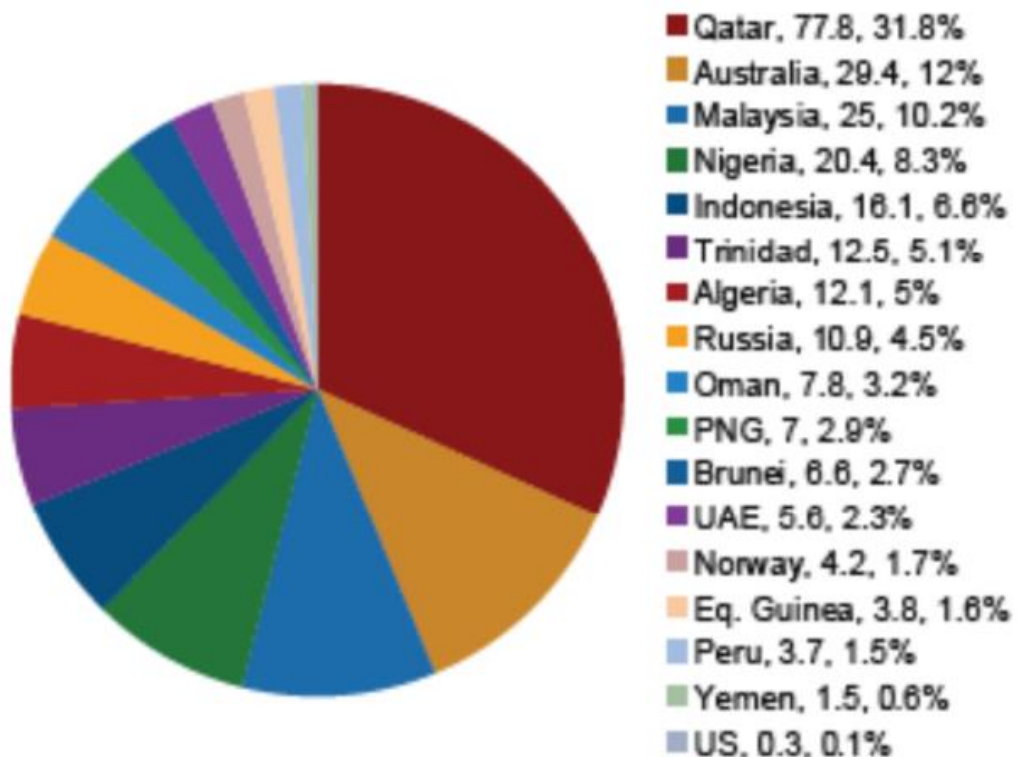




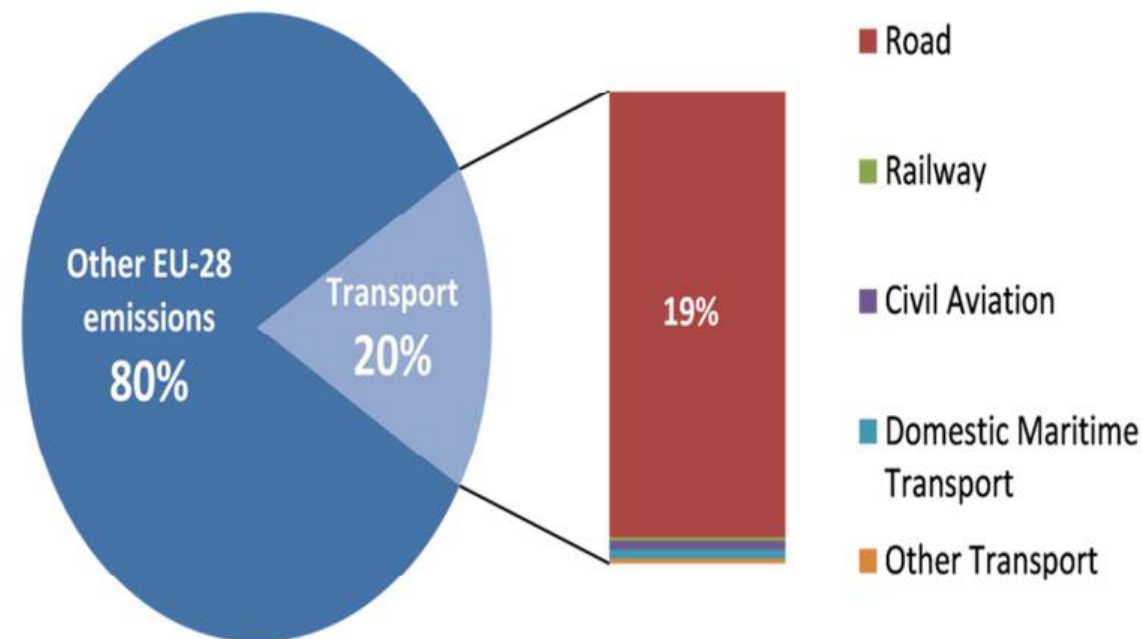
Nowoczesne konstrukcje wagonów cystern do transportu gazów w stanie ciekłym

Jarosław Konieczny

Katedra Transportu Kolejowego



Rys. 1. Eksport LNG i udział w rynku według krajów (2016 International Gas Union World LNG Report).
www.igu.org/download/file/fid/2123



Rys. 2. Emisje gazów cieplarnianych z sektora transportu;
<http://climatepolicyinfohub.eu/are-transport-emissions-mobilizing-eu-policy-response>

Krótką historia wagonów cystern:

- **1865:** Po raz pierwszy w transporcie ropy naftowej z pól Pensylwanii podczas gorączki naftowej w Pensylwanii po raz pierwszy wykorzystuje się platformy z drewnianymi deskami lub pokładami zamontowanymi na górze.
- **1869:** Zbiorniki z kutego żelaza, o przybliżonej pojemności 3500 galonów amerykańskich (13 m^3) na samochód, zastępują drewniane zbiorniki.
- **1888:** Producenci cystern sprzedają jednostki bezpośrednio do koncernów naftowych o pojemności od 6 000 do 10 000 galonów amerykańskich ($23\text{--}38 \text{ m}^3$).
- **1903:** Firmy produkujące cysterny *opracowują normy bezpieczeństwa konstrukcji*. W eksploatacji jest ponad *10 000 cystern*.
- **1915:** Przemysł cystern opracowuje system klasyfikacji, aby zapewnić prawidłowe dopasowanie typu cysterny do wysyłanego produktu. W użyciu jest około *50 000 cystern*.
- **1930:** 140 000 cystern przewozi około 103 towarów. Lata czterdzieste: Praktycznie każda cysterna jest zaangażowany w transport ropy naftowej w ramach działań wojennych. 1945–
- **1950:** *Spawanie* zastępuje *nitowanie* w konstrukcji wagonów cystern (zarówno ramy, jak i zbiorniki) dla głównych producentów, w tym American Car & Foundry i General American.
- **1950:** Rurociągi i cysterny zaczynają konkurować o transport płynny.
- **1963:** Union Tank Car Company wprowadza cysternę „Whale Belly”.



Drewniany kiwon, Muzeum Ropy Naftowej, Taft, Kern, Kalifornia, USA, (2019)

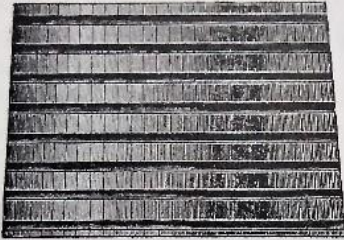
Rys. 3. Gorączka naftowa w Pensylwanii, 1864



Rys. 4. Gorączka naftowa w Pensylwanii, 1864



OIL STORAGE AND TRANSPORTATION



WOODEN TANK

Fig. 9143

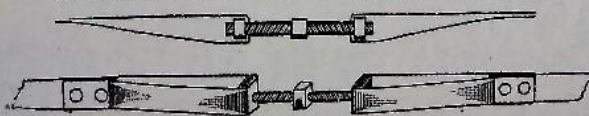
Made to order Prices furnished on application.

