

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

10-03-2008r.
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	Toroidal 720x270	Cylindrical 400x140
Capacity /Pojemność:	89 [dm ³]	91,7 [dm ³]	142[dm ³]
Manufacturer/Wytwórca:	STEP	STEP	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,

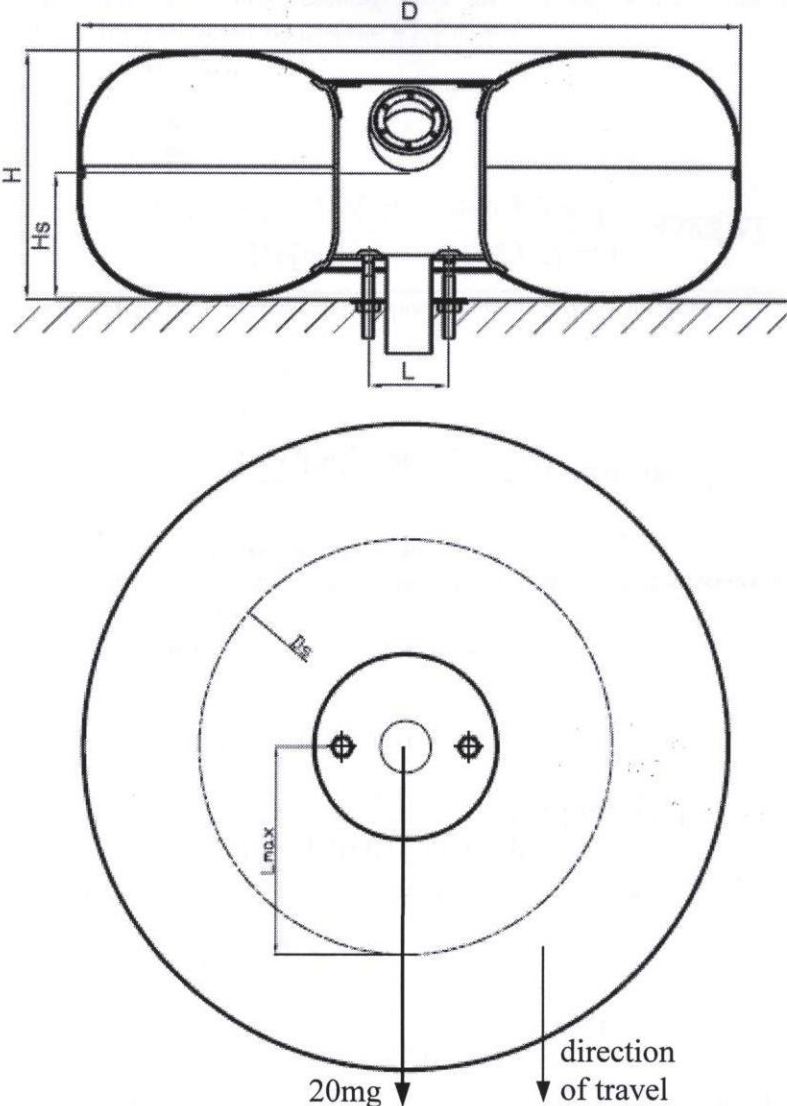
H_s – height of container’s center of mass/ wysokość środka ciężkości zbiornika,

