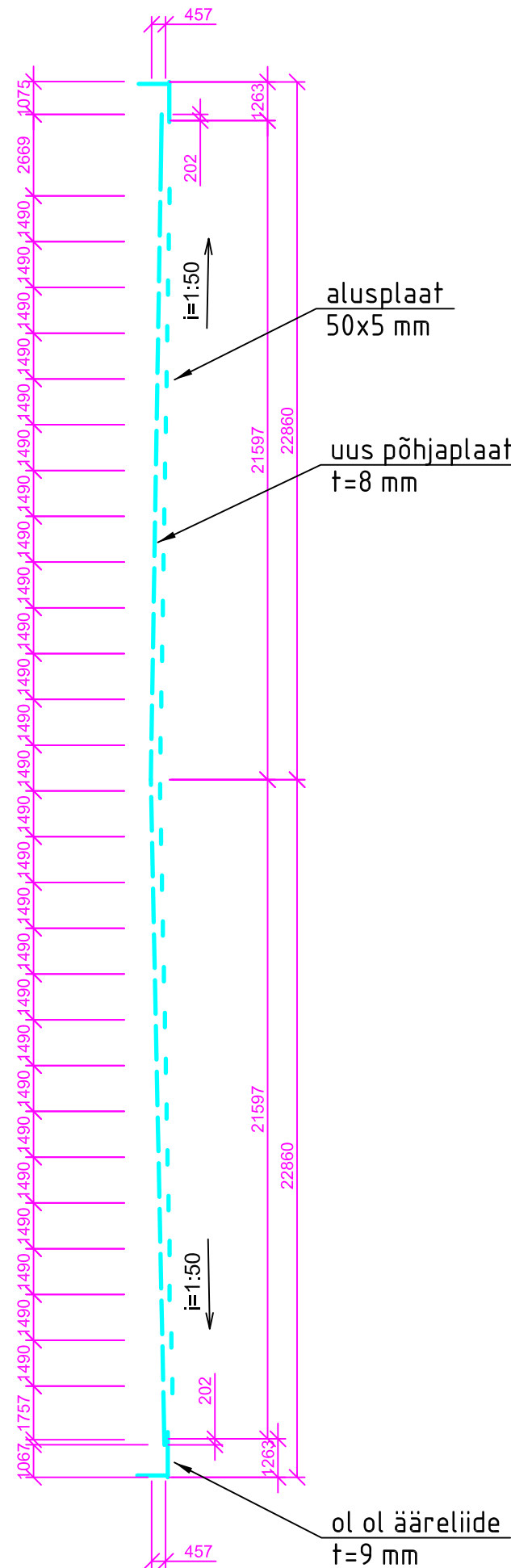
PÕHJAPLAATIDE PLAAN



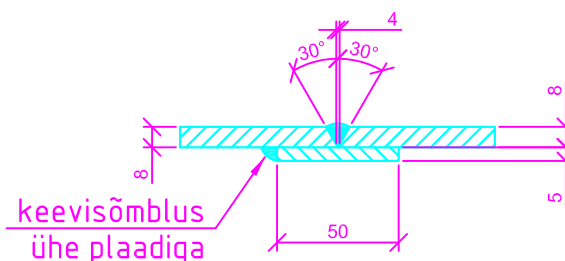
LÕIGE 1-1



LÕIGE 2-2



LÕIGE 3-3



MATERJALIDE LOETELU

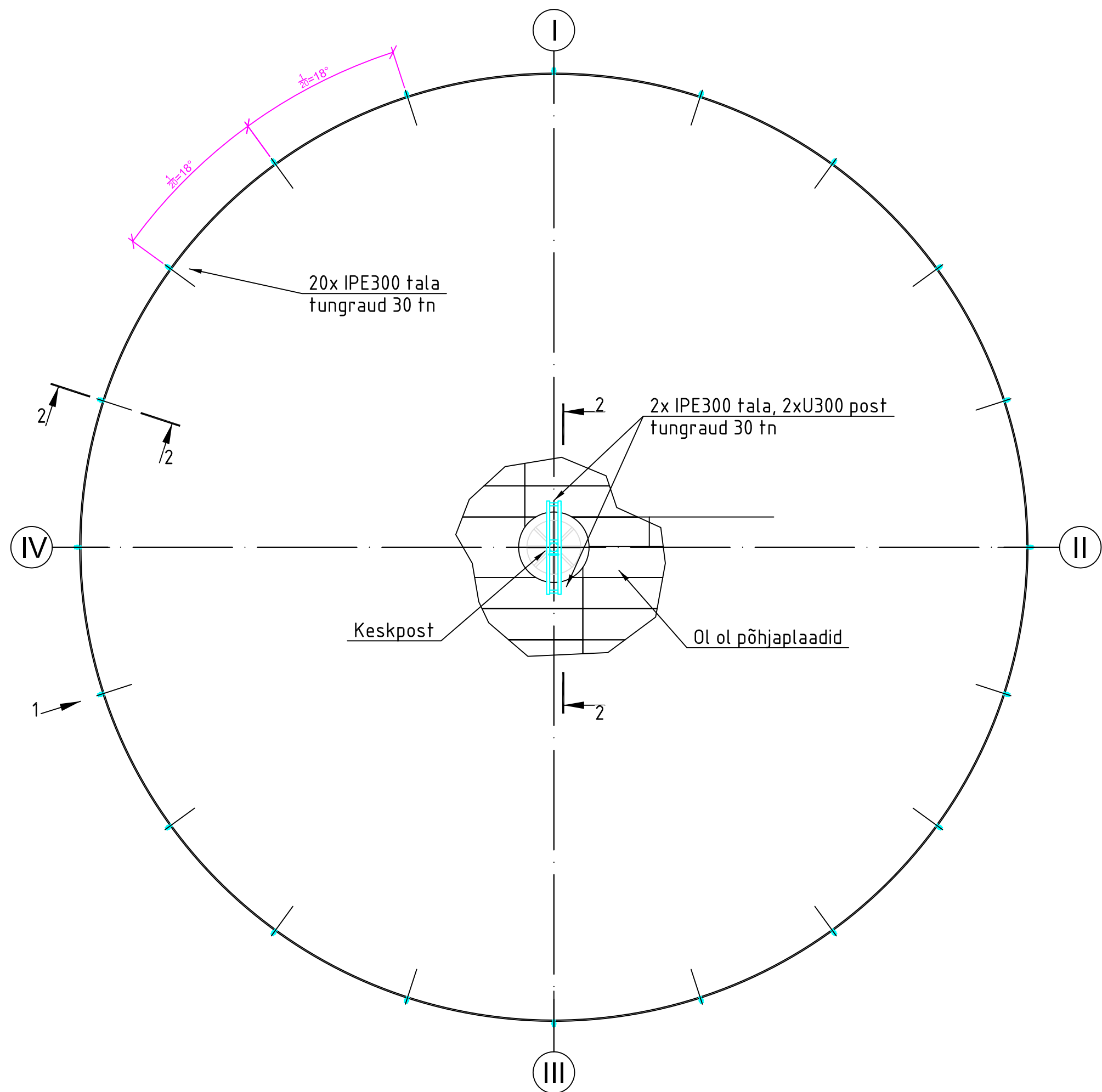
MATERJAL	NIMETUS	RÕHK	ÜHIK	ARV	Ühiku mass	Kogumass, kg
S235JR	Ribateras 50x5, EVS EN 10025		jm	1300	1,95	2535
S235JR	Lehtteras 1500x6000, t=8 mm EVS EN 10025		m2	1475	62,4	92040
Kinnitusdetailid			tk	25		
	KOKKU					94575