42 gallons equal one barrel, standard oil measurement.

DIMENSIONS AND WEIGHTS

Diameter feet	Length of staves feet	Number of hoops	Capacity gallons	Shipping weight lbs.	Diameter feet	Length of staves feet	Number of hoops	Capacity gallons	Shipping weight lbs.
3	3	3	158	220	12	12	12	9,658	3,091
4	4	4	321	361	13	6	6	5,378	2,138
5	4	4	587	605	13	8	8	7,363	2,556
6	4	4	720	588	13	12	12	11,333	3,481
6	6	5	1,145	776	14	8	8	8,540	2,765
7	4	4	983	694	14	12	12	13,146	3,796
7	6	5	1,559	921	14	14	13	15,449	4,280
8	4	4	1,294	840	15	6	5	7,160	2,530
8	6	5	2,031	1,096	15	8	8	9,804	3,093
8	8	7	2,781	1,372	15	12	12	15,090	4,130
9	4	4	1,623	971	15	16	15	19,070	4,943
9	6	5	2,577	1,260	16	6	5	8,147	2,886
9	8	8	3,529	1,653	16	8	8	11,155	3,370
10	4	4	2,006	1,124	16	12	12	17,170	4,529
10	6	5	3,182	1,454	16	14	13	20,179	4,080
10	8	8	4,357	1,784	16	16	16	23,187	5,878
11	4	4	2,428	1,307	18	8	8	14,118	4,091
11	6	5	3,850	1,679	18	12	12	21,780	5,370
11	8	8	5,272	2,079	18	16	16	29,184	6,750
12	4	4	2,891	1,414	20	14	14	31,334	6,850
12	6	5	4,582	1,843	20	16	16	38,035	7,734
12	8	8	6,274	2,280	24	16	16	51,889	10,400
11	11	10	7,405	2,532	....	....	....	....	....

TANK HOOP CONNECTION—WARE'S PATENT—Fig. 9146

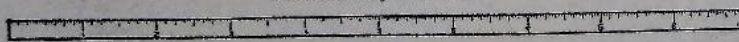


To tighten the hoops of wooden tanks

Complete.....\$1 00 Bolt only.....\$0 50 Straps only per pair, \$0 50

GAUGE ROD—Fig. 9147

For measuring oil in tank

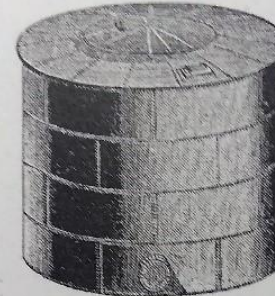


Per foot.....\$0 20

OIL STORAGE AND TRANSPORTATION

STEEL STORAGE TANK

Fig. 9148



SPECIFICATIONS OF STEEL TANKS

Ranging from 150 barrels to 35,000 barrels capacity, to hold either crude or refined petroleum. If tanks are required for water or liquids heavier than petroleum, heavier iron should be used.

SPECIFICATIONS OF OIL STORAGE TANKS

Capacity (barrels of 42 gallons each) about	150	200	250	300
Diameter	9	14	14	14
Height	14	8	10	12
Number of rings in shell	3	2	2	3
Thickness of first ring (B. W. G.)	No. 7	No. 7	No. 7	No. 7
Thickness of second ring	No. 8	No. 8	No. 8	No. 8
Thickness of third ring	No. 8	.....	.....	No. 8
Thickness of bottom	No. 8	No. 8	No. 8	No. 8
Size of bottom angle	2 x 2 x $\frac{1}{4}$	2 x 2 x $\frac{1}{4}$	2 x 2 x $\frac{1}{4}$	2 x 2 x $\frac{1}{4}$
Size of top angle	2 x 2 x $\frac{1}{4}$	2 x 2 x $\frac{1}{4}$	2 x 2 x $\frac{1}{4}$	2 x 2 x $\frac{1}{4}$
Thickness of sheets for tight riveted roof	No. 12	No. 12	No. 12	No. 12

Capacity (barrels of 42 gallons each) about	350	400	500	.....
Diameter	14	18	18	.....
Height	14	9 $\frac{1}{2}$	12	.....
Number of rings in shell	3	2	3	.....
Thickness of first ring (B. W. G.)	No. 7	No. 7	No. 6	.....
Thickness of second ring	No. 8	No. 8	No. 7	.....
Thickness of third ring	No. 8	.....	No. 8	.....
Thickness of bottom	No. 7	No. 7	No. 7	.....
Size of bottom angle	2 x 2 x $\frac{1}{4}$	2 $\frac{1}{2}$ x 2 $\frac{1}{2}$ x $\frac{1}{8}$	2 $\frac{1}{2}$ x 2 $\frac{1}{2}$ x $\frac{1}{8}$	.....
Size of top angle	2 x 2 x $\frac{1}{4}$	2 x 2 x $\frac{1}{4}$	2 x 2 x $\frac{1}{4}$	.....
Thickness of sheets for tight riveted roof	No. 12	No. 12	No. 12	.....

Capacity (barrels of 42 gallons each)..... about	1,000	2,000	3,000	4,000	5,000	10,000
Diameter.....feet	30	30	30	35	43	54
Height.....feet	8	16	24	24	20	25
Number of rings in shell.....	2	4	5	5	4	6
Thickness of first ring (B. W. G.).....	No. 7	No. 5	No. 3	No. 3	No. 3	No. 3
Thickness of second ring.....	No. 8	No. 6	No. 4	No. 4	No. 4	No. 3
Thickness of third ring.....	.....	No. 7	No. 5	No. 5	No. 5	No. 4
Thickness of fourth ring.....	.....	No. 8	No. 6	No. 6	No. 6	No. 5

Ball, Norman Roger. *"Petroleum Technology in Ontario During the 1860s."* Toronto Institute for the History and Philosophy of Science and Technology. MA thesis, University of Toronto, 1972.

Gray, Earle. *Ontario's petroleum legacy: the birth, evolution and challenges of a global industry.* Edmonton, Alta: Heritage Community Foundation, 2008.

Kemp, Emory Leland, and Michael W. Caplinger. *19th century petroleum technology in North America.* Morgantown: West Virginia University, 2007.

Oil Well Supply Co. *Illustrated catalogue of the Oil Well Supply Co., Pittsburgh, Pa., also Bradford, Oil City, Pa., and New York City, U.S.A.* New York: E.P. Coby & Co., cop., 1892

Peckham, Stephen Farnum. 1884. *Report on the production, technology, and uses of petroleum and its products.* Washington: Government Printing Office.



Rys. 5. Zbiornik – C. Domrandt, rok produkcji 1905; cysterna, dwuosiowy, hamulcowy z budką



Rys. 6. Cysterna „whale belly” NCTX 33091



Rys. 7. W 2013 r. Wykoleił się pociąg z ropą - mniej wybuchową niż skroplony gaz ziemny. Jedna z cystern, które wykoleiły się podczas katastrofy w Lac Mégantic, Quebec.