m_z – container’s mass/masa zbiornika,

V – container’s capacity/ objętość zbiornika

ρ – fuel density/ gęstość paliwa LPG

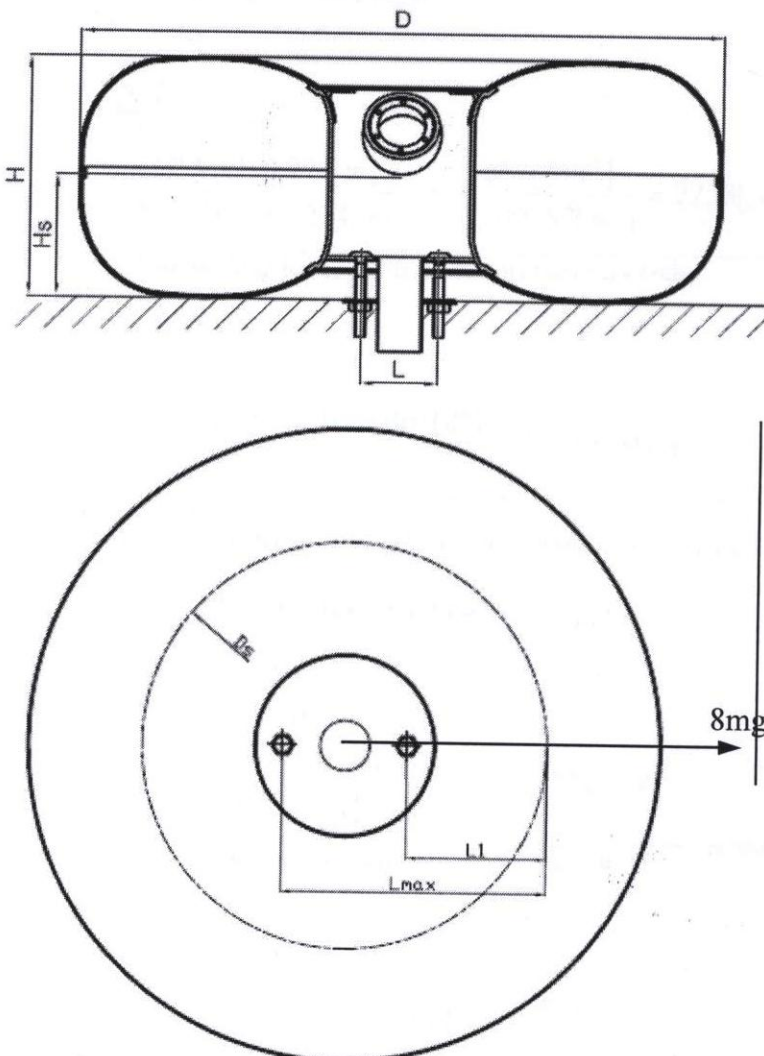
STEP ALTERNATIF YAKIT SISTEMLERI A.S.

data/dane	calculation and drafts/obliczenia i szkice	results/wyniki
version with two mounting bolts – container type toroidal 720x270 capacity 89[dm³] wersja z mocowaniem na dwie śruby – zbiornik toroidalny 720x270 o pojemności 89 dm³ D = 720[mm] H = 270[mm], Ds. = 433 [mm] L = 115[mm] L ₁ = 159 [mm] L _{max} = 274 [mm] H _s = 135[mm] m _z = 38,8 [kg] V – 89 [dm³] ρ - 0,55[kg/dm³]	Case 1. 20g in the direction of travel  - bolt/śruba M12x100 class 8.8 – quantity/sztuk 2, - washer/podkładka Ø157 thickness/o grubości 3,5 mm – quantity/sztuk 1, - nut/nakrętka M12 – quantity/sztuk 2.	
V = 89 [dm³] ρ = 0,55[kg/dm³]	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 = 38,8 [kg] m _p = 39,2[kg]	2.0 Container mass with fuel/ masa zbiornika z paliwem $m = m_z + m_p = 38,8[kg] + 39,2[kg] = 78[kg]$	m = 78[kg]

STEP ALTERNATIF YAKIT SISTEMLERI A.S.

