

STEP ALTERNATIF YAKIT SISTEMLERİ A.S.

**STRESS CALCULATIONS
OF THE LPG CONTAINER'S MOUNTING AND
FIXING
(OBLICZENIA MOCOWANIA
ZBIORNIKÓW LPG)**

**Author/
Opracował:**

Tomasz Grygoruk
name

14-03-2008r.
date

......
signature

STEP ALTERNATIF YAKIT SISTEMLERI A.S.

1. Related regulations /podstawa prawna

Calculations were completed on the basis of ECE Regulation No 67.01. requirements.

Niniejszy załącznik opisuje spełnienie wymagań dotyczących mocowania zbiorników LPG, zgodnych z Regulaminem Nr 67.01.

2. Container type / typ liczonego zbiornika:

type/typ:	Toroidal 720x270
Capacity /Pojemność:	89 [dm³]
Manufacturer/Wytwórca:	STEP

PART I / CZĘŚĆ I

3. Verifying calculations of the container mounting / Obliczenia sprawdzające zamocowania zbiornika

Calculations were completed for the biggest toroidal container representing the entire family produced by STEP LPG in Konya, Turkey.

Obliczenia przeprowadzono dla zbiornika o największej masie i pojemności.

Input data for the calculations/ dane do obliczeń:

- D – container diameter/średnica zewnętrzza zbiornika,

H – container height/wysokość zbiornika,

Ds – diameter of the container contact with ground/ średnica styku zbiornika z podłożem,

L – distance between bolts/rozstaw śrub,

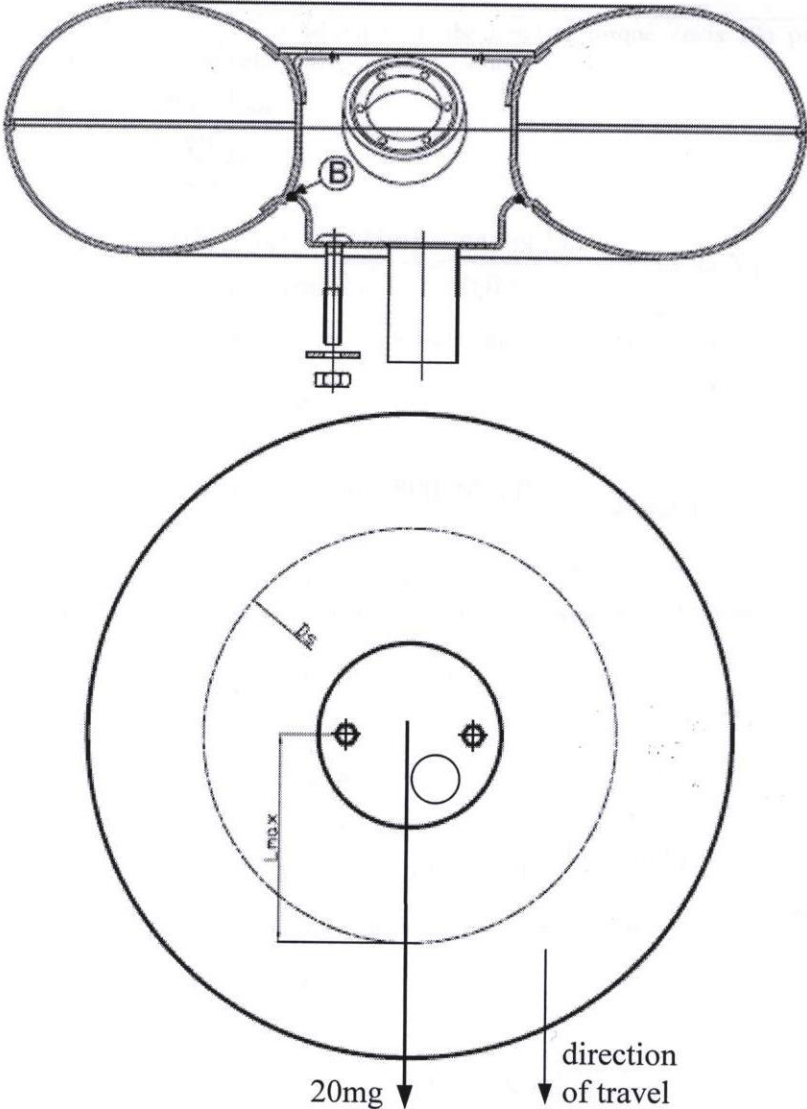
H_s – height of container’s center of mass/ wysokość środka ciężkości zbiornika,

m_z – container’s mass/masa zbiornika,

V – container’s capacity/ objętość zbiornika

ρ – fuel density/ gęstość paliwa LPG

STEP ALTERNATIF YAKIT SISTEMLERI A.S.