INPUT PARAMETERS

Fuel Spill Volume (V)	28920.00 liters
Fuel Spill Area or Dike Area (A_{dike})	39.02 m ²
Mass Burning Rate of Fuel (m'')	0.099 kg/m ² -sec
Effective Heat of Combustion of Fuel ($\Delta H_{c,eff}$)	46000 kJ/kg
Fuel Density (ρ)	585 kg/m ³
Empirical Constant ($k\beta$)	1.4 m ⁻¹
Ambient Air Temperature (T_a)	25.00 °C
Gravitational Acceleration (g)	9.81 m/sec ²
Ambient Air Density (ρ_a)	1.18 kg/m ³
Calculate	

Note: Air density will automatically correct with Ambient Air Temperature (T_a) Input

Summary of Results

Heat Release Rate Calculation

(Liquids with relatively high flash point, like transformer oil, require localized heating to achieve ignition)

$$Q = m'' \Delta H_{c,eff} (1 - e^{-k\beta D}) A_{dike}$$

Answer	Q =	177687.87 kW	168416.12 Btu/sec
---------------	------------	---------------------	--------------------------

Burning Duration Calculation

$$t_b = 4V / \pi D^2 v$$

Answer	$t_b =$	4379.57 sec	72.99 minutes
---------------	---------------------------	--------------------	----------------------

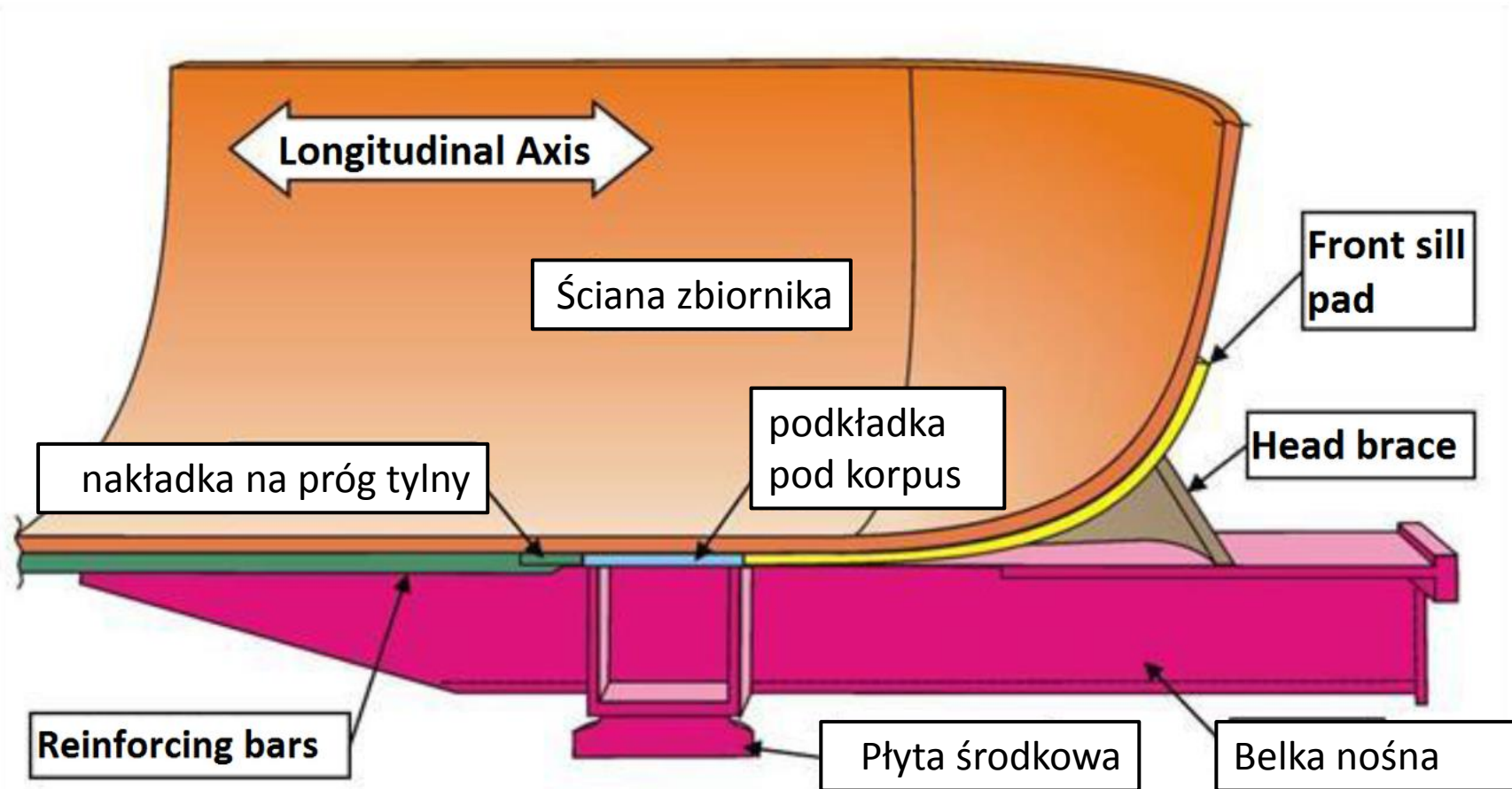
Flame Height Calculation

Method of Heskestad
 $H_f = 0.235 Q^{2/5} - 1.02 D$

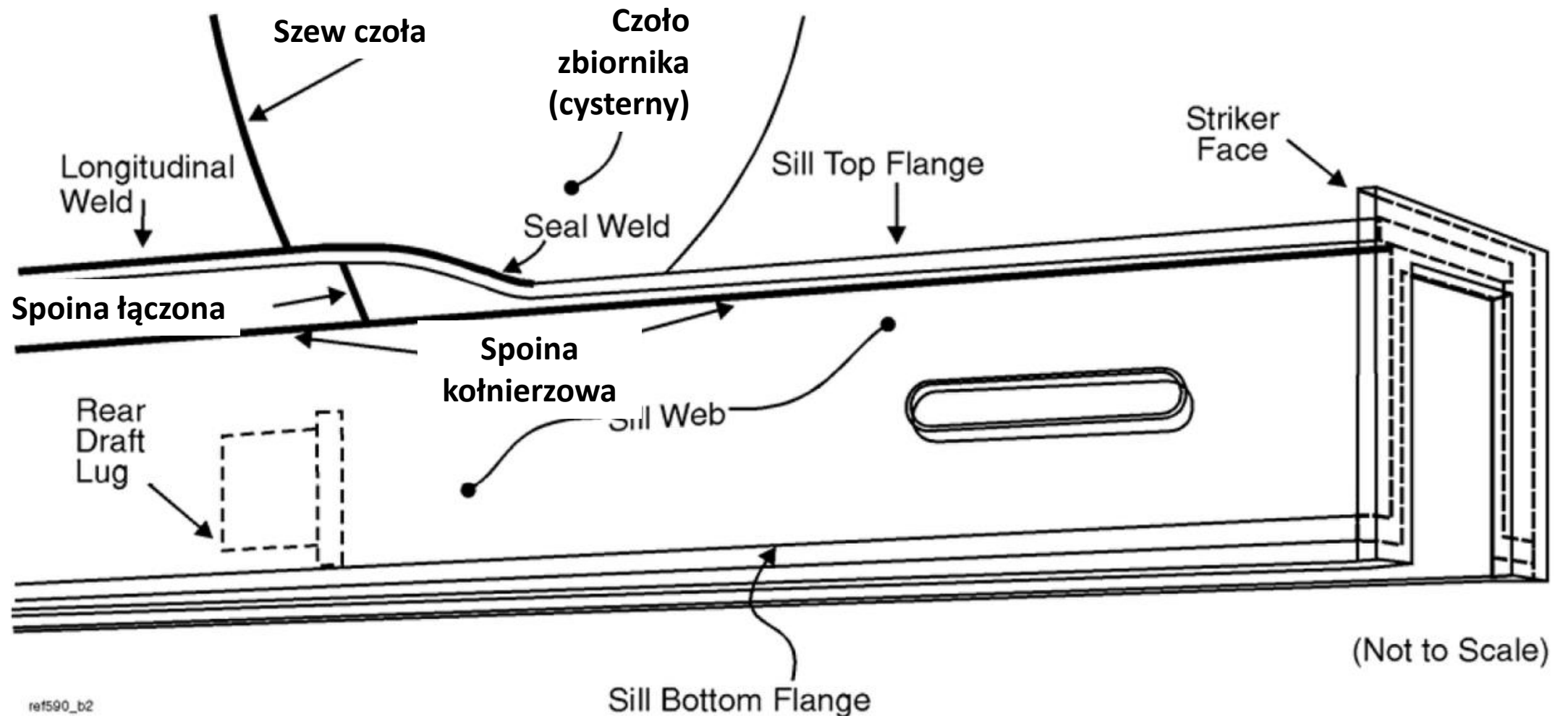
Method of Thomas
 $H_f = 42 D (m'' / (\rho_a \sqrt{g D}))^{0.61}$