$H_s = 135[\text{mm}]$ $m = 78[\text{kg}]$ $g = 9,81 [\text{m/s}^2]$	3.0 Max. bending torque of the bolt/maksymalny moment zginający śruby $M_g = m \cdot 20g \cdot H_s = 78[\text{kg}] \cdot 20 \cdot 9,81 \left[\frac{\text{m}}{\text{s}^2} \right] \cdot 0,135[\text{m}] = 2066[\text{Nm}]$	$M_g = 2066 [\text{Nm}]$
$M_g = 2066 [\text{Nm}]$ $L_{\text{max}} = 216 [\text{mm}]$ $i=2$ $L_1=L_2=L_{\text{max}}$ 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 $P_{g \text{ max}} = \frac{M_g \cdot L_{\text{max}}}{\sum_{i=1}^{\text{max}} L_i^2}$ $P_{g \text{ max}} = \frac{2066[\text{Nm}] \cdot 0,216[\text{m}]}{2 \cdot (0,216[\text{m}])^2} = \frac{446,3[\text{Nm}^2]}{0,093312[\text{m}^2]} = 4783[\text{N}]$	$P_{g \text{ max}} = 4783 [\text{N}]$
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 $M_d = 15[\text{Nm}]$ $M_d = 0,5 P_w \cdot d_p \cdot \text{tg}(\gamma + \rho) \Rightarrow$ $P_w = \frac{M_d}{0,5 \cdot d_p \cdot \text{tg}(\gamma + \rho)}$ $P_w = \frac{15[\text{Nm}]}{0,5 \cdot [0,0107[\text{m}] \cdot \text{tg}(\gamma + \rho)]} = 15577[\text{N}]$	$P_w = 15577 [\text{N}]$
$P_{g \text{ max}} = 4783 [\text{N}]$ $P_w = 15577 [\text{N}]$ $m = 78[\text{kg}]$ $g = 9,81 [\text{m/s}^2]$ $P_{\text{dop}} = 59088[\text{N}]$	7.0 Max axial force in a bolt/ maksymalna siła osiowa w śrubie $P_C = P_{g \text{ max}} + P_w + \frac{m \cdot g}{4} \Rightarrow$ $P_C = 4783[\text{N}] + 15577[\text{N}] + \frac{78[\text{kg}] \cdot 9,81 \left[\frac{\text{m}}{\text{s}^2} \right]}{4} = 20552[\text{N}]$ $P_C < P_{\text{DOP}}$ - REQUIREMENT ARE FULFILLED /WARUNEK JEST SPEŁNIONY	$P_C = 20552 [\text{N}]$
$P_C = 20552 [\text{N}]$ $d_r = 9,7[\text{mm}]$ $k_{\text{dop}} = 800[\text{MPa}]$	8.0 Max. stresses in a bolt/maksymalne naprężenia w śrubie $\sigma = \frac{4 \cdot P_C}{\pi \cdot d_r^2} \leq k_{\text{dop}}$ $\sigma = \frac{4 \cdot 20552[\text{N}]}{\pi \cdot (0,0097[\text{m}])^2} = 278[\text{MPa}]$ $\sigma < k_{\text{dop}} = 800[\text{MPa}]$ REQUIREMENTS ARE FULFILLED /WARUNEK JEST SPEŁNIONY	