uus põhjaplaat
demonteeritav põhjaplaat

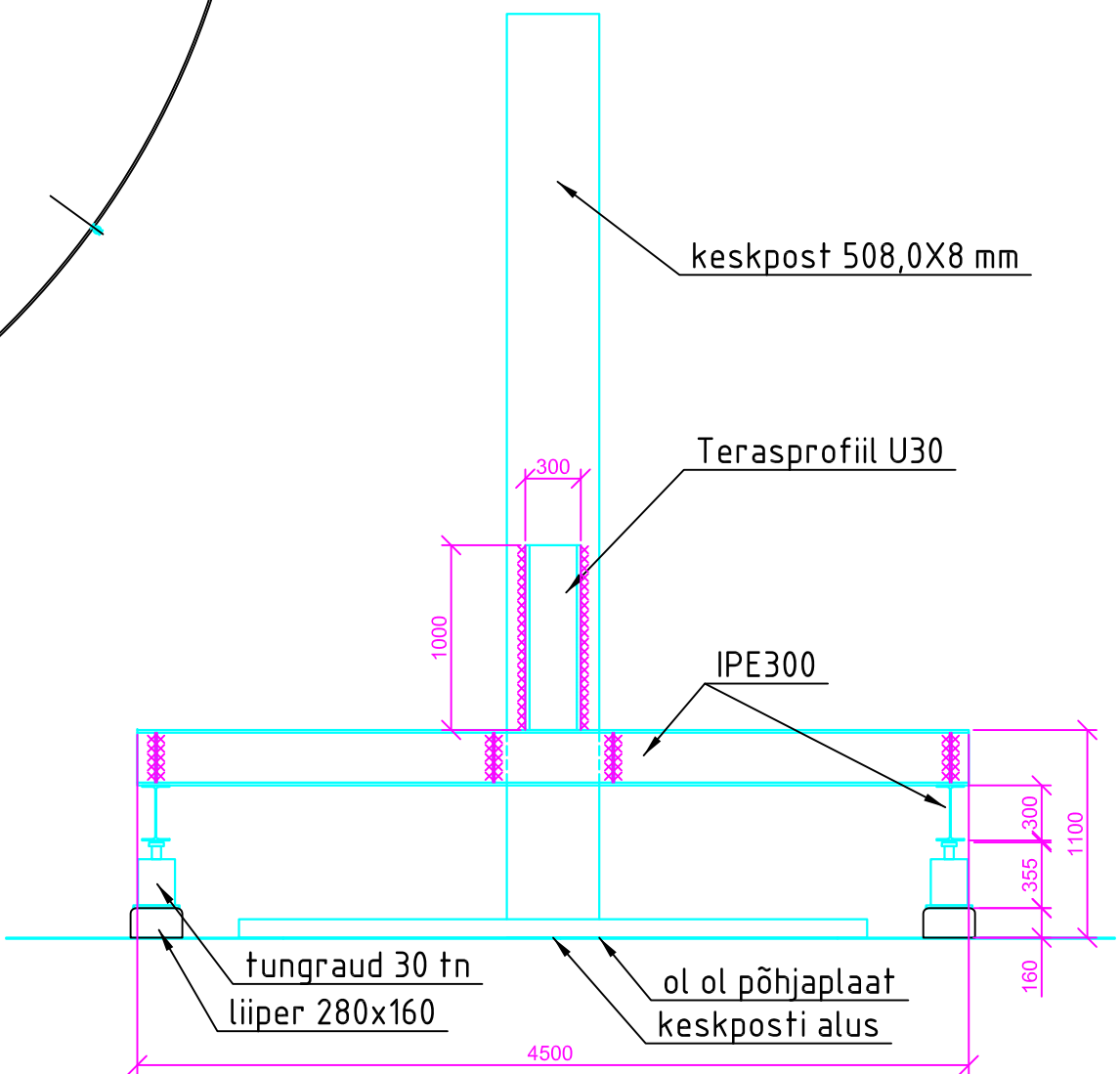
- MÄRKUSED:
- KEEVISED TEOSTADA ELEKTROODIDEGA, MIS VASTAVAD KEEVITAVATE MATERJALIDE MARKIDELE
 - MINIMAALNE ÜLEKATE ÄÄRELIKME JA PÕHJALEHE MONTAAZÕMBLUSES 80 MM
 - PÕHJAPLAADI KOGUMASS ON 105,7 tn, sh. REKONSTRUEERITAV OSA 91,9 tn
 - OL OLEV PÕHJAPLAAT LÕIGATA ÄÄRELIIGE KEEVIÕMBLUSE KOHAS NING EEMALDADA, ALLESJÄÄV ÄÄRELIIDE PUHASTADA
 - KEEVISJÄLED TASANDADA, TERAVID OSAD ÜMARDADA