data/dane	calculation and drafts/obliczenia i szkice	results/wyniki
version with two mounting bolts – container type toroidal 720x270 capacity 89[dm ³] wersja z mocowaniem na dwie śruby – zbiornik toroidalny 720x270 o pojemności 89 dm ³ D = 720[mm] H = 270[mm], Ds. = 433 [mm] L _{max} = 216 [mm] H _s = 135[mm] m _z = 39,2 [kg] V – 89 [dm ³] ρ - 0,55[kg/dm ³]	Case 1. 20g in the direction of travel  - bolt/śruba M12x100 class 8.8 – quantity/sztuk 2, - washer/podkładka Ø52 thickness/o grubości 2,5 mm – quantity/sztuk 2, - nut/nakrętka M12 – quantity/sztuk 2.	
V = 89 [dm ³] ρ = 0,55[kg/dm ³]	1.0 Fuel mass for 80% filling of the container/ masa paliwa dla stopnia napełnienia 80% $m_p = 80\%V \cdot \rho = 80\% \cdot 89[dm^3] \cdot 0,55[\frac{kg}{dm^3}] = 39,2[kg]$	m _p = 39,2[kg]
m _z = 39,2 [kg] m _p = 39,2[kg]	2.0 Container mass with fuel/ masa zbiornika z paliwem $m = m_z + m_p = 39,2[kg] + 39,2[kg] = 78,4[kg]$	m = 78,4[kg]

STEP ALTERNATIF YAKIT SISTEMLERI A.S.

$H_s = 135[\text{mm}]$ $m = 78,4[\text{kg}]$ $g = 9,81 [\text{m/s}^2]$	3.0 Max. bending torque of the bolt/maksymalny moment zginający śruby $M_g = m \cdot 20g \cdot H_s = 78,4[\text{kg}] \cdot 20 \cdot 9,81 \left[\frac{\text{m}}{\text{s}^2} \right] \cdot 0,135[\text{m}] = 2077[\text{Nm}]$	$M_g = 2077 [\text{Nm}]$
$M_g = 2077 [\text{Nm}]$ $L_{\text{max}} = 216 [\text{mm}]$ For this case $i = 2$ $L_1 = L_2 = L_{\text{max}}$ i = quantity of bolts	4.0 Max. force in a bolt resulting from the bending torque /max siła pochodząca od momentu gnącego w jednej śrubie $P_{g \text{ max}} = \frac{M_g \cdot L_{\text{max}}}{\sum_{i=1}^{\text{max}} L_i^2}$ $P_{g \text{ max}} = \frac{2077[\text{Nm}] \cdot 0,216[\text{m}]}{2 \cdot (0,216[\text{m}])^2} = \frac{448,6[\text{Nm}^2]}{0,0933[\text{m}^2]} = 4808[\text{N}]$	$P_{g \text{ max}} = 4808 [\text{N}]$
For thread M12 core diameter/ Dla śruby M12 średnica rdzenia: $d_r = 9,7[\text{mm}]$ $k_{\text{dop}} = 800[\text{MPa}]$	5.0 Permissible bolt breaking force/dopuszczalna siła zrywająca śrubę $P_{\text{dop}} = \frac{\pi \cdot d_r^2 \cdot k_{\text{dop}}}{4}$ $P_{\text{dop}} = \frac{\pi \cdot (0,0097[\text{m}])^2 \cdot 800 \cdot 10^6 [\text{Pa}]}{4} = 59088[\text{N}]$	$P_{\text{dop}} = 59088[\text{N}]$
For thread M12 division diameter/ Dla śruby M12 średnica podziałowa gwintu: $d_p = 10,7[\text{mm}]$ $\rho = 0,099669 [\text{rad}]$ $\gamma = 0,162116 [\text{rad}]$ $M_d = 15[\text{Nm}]$	6.0 Preload force/siła napięcia wstępnego Implemented bolt tightening torque/ przyjęto moment dokręcenia śrub równy $M_d = 15[\text{Nm}]$ $M_d = 0,5P_w \cdot d_p \cdot \text{tg}(\gamma + \rho) \Rightarrow$ $P_w = \frac{M_d}{0,5 \cdot d_p \cdot \text{tg}(\gamma + \rho)}$ $P_w = \frac{15[\text{Nm}]}{0,5 \cdot [0,0107[\text{m}] \cdot \text{tg}(\gamma + \rho)]} = 15577[\text{N}]$	$P_w = 15577 [\text{N}]$
$P_{g \text{ max}} = 4808 [\text{N}]$ $P_w = 15577 [\text{N}]$ $m = 78,4[\text{kg}]$ $g = 9,81 [\text{m/s}^2]$ $P_{\text{dop}} = 59088[\text{N}]$	7.0 Max axial force in a bolt/ maksymalna siła osiowa w śrubie $P_C = P_{g \text{ max}} + P_w + \frac{m \cdot g}{4} \Rightarrow$ $P_C = 4808[\text{N}] + 15577[\text{N}] + \frac{78,4[\text{kg}] \cdot 9,81 \left[\frac{\text{m}}{\text{s}^2} \right]}{4} = 20577[\text{N}]$ $P_C < P_{\text{dop}}$ - REQUIREMENT ARE FULFILLED /WARUNEK JEST SPEŁNIONY	$P_C = 20577 [\text{N}]$
$P_C = 20577 [\text{N}]$ $d_r = 9,7[\text{mm}]$ $k_{\text{dop}} = 800[\text{MPa}]$	8.0 Max. stresses in a bolt/maksymalne naprężenia w śrubie $\sigma = \frac{4 \cdot P_C}{\pi \cdot d_r^2} \leq k_{\text{dop}}$ $\sigma = \frac{4 \cdot 20577[\text{N}]}{\pi \cdot (0,0097[\text{m}])^2} = 279[\text{MPa}]$ $\sigma < k_{\text{dop}} = 800[\text{MPa}]$ REQUIREMENTS ARE FULFILLED /WARUNEK JEST SPEŁNIONY	