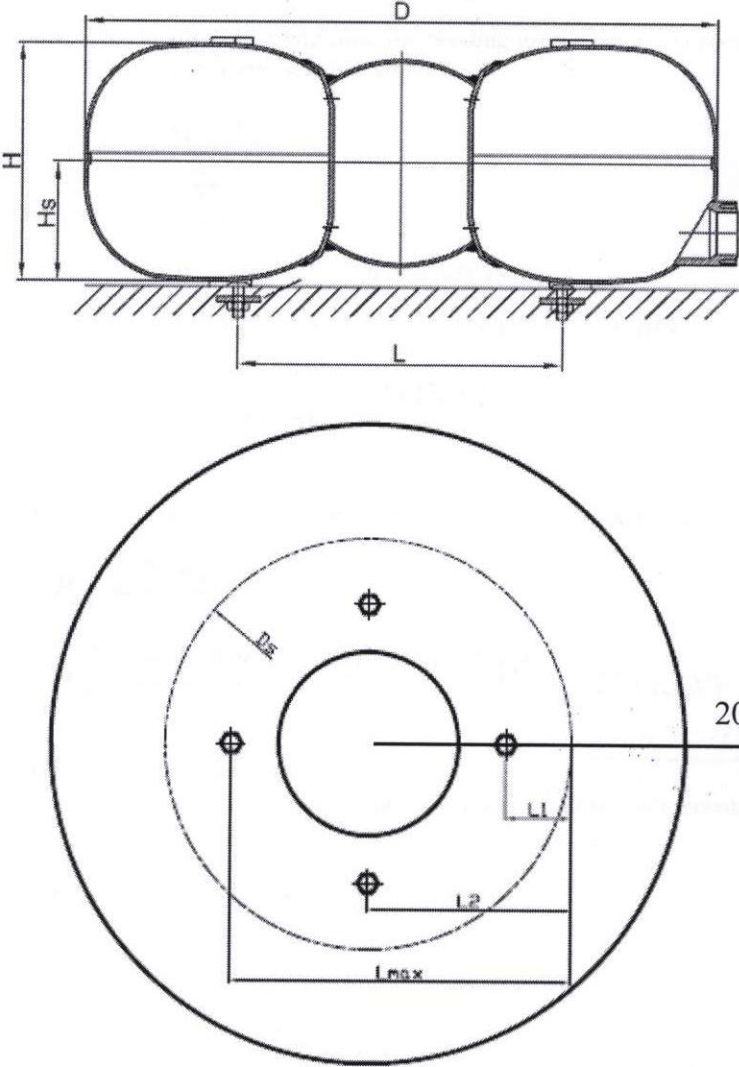
STEP ALTERNATIF YAKIT SISTEMLERI A.S.

D = 720[mm] H = 270[mm], Ds. = 433 [mm] L = 115[mm] L₁ = 159 [mm] L_{max} = 274 [mm] H_s = 135[mm] m_z = 38,8 [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 Ø157 thickness/o grubości 3,5 mm – quantity/sztuk 1, - 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 = 38,8 [kg] m_p = 39,2[kg]	10.0 Container mass with fuel/ masa zbiornika z paliwem $m = m_z + m_p = 38,8[kg] + 39,2[kg] = 78[kg]$	m = 78[kg]
H_s = 135[mm] m = 78[kg] g = 9,81 [m/s²]	11.0 Max. bending torque of the bolt/maksymalny moment zginający śruby $M_g = m \cdot 8g \cdot H_s = 78[kg] \cdot 8 \cdot 9,81[\frac{m}{s^2}] \cdot 0,135[m] = 827[Nm]$	M_g =827 [Nm]

STEP ALTERNATIF YAKIT SISTEMLERI A.S.