Teostas	M.Kuznetsov	16.05.20	Nimetus	UUS PÕHJAPLAAT
Kontrollis			Objekt	TRENGATE, Jaama tee 7
Kinnitas				MAHUTI TK-1
C:\Users\HP\Dropbox\Magistritöö\joonised\minu\joonised.dwg				
TALLINNA TEHNIKAÜLIKOOL			Töö	
Inseneriteaduskond			TERASEST MAHUTI 20 000 m3	
Mehaanika - ja tööstustehnika instituut			SEISUKORRA MÄÄRAMINE JA	
			REMONDI TEHNOLOOGIA VÄLJATÖÖTAMINE	
Projekti nr	Elapp	Leht	Version	Mõõtkava
	TP	2	1	1:200

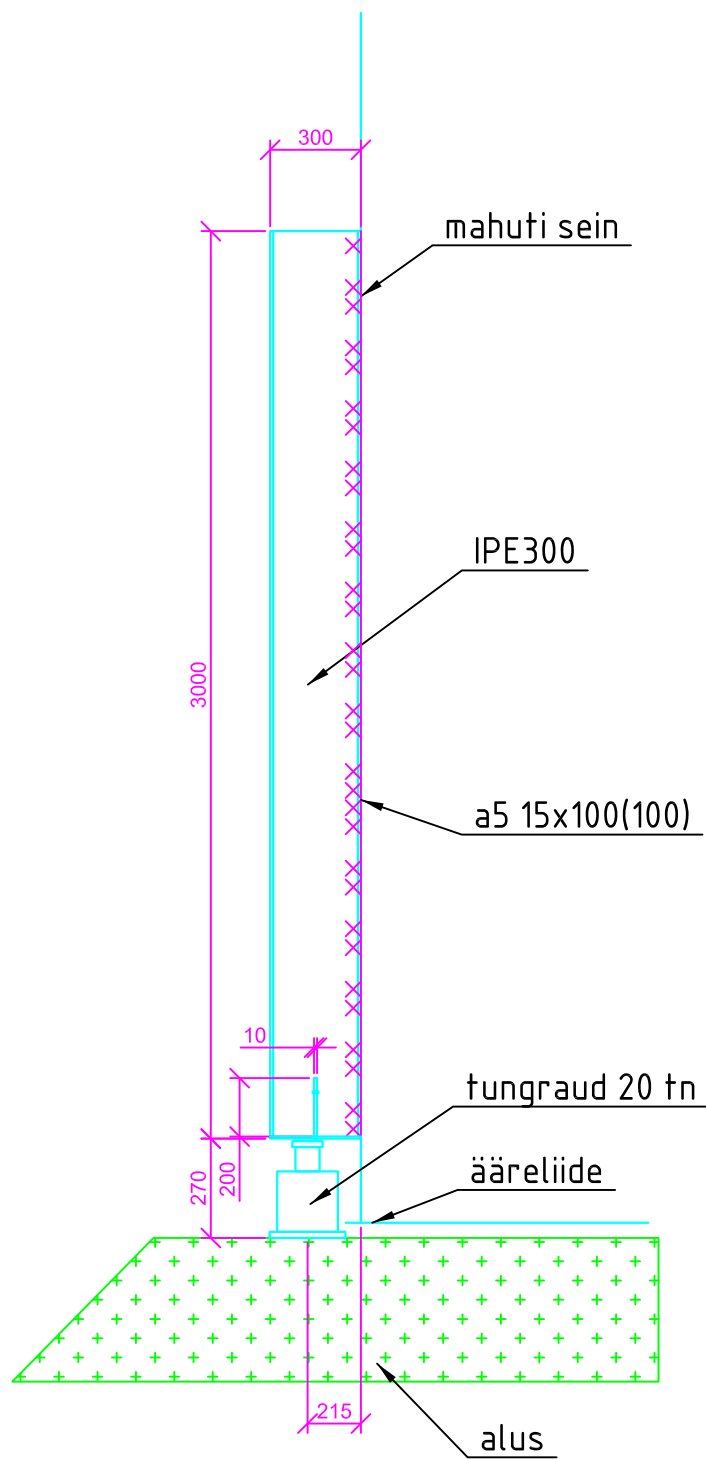
MAHUTI TÕSTEKOHAD