Answer	METHOD OF HESKESTAD	22.39 m
	METHOD OF THOMAS	17.89 m

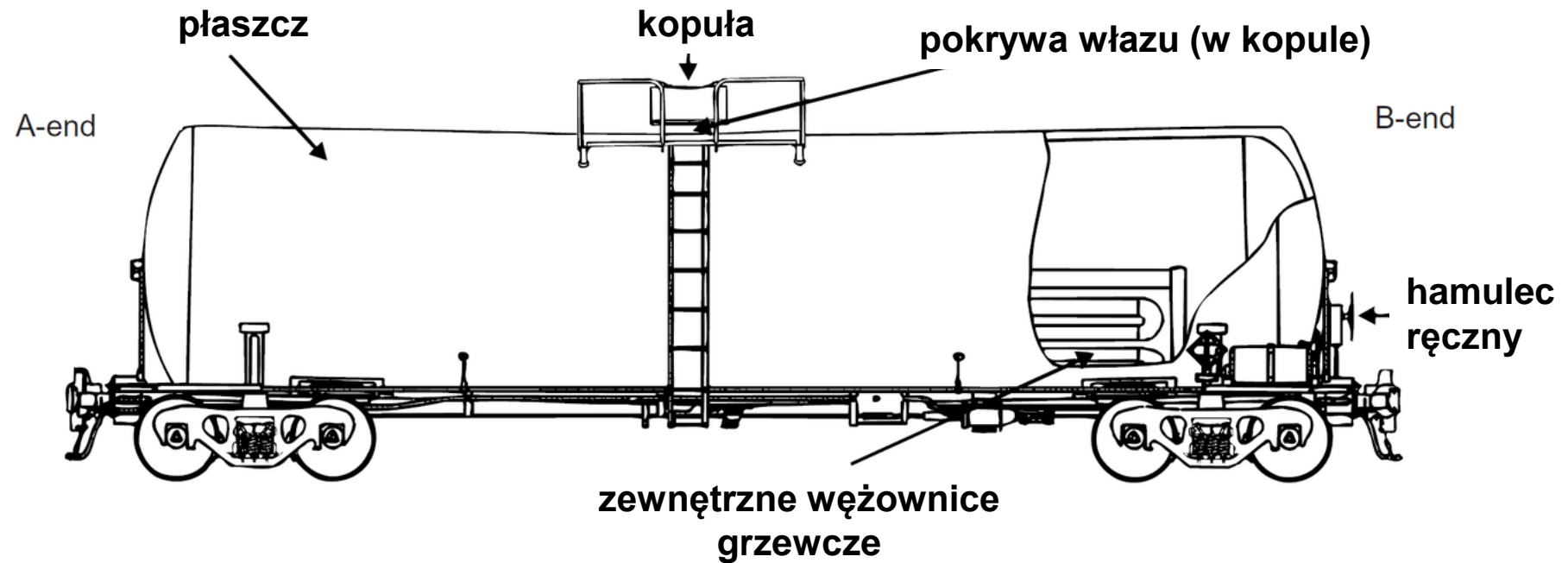
Rys. 8. Obliczone parametry źródła ognia dla ciekłego propanu



Rys. 9. Schematyczny przekrój (bez skali) końca cysterny pokazujący główne komponenty.



Rys. 10. Schematyczny przekrój (bez skali) belki nośnej cysterny



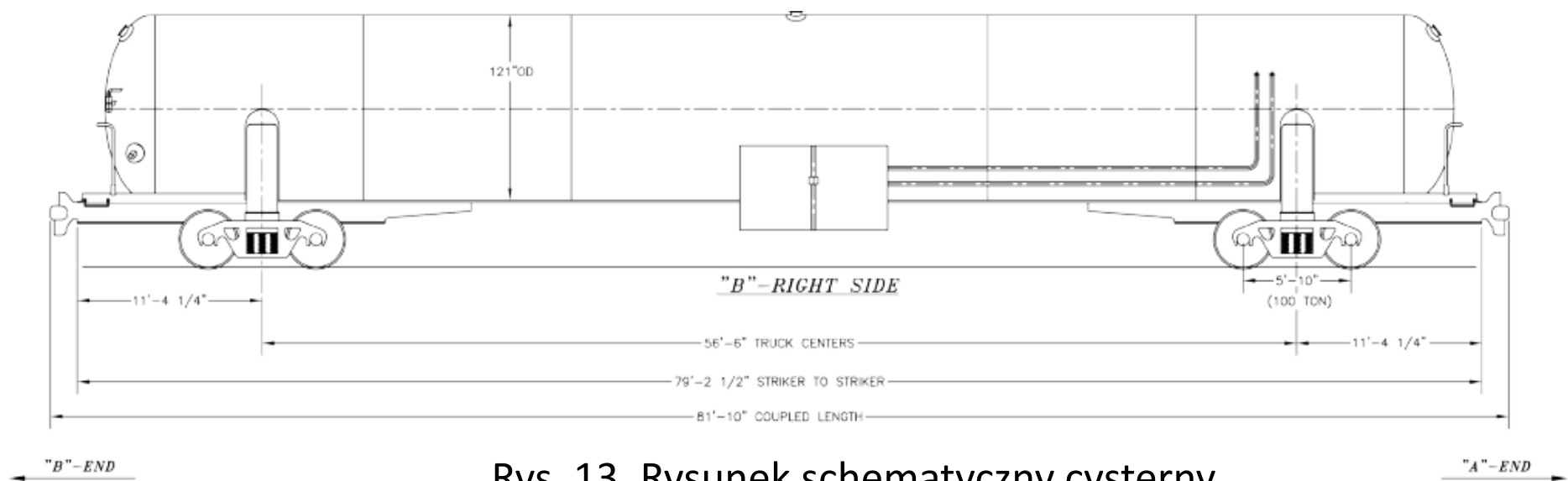
Rys. 11. Schemat cysterny DOT-111J100W1 z płaszczem izolacyjnym i zewnętrznymi wężownicami grzewczymi; pojemność 20 000 galonów amerykańskich (76 000 litrów).



Rys. 12. Cysternach o specyfikacji DOT-113C120W przeznaczone do przewozu skroplonego etylenu oraz „innej łatwopalnej cieczy kriogenicznej, która ma podobne właściwości chemiczne i operacyjne jak LNG”. Zbiorniki mogą być wykonane ze stali węglowej, stopu aluminium, stali wysokostopowej lub stali niklowej poprzez spawanie.