$M_g = 827 \text{ [Nm]}$ $L_1 = 159 \text{ [mm]}$ $L_{\max} = 274 \text{ [mm]}$ $L_2 = L_{\max}$ $i = 2$ i – quantity of bolts	12.0 Max. force in a bolt resulting from the bending torque / max siła pochodząca od momentu gnącego w jednej śrubie $P_{g \max} = \frac{M_g \cdot L_{\max}}{\sum_{i=1}^{\max} L_i^2}$ $P_{g \max} = \frac{827[\text{Nm}] \cdot 0,274[\text{m}]}{(0,159[\text{m}])^2 + (0,274[\text{m}])^2} = \frac{227[\text{Nm}^2]}{0,100357[\text{m}^2]} = 2258[\text{N}]$	$P_{g \max} = 2258 \text{ [N]}$
For thread M12 core diameter/ Dla śruby M12 średnica rdzenia: $d_r = 9,7[\text{mm}]$ $k_{\text{dop}} = 800[\text{MPa}]$	13.0 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: $d_p = 10,7[\text{mm}]$ $\rho = 0,099669 \text{ [rad]}$ $\gamma = 0,162116 \text{ [rad]}$ $M_d = 15[\text{Nm}]$	14.0 Preload force/siła napięcia wstępnego Implemented bolt tightening torque/ przyjęto moment dokręcenia śrub równy $M_d = 15[\text{Nm}]$ $M_d = 0,5 P_w \cdot d_p \cdot \text{tg}(\gamma + \rho) \Rightarrow$ $P_w = \frac{M_d}{0,5 \cdot d_p \cdot \text{tg}(\gamma + \rho)}$ $P_w = \frac{15[\text{Nm}]}{0,5 \cdot [0,0107[\text{m}]] \cdot \text{tg}(\gamma + \rho)} = 15577[\text{N}]$	$P_w = 15577 \text{ [N]}$
$P_{g \max} = 2258 \text{ [N]}$ $P_w = 15577 \text{ [N]}$ $m = 78[\text{kg}]$ $g = 9,81 \text{ [m/s}^2\text{]}$ $P_{\text{dop}} = 59088[\text{N}]$	15.0 Max axial force in a bolt/ maksymalna siła osiowa w śrubie $P_C = P_{g \max} + P_w + \frac{m \cdot g}{4} \Rightarrow$ $P_C = 2258[\text{N}] + 15577[\text{N}] + \frac{78[\text{kg}] \cdot 9,81 \left[\frac{\text{m}}{\text{s}^2} \right]}{4} = 18027[\text{N}]$ $P_C < P_{\text{DOP}}$ - REQUIREMENT ARE FULFILLED / WARUNEK JEST SPEŁNIONY	$P_C = 18027 \text{ [N]}$
$P_C = 18027 \text{ [N]}$ $d_r = 9,7[\text{mm}]$ $k_{\text{dop}} = 800[\text{MPa}]$	16.0 Max. stresses in a bolt/maksymalne naprężenia w śrubie $\sigma = \frac{4 \cdot P_C}{\pi \cdot d_r^2} \leq k_{\text{dop}}$ $\sigma = \frac{4 \cdot 18027[\text{N}]}{\pi \cdot (0,0097[\text{m}])^2} = 244[\text{MPa}]$ $\sigma < k_{\text{dop}} = 800[\text{MPa}]$ REQUIREMENTS ARE FULFILLED / WARUNEK JEST SPEŁNIONY	

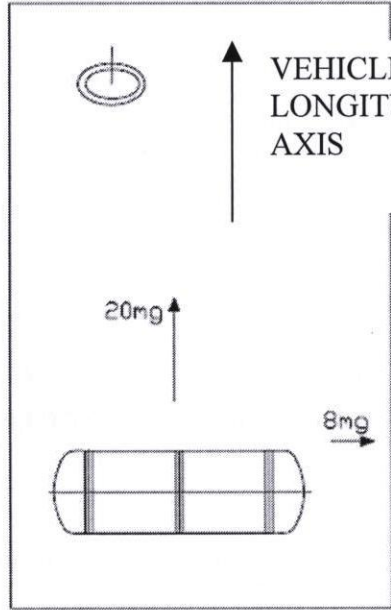
STEP ALTERNATIF YAKIT SISTEMLERI A.S.

PART II/CZĘŚĆ II CALCULATION OF TOROIDAL CONTAINER TYPE 720x270 CAPACITY 91,7[dm³]		
version with four mounting bolts – container type toroidal 720x270 capacity 91,7[dm³] wersja z mocowaniem na cztery śruby – zbiornik toroidalny 720x270 o pojemności 91,7 dm³		
D = 720[mm] H = 270[mm] Ds. = 433 [mm] L = 333[mm] L ₁ = 50 [mm] L ₂ = 216,5 [mm] L _{max} = 383 [mm] H _s = 135[mm] m _z = 41,56 [kg] V – 91,7 [dm³] ρ - 0,55[kg/dm³]	 - bolt/śruba M8x35 class 8.8 – quantity/sztuk 4, - washer/podkładka Ø35 thickness/o grubości 3,5 mm – quantity/sztuk 4, - nut/nakrętka M8 – quantity/sztuk 4.	
V = 91,7 [dm³] ρ = 0,55[kg/dm³]	17.0 Fuel mass for 80% filling of the container/ masa paliwa dla stopnia napełnienia 80% $m_p = 80\%V \cdot \rho = 80\% \cdot 91,7[dm^3] \cdot 0,55[\frac{kg}{dm^3}] = 40,4[kg]$	m _p = 40,4[kg]
m _p = 40,4[kg] m _z = 41,56 [kg]	18.0 Container mass with fuel/ masa zbiornika z paliwem $m = m_z + m_p = 41,56[kg] + 40,4[kg] = 82[kg]$	m = 82[kg]