LÕIGE 1-1



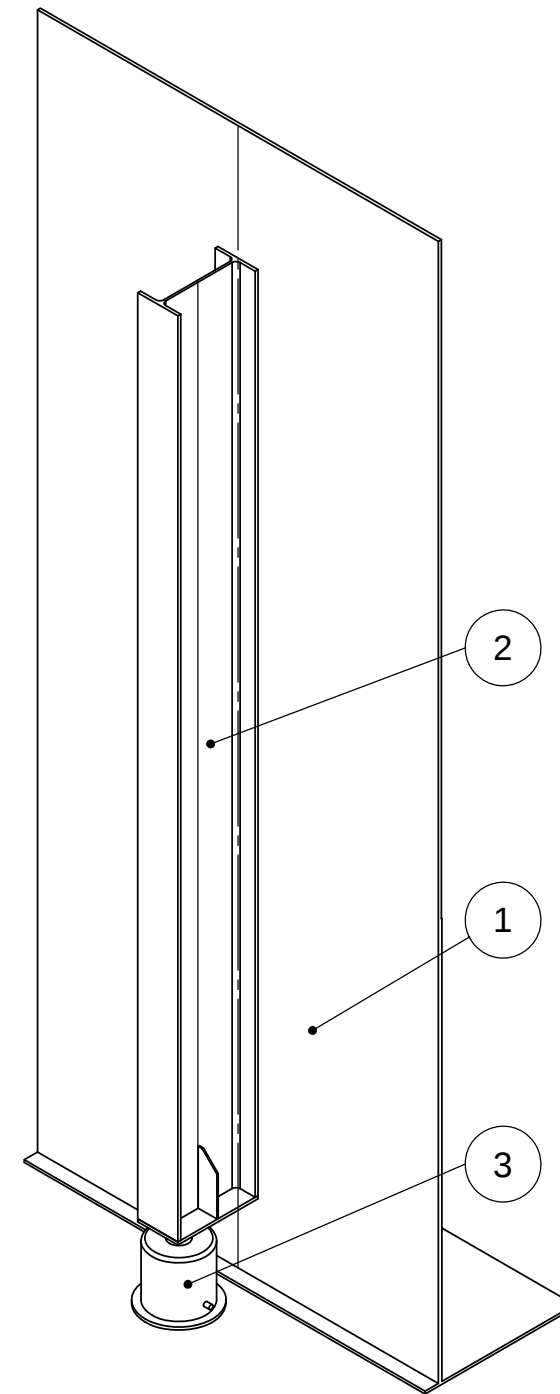
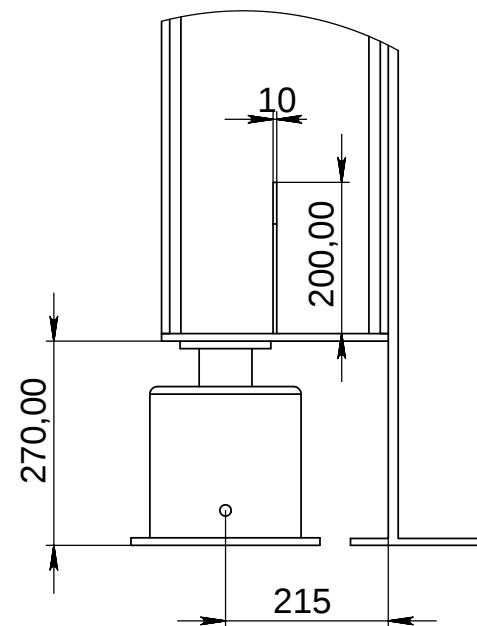
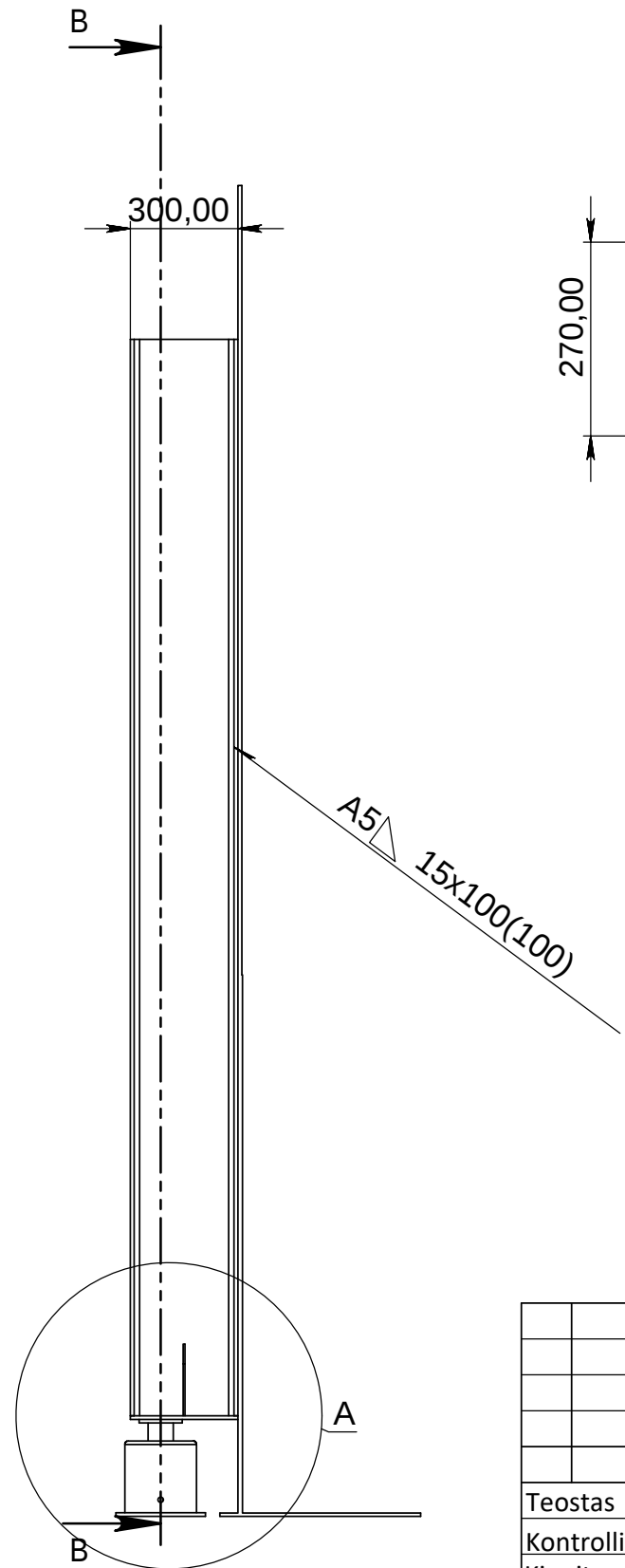
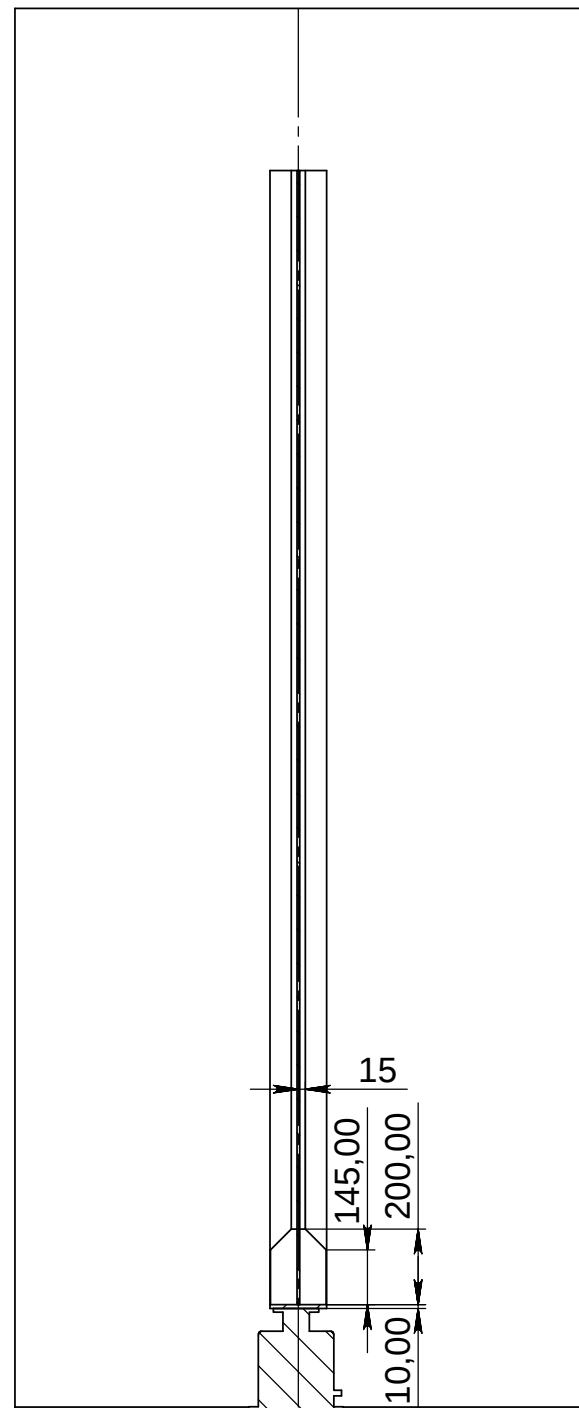
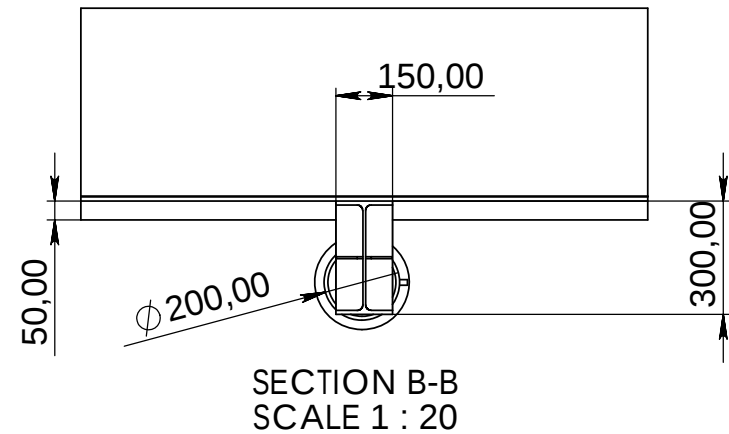
LÕIGE 2-2