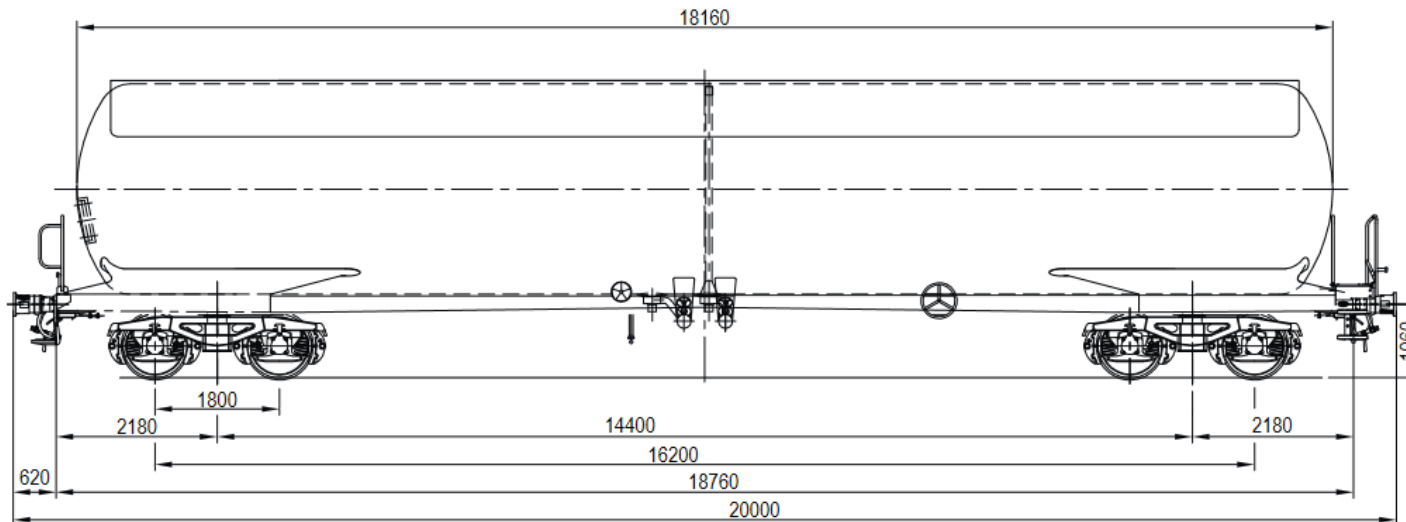
SPECIFICATIONS	
LNG Capacity (at 0 psig)	142,500 lbs / 64,637 kg / 30,680 gal
Maximum Allowable Working Pressure	90 psig / 6.2 bar
Length (overall)	81 ft 10 in / 24.9 m
Width (overall)	10 ft 8 in / 3.3 m
Height (overall)	15 ft 6 in / 4.7 m
Weight (tare)	125,000 lbs / 56,700 kg
Design Codes	US DOT/FRA DOT-113C120W*

* US DOT Exemption Required to Transport Methane/LNG



Rys. 13. Rysunek schematyczny cysterny

Cysterny kolejowe do transportu LPG

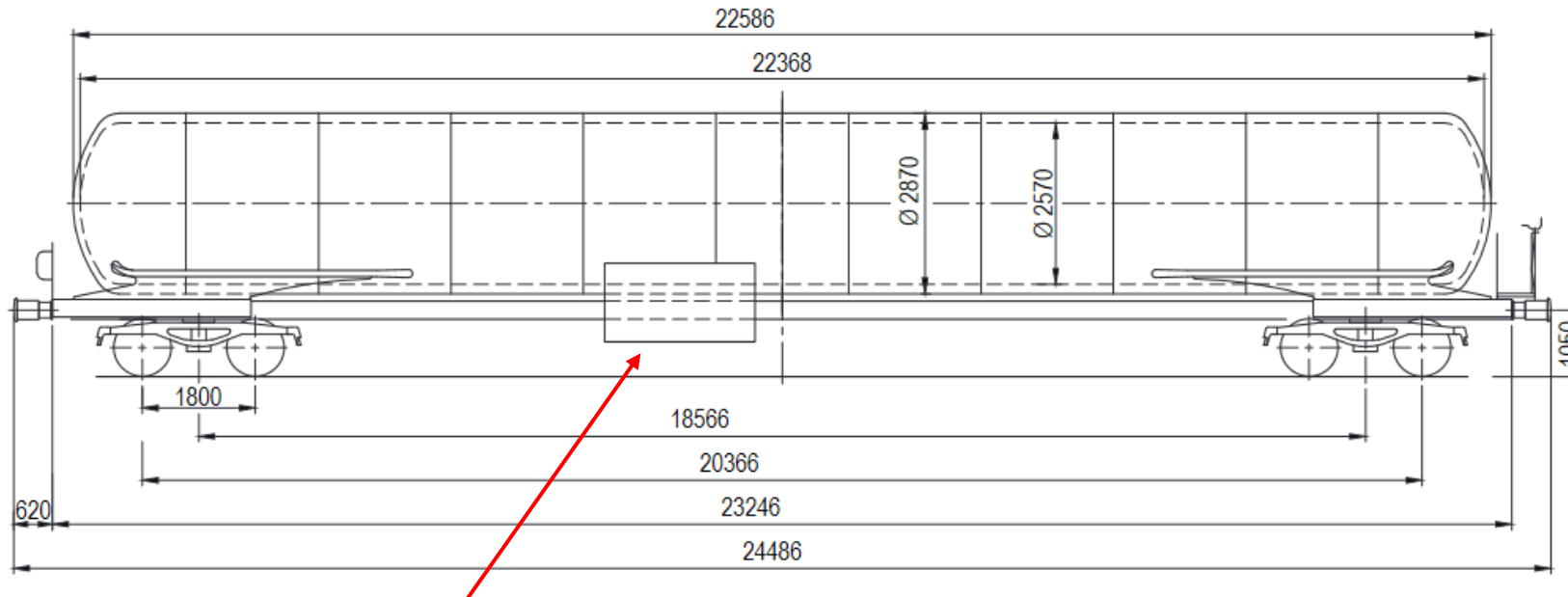


Rysunek 14. Długi lekka cysterna G25.123D



Waga tara:	ok. 33.5 t
Obciążenie osi:	22,5 t
Safety equipment	<ul style="list-style-type: none">• osie 25 t z maksymalnym naciskiem na oś 22,5 t• Opcjonalny system antykolizyjny (ACS)
Materiał cysterny:	Stal węglowa P460NL2
Objętość nominalna:	ok. 123 m ³
Design temperature	-40°C / +50°C
Thermal insulation	Sun-shield

Kriogeniczna cysterna kolejowa LNGG91.111D



- Próżnia między zbiornikiem wewnętrznym i zewnętrznym,
- Izolowany zbiornik wewnętrzny

Specjalna technologia zawieszenia i przechowywania zbiornika wewnętrznego wewnątrz zbiornika zewnętrznego, aby zagwarantować wymagane bezpieczeństwo i energooszczędność podczas transportu LNG w temperaturach do -162°C .

Technical details

Tare weight	ok. 45 t
Axle load	22,5 t
Clearance: outer wheelsets	20,366 mm
Min. curve radius	75 m
Brake	KE-GP-A 12"
Brake block category	K brake block
Crash buffer	Crash buffer
Safety equipment	<ul style="list-style-type: none">• 25 t axles with noise reduction coating• Safety device to prevent excess pressure and overfilling• Telematics system to prepare for pressure monitoring
Tank material	Outside: stal węglowa S355NL2 (0,2% C, 0,85-1,75 Mn, 0,6% Cu, 0,55 Ni, 0,35 Cr) Inside: stal nierdzewna
Nominal volume	ok. 111 m ³
Tank code	R10,4BN
Design temperature	-196 / +50°C



CHEMET S.A.