STEP ALTERNATIF YAKIT SISTEMLERI A.S.

D = 720[mm] H = 270[mm], Ds. = 433 [mm] L = 102[mm] L₁ = 165 [mm] L_{max} = 267 [mm] H_s = 135[mm] m_z = 39,2 [kg] V – 89 [dm³] ρ - 0,55[kg/dm³]	Case 2. 8g horizontally perpendicular to the direction of travel - bolt/śruba M12x100 class 8.8 – quantity/sztuk 2, - washer/podkładka Ø52 thickness/o grubości 2,5 mm – quantity/sztuk 2, - nut/nakrętka M12 – quantity/sztuk 2.	
V = 89 [dm³] ρ = 0,55[kg/dm³]	9.0 Fuel mass for 80% filling of the container/ masa paliwa dla stopnia napełnienia 80% $m_p = 80\%V \cdot \rho = 80\% \cdot 89[dm^3] \cdot 0,55[\frac{kg}{dm^3}] = 39,2[kg]$	m_p = 39,2[kg]
m_z = 39,2 [kg] m_p = 39,2[kg]	10.0 Container mass with fuel/ masa zbiornika z paliwem $m = m_z + m_p = 39,2[kg] + 39,2[kg] = 78,4[kg]$	m = 78,4[kg]
H_s = 135[mm] m = 78,4[kg] g = 9,81 [m/s²]	11.0 Max. bending torque of the bolt/maksymalny moment zginający śruby $M_g = m \cdot 8g \cdot H_s = 78,4[kg] \cdot 8 \cdot 9,81[\frac{m}{s^2}] \cdot 0,135[m] = 831[Nm]$	M_g =831 [Nm]

STEP ALTERNATIF YAKIT SISTEMLERI A.S.