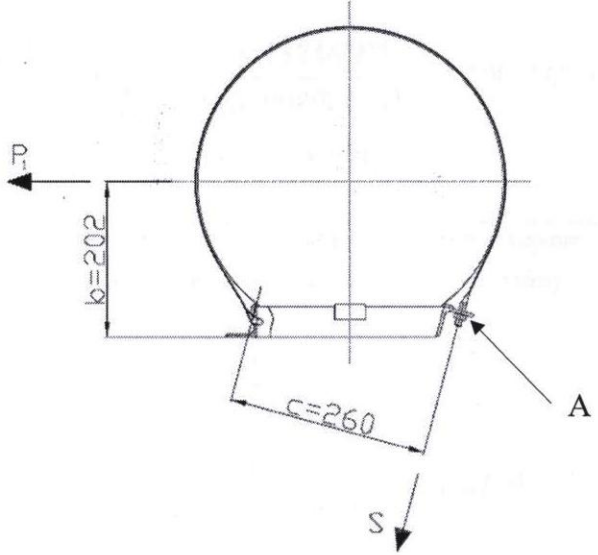
STEP ALTERNATIF YAKIT SISTEMLERI A.S.

$m = 82[\text{kg}]$ $g = 9,81 [\text{m/s}^2]$ $H_s = 135[\text{mm}]$	19.0 Max. bending torque of the bolt /maksymalny moment zginający śruby $M_g = m \cdot 20g \cdot H_s = 82[\text{kg}] \cdot 20 \cdot 9,81 \left[\frac{\text{m}}{\text{s}^2} \right] \cdot 0,135[\text{m}] = 2172[\text{Nm}]$ $M_g = 2172 [\text{Nm}]$	
$M_g = 2172 [\text{Nm}]$ $L_1 = 50 [\text{mm}]$ $L_2 = 216,5 [\text{mm}]$ $L_{\text{max}} = 383 [\text{mm}]$ $L_2 = L_3$ $L_4 = L_{\text{max}}$ $i = 4$ i – quantity of bolts	20.0 Max. force in a bolt resulting from the bending torque /max siła pochodząca od momentu gnącego w jednej śrubie $P_{g \text{ max}} = \frac{M_g \cdot L_{\text{max}}}{\sum_{i=1}^{\text{max}} L_i^2}$ $P_{g \text{ max}} = \frac{2172[\text{Nm}] \cdot 0,383[\text{m}]}{(0,05[\text{m}])^2 + 2 \cdot (0,2165[\text{m}])^2 + (0,383[\text{m}])^2}$ $P_{g \text{ max}} = \frac{831,9[\text{Nm}^2]}{0,242933[\text{m}^2]} = 3425[\text{N}]$ $P_{g \text{ max}} = 3425 [\text{N}]$	
For thread M12 / Dla śruby M8 średnica rdzenia: $d_r = 6,355[\text{mm}]$ $k_{\text{dop}} = 800[\text{MPa}]$	21.0 Permissible bolt breaking force /dopuszczalna siła zrywająca śrubę $P_{\text{dop}} = \frac{\pi \cdot d_r^2 \cdot k_{\text{dop}}}{4}$ $P_{\text{dop}} = \frac{\pi \cdot (0,006355[\text{m}])^2 \cdot 800 \cdot 10^6 [\text{Pa}]}{4} = 25362[\text{N}]$ $P_{\text{dop}} = 25362[\text{N}]$	