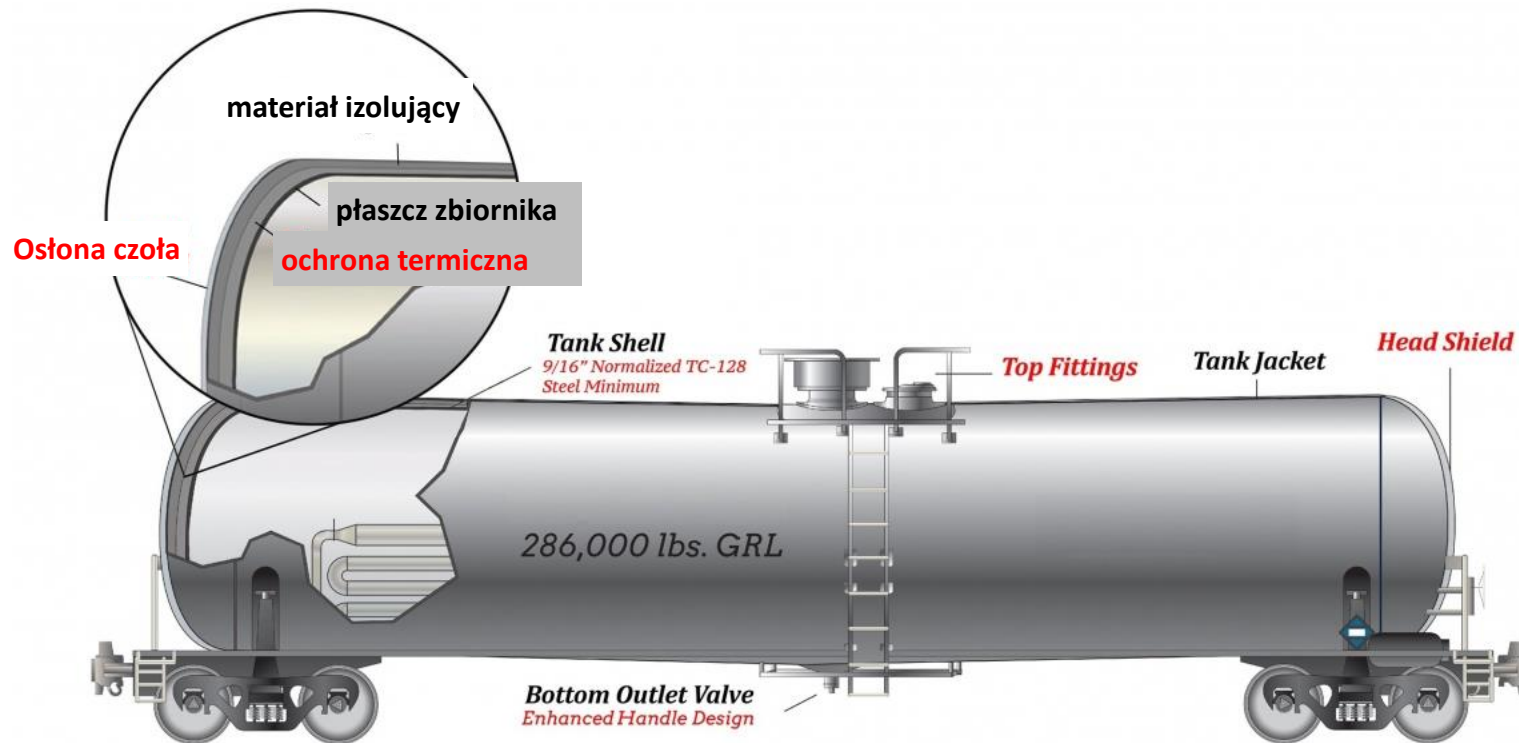


Wagon cysterna V=108m³

Wagon przeznaczony jest do transportu amoniaku, **gazów skroplonych propan-butan** oraz ich mieszanin (należących do grupy gazów niebezpiecznej kat. 2 wg przepisów RID). Konstrukcja jest zgodna z aktualnie obowiązującymi Technicznymi Specyfikacjami Interoperacyjności – TSI-WAG oraz odnoszącymi się do nich kartami UIC, spełnia również wymagania międzynarodowego regulaminu dla przewozu kolejami towarów niebezpiecznych – RID.

Wagon posiada oznaczenie GE wg TSI-WAG i może się poruszać bez ograniczeń na wszystkich europejskich normalnotorowych liniach kolejowych.