$M_g = 831 \text{ [Nm]}$ $L_1 = 165 \text{ [mm]}$ $L_{\max} = 267 \text{ [mm]}$ $L_2 = L_{\max}$ $i = 2$ - quantity of bolts	12.0 Max. force in a bolt resulting from the bending torque /max siła pochodząca od momentu gnącego w jednej śrubie $P_{g \max} = \frac{M_g \cdot L_{\max}}{\sum_{i=1}^{\max} L_i^2}$ $P_{g \max} = \frac{831 \text{ [Nm]} \cdot 0,267 \text{ [m]}}{(0,165 \text{ [m]})^2 + (0,267 \text{ [m]})^2} = \frac{222 \text{ [Nm}^2\text{]}}{0,098514 \text{ [m}^2\text{]}} = 2254 \text{ [N]}$	$P_{g \max} = 2254 \text{ [N]}$
For thread M12 core diameter/ Dla śruby M12 średnica rdzenia: $d_r = 9,7 \text{ [mm]}$ $k_{dop} = 800 \text{ [MPa]}$	13.0 Permissible bolt breaking force/dopuszczalna siła zrywająca śrubę $P_{dop} = \frac{\pi \cdot d_r^2 \cdot k_{dop}}{4}$ $P_{dop} = \frac{\pi \cdot (0,0097 \text{ [m]})^2 \cdot 800 \cdot 10^6 \text{ [Pa]}}{4} = 59088 \text{ [N]}$	$P_{dop} = 59088 \text{ [N]}$
For thread M12 division diameter/ Dla śruby M12 średnica podziałowa gwintu: $d_p = 10,7 \text{ [mm]}$ $\rho = 0,099669 \text{ [rad]}$ $\gamma = 0,162116 \text{ [rad]}$ $M_d = 15 \text{ [Nm]}$	14.0 Preload force/siła napięcia wstępnego Implemented bolt tightening torque/ przyjęto moment dokręcenia śrub równy $M_d = 15 \text{ [Nm]}$ $M_d = 0,5 P_w \cdot d_p \cdot \text{tg}(\gamma + \rho) \Rightarrow$ $P_w = \frac{M_d}{0,5 \cdot d_p \cdot \text{tg}(\gamma + \rho)}$ $P_w = \frac{15 \text{ [Nm]}}{0,5 \cdot [0,0107 \text{ [m]}] \cdot \text{tg}(\gamma + \rho)} = 15577 \text{ [N]}$	$P_w = 15577 \text{ [N]}$
$P_{g \max} = 2254 \text{ [N]}$ $P_w = 15577 \text{ [N]}$ $m = 78,4 \text{ [kg]}$ $g = 9,81 \text{ [m/s}^2\text{]}$ $P_{dop} = 59088 \text{ [N]}$	15.0 Max axial force in a bolt/ maksymalna siła osiowa w śrubie $P_C = P_{g \max} + P_w + \frac{m \cdot g}{4}$ $P_C = 2254 \text{ [N]} + 15577 \text{ [N]} + \frac{78,4 \text{ [kg]} \cdot 9,81 \left[\frac{\text{m}}{\text{s}^2} \right]}{4} = 18024 \text{ [N]}$ $P_C < P_{DOP}$ - REQUIREMENT ARE FULFILLED /WARUNEK JEST SPEŁNIONY	$P_C = 18024 \text{ [N]}$
$P_C = 18024 \text{ [N]}$ $d_r = 9,7 \text{ [mm]}$ $k_{dop} = 800 \text{ [MPa]}$	16.0 Max. stresses in a bolt/maksymalne naprężenia w śrubie $\sigma = \frac{4 \cdot P_C}{\pi \cdot d_r^2} \leq k_{dop}$ $\sigma = \frac{4 \cdot 18024 \text{ [N]}}{\pi \cdot (0,0097 \text{ [m]})^2} = 244 \text{ [MPa]}$ $\sigma < k_{dop} = 800 \text{ [MPa]}$ REQUIREMENTS ARE FULFILLED /WARUNEK JEST SPEŁNIONY	

STEP ALTERNATIF YAKIT SİSTEMLERİ A.Ş.

CONFIRMATION OF HOMOLOGATION LABORATORY E20/H20

ALL CALCULATIONS PRESENTED ABOVE DEMONSTRATE EQUIVALENCE TO
PRACTICAL TESTING AND DO FULFILL REQUIREMENTS OF REGULATION R67.01

Laboratorium Badań Homologacyjnych
Katedra Budowy Pojazdów Samochodowych

14-03-2008

date,

.....
Marek FLEKIEWICZ

signature