VAADE 1

- MÄRKUSED:
- MAHUTI KOGUMASS ON 390 tn (TÕSTETAV OSA 330 tn)
sh. TERASKONSTRUKTSIOONID 380 tn, SOOJUSTUS 12,5 tn, KATTEPROFIIL 4 tn,
TT TORUSTIK JA MAHUTI SEADMED 5 tn
 - KASUTADA HÜDRAULILINE TUNGRAUD 20 tn (KOKKU 22 tk)
 - TUGEDE MONTEERIMISEL JÄLGIDA, ET NEED EI SATUKS MAHUTI SEINA
KEEVISÖBLUSTELE JA ANKRUGRUPPIDE EEMAL
 - ARVESTATUD ÜHEAEGSELT 20 TÕSTEKOHAGA.

Teostas	M.Kuznetsov		16.05.20	Nimetus	MAHUTI TÕSTMINE				
Kontrollis				Objekt	TRENDGATE, Jaama tee 7				
Kinnitus					MAHUTI TK-1				
C:\Users\HP\Dropbox\Magistritöö\Joonised\minu\joonised.dwg									
TALLINNA TEHNIKAÜLIKOOL Inseneriteaduskond Mehaanika - ja tööstustehnika instituut				Töö	TERASEST MAHUTI 20 000 m3 SEISUKORRA MÄÄRAMINE JA REMONTI TEHNOLOOGIA VÄLJATÖÖTAMINE				
				Projekti nr	Elaapp	Leht	Version	Mõõtka	
						TP	3	1	1:200



					TALLINNA TEHNICAÜLIKOOL INSENERITEADUSKOND									
					TERASEST MAHUTI 20000 m3 SEISUKORRA MÄÄRAMINE JA REMONDI TEHNOLOOGIA VÄLJATÖÖTAMINE				Nr		Mass	Mõõtkava		
														1:50
Teostas	Kuznetsov			18.05					Leht 4		Lehti 4			
Kontrollis														
Kinnitas					TRENDGATE, Jaama tee 7 MAHUTI TK-1				MAHUTI TÕSTMINE					