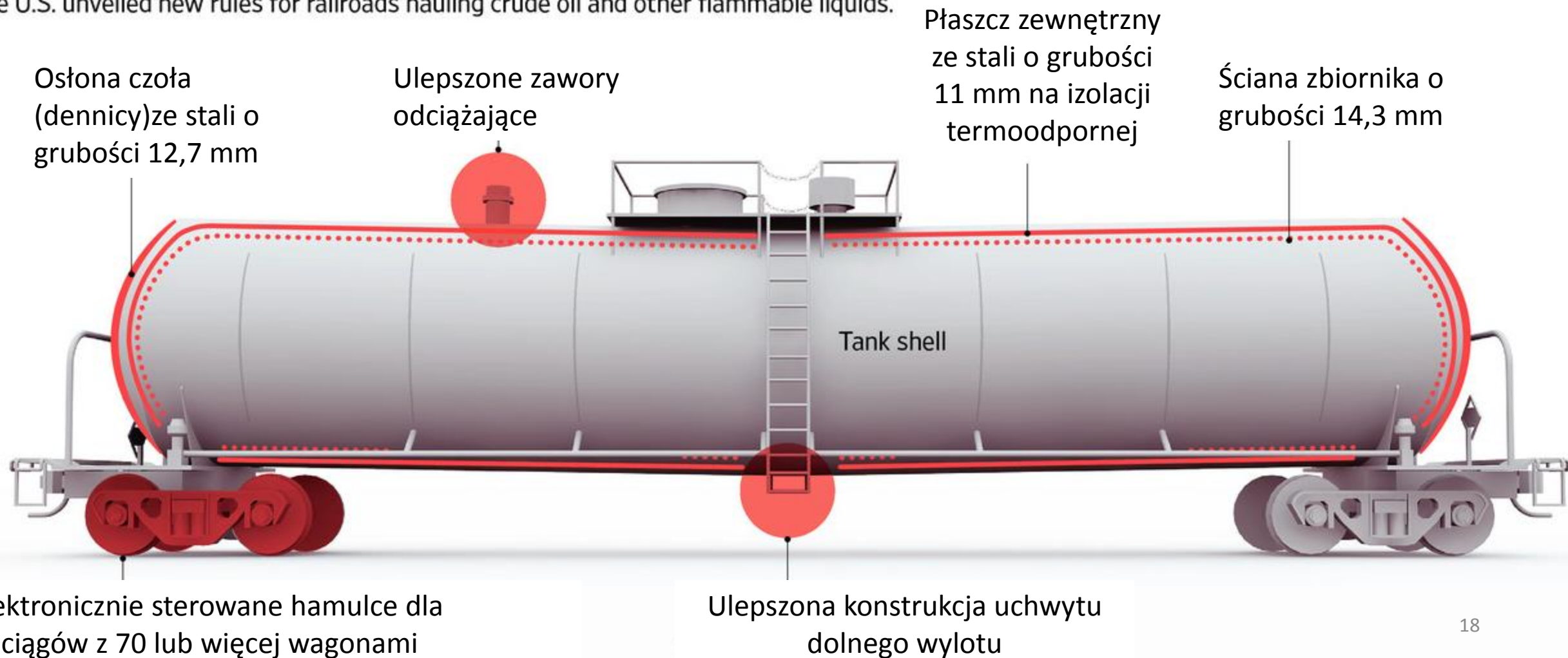
Cysterna 117

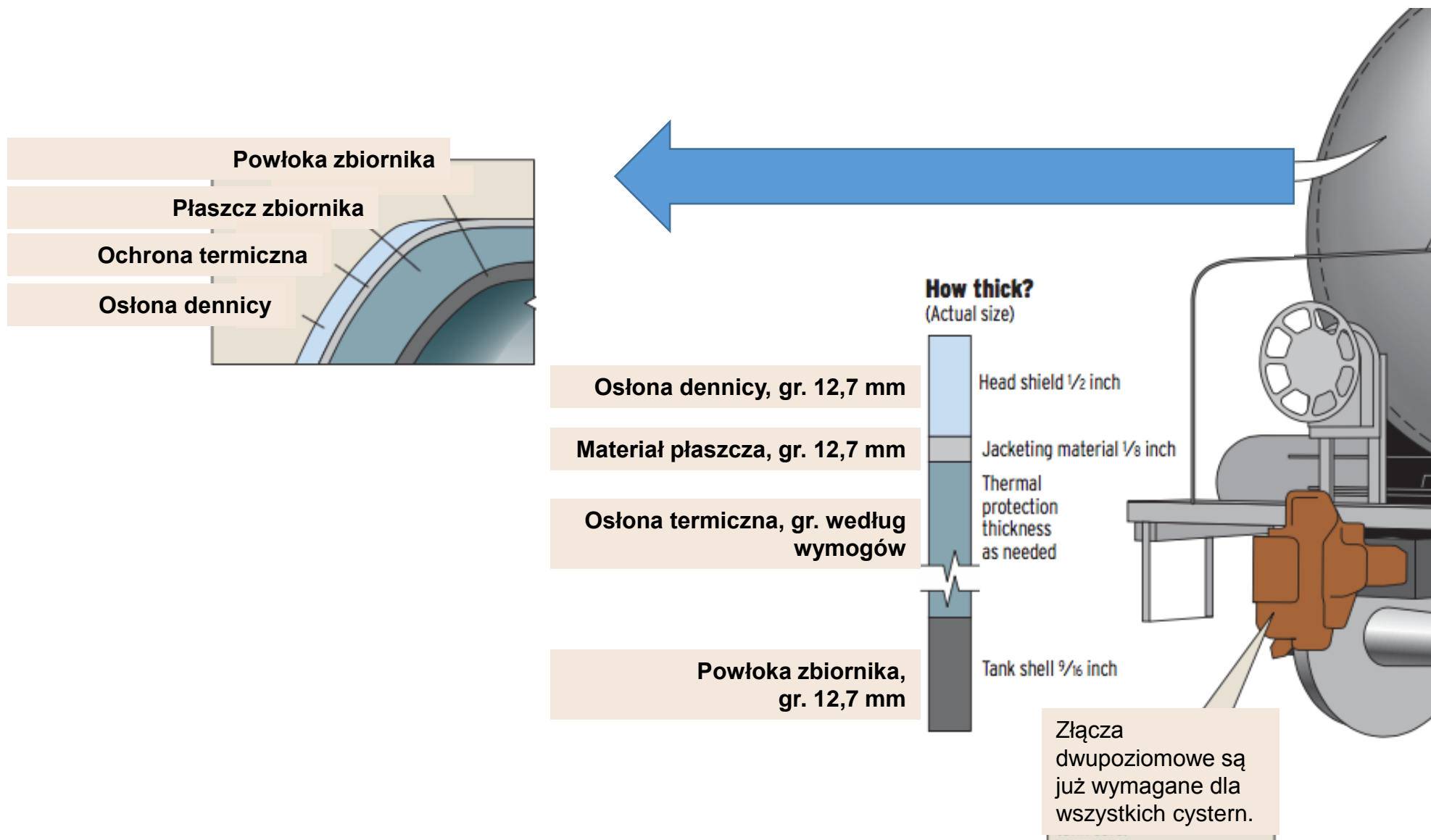


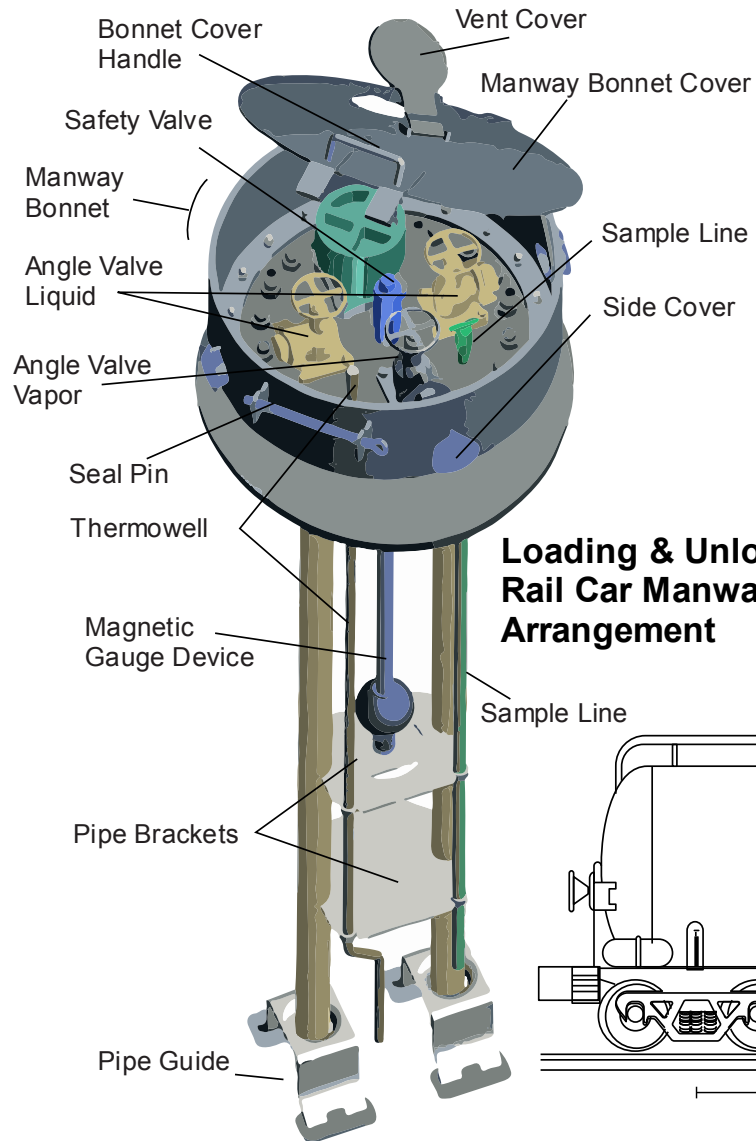
- Pełnowymiarowa osłona czoła (dennicy) o grubości 12,7 mm
- Grubość płaszcza zwiększona do minimum 14,3 mm ze stali normalizowanej
- Osłona termiczna
- Ochrona górnych okuć
- ulepszona konstrukcja uchwytu dolnego wylotu, aby zapobiec przypadkowemu uruchomieniu podczas wypadku kolejowego

Designing a Safer Oil Train

The U.S. unveiled new rules for railroads hauling crude oil and other flammable liquids.



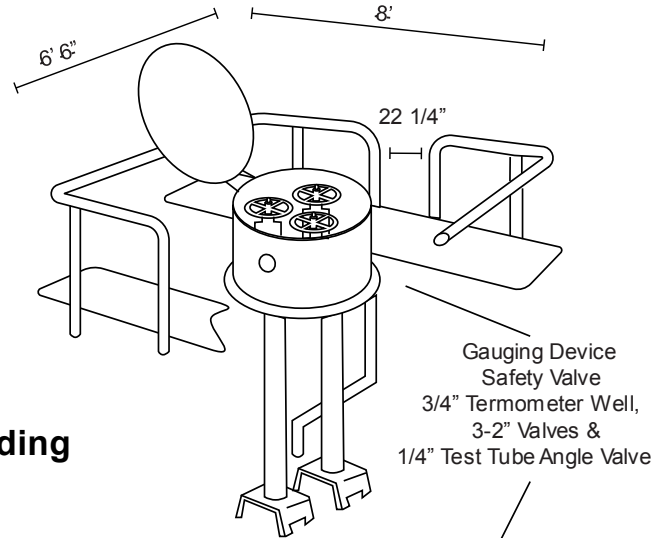




**Loading & Unloading
Rail Car Manway
Arrangement**

33,500 Gallon Capacity - Non-Insulated Thermal Protected

DOT-112J340W



Capacity & Weights

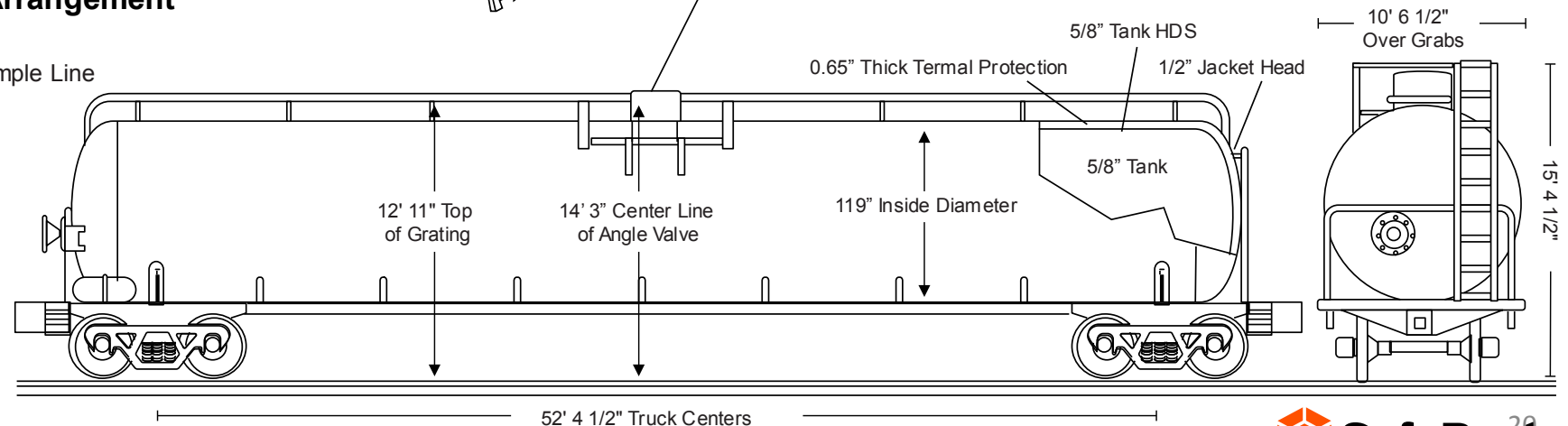
Nominal Capacity @ 58.28%
Filling Density - 33,500 gals

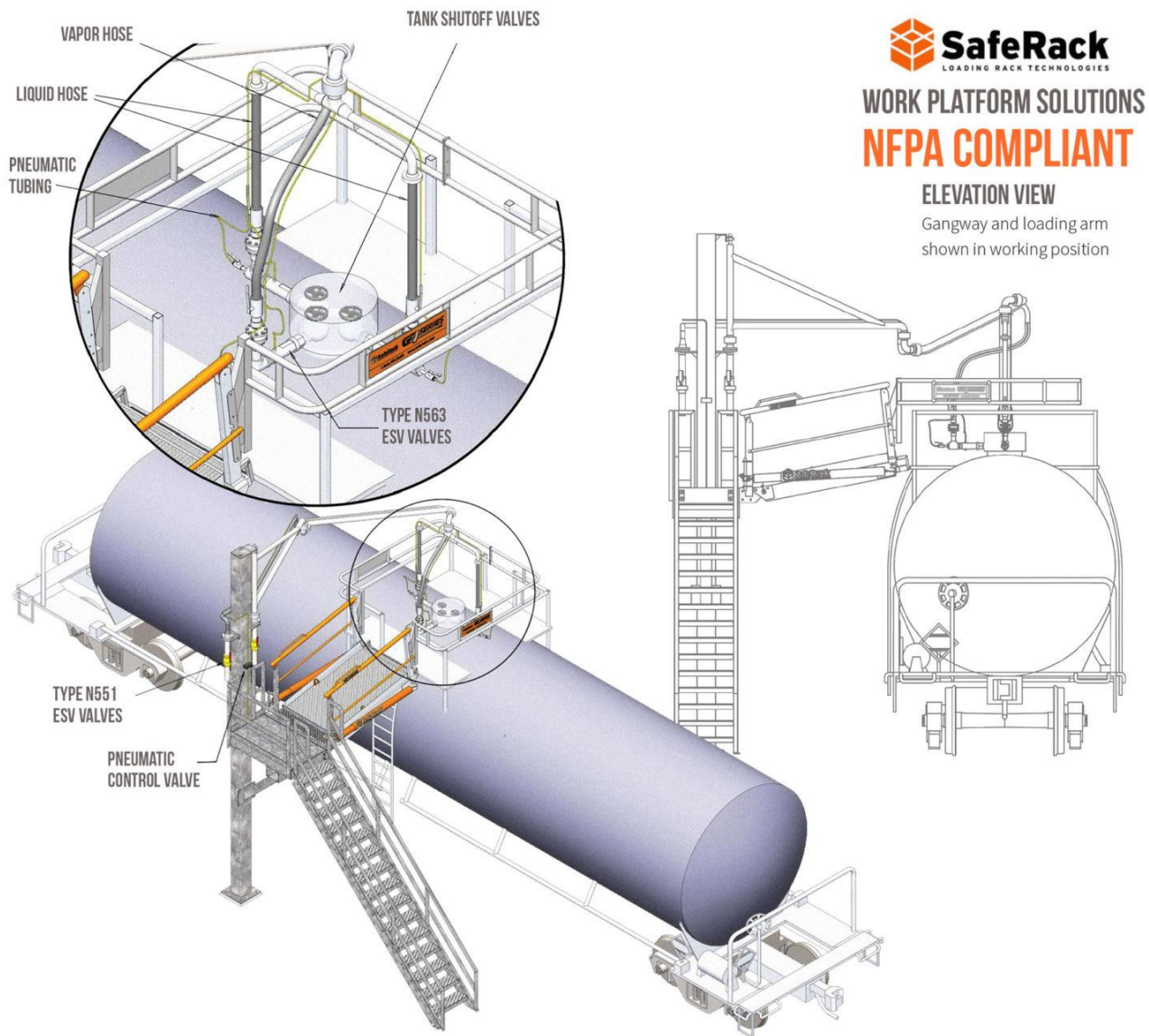
Estimated Light Weight - 99,500 lbs.

Rail Load Limit (100 Ton Trucks)
(5' 10" Wheel Base) 263,000 lbs

Commodity Maximum Density

Truck Cpty.	Wheel Base	Commodity Density
100 Ton	5' 10"	58.28% Max Fill Density

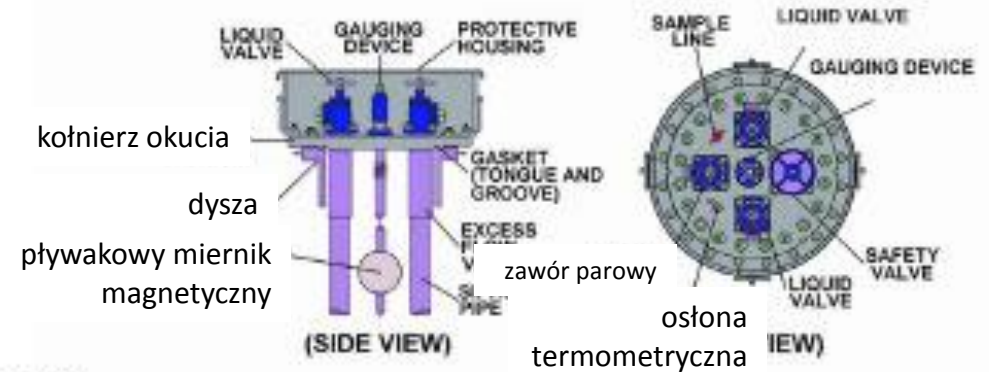






Ponieważ propan jest gazem bezwonny, kiedy jest przenoszony ze zbiorników magazynowych do doku ładunkowego, wtryskiwany jest **środek zapachowy** (metylo merkaptan) w celu wykrycia wycieków lub wycieków. Cysterny LPG i bezwodnego amoniaku to szczelne zbiorniki ciśnieniowe. Na pokrywie wjazdu zamontowanych jest **kilka okuć**, które ułatwiają załadunek, rozładunek, pomiary i testowanie.

Zawory i instalacje





Dziękuję za uwagę