For thread M12 pitch diameter of thread / Dla śruby M8 średnica podziałowa gwintu: $d_p = 7,188[\text{mm}]$ $\rho = 0,17 [\text{rad}]$ $\gamma = 0,1739 [\text{rad}]$ $M_d = 15[\text{Nm}]$	22.0 Preload force/siła napięcia wstępnego Implemented bolt tightening torque / przyjęto moment dokręcenia śrub równy $M_d = 15[\text{Nm}]$ $M_d = 0,5P_w \cdot d_p \cdot \text{tg}(\gamma + \rho) \Rightarrow$ $P_w = \frac{M_d}{0,5 \cdot d_p \cdot \text{tg}(\gamma + \rho)}$ $P_w = \frac{15[\text{Nm}]}{0,5 \cdot [0,007188[\text{m}] \cdot \text{tg}(0,17 + 0,1739)]} = 11654[\text{N}]$ $P_w = 11654 [\text{N}]$	
$P_{g \text{ max}} = 3425 [\text{N}]$ $P_w = 11654 [\text{N}]$ $m = 82[\text{kg}]$ $g = 9,81 [\text{m/s}^2]$	23.0 Max axial force in a bolt/ maksymalna siła osiowa w śrubie $P_C = P_{g \text{ max}} + P_w + \frac{m \cdot g}{4} \Rightarrow$ $P_C = 3425[\text{N}] + 11654[\text{N}] + \frac{82[\text{kg}] \cdot 9,81 \left[\frac{\text{m}}{\text{s}^2} \right]}{4} = 15980[\text{N}]$ $P_C = 15980[\text{N}]$ $P_C < P_{\text{DOP}}$ - REQUIREMENTS ARE FULFILLED/WARUNEK JEST SPEŁNIONY	

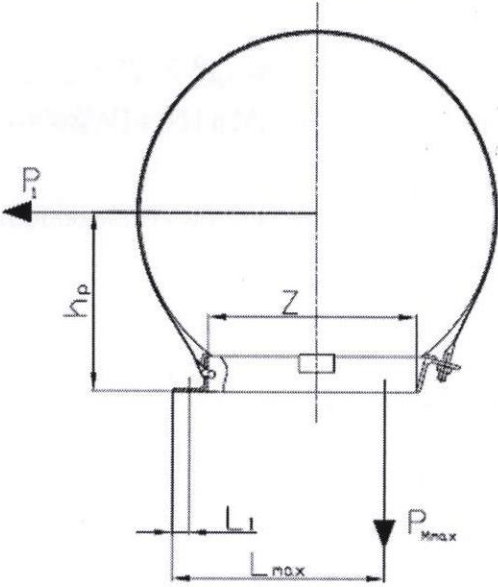
STEP ALTERNATIF YAKIT SİSTEMLERİ A.Ş.

$P_C = 15980[N]$ $d_r = 6,355[mm]$ $k_{dop} = 800[MPa]$	24.0 Max. stresses in a bolt/maksymalne naprężenia w śrubie $\sigma = \frac{4 \cdot P_C}{\pi \cdot d_r^2} \leq k_{dop}$ $\sigma = \frac{4 \cdot 15980[N]}{\pi \cdot (0,006355[m])^2} = 504[MPa]$ $\sigma < k_{dop} = 800[MPa]$ REQUIREMENTS ARE FULFILLED/WARUNEK JEST SPEŁNIONY	
PART III/CZĘŚĆ III CALCULATION OF CYLINDRICAL CONTAINER TYPE 400x140 CAPACITY 142[dm³] Version A with four mounting bolts – container type cylindrical 400x140 capacity 142[dm³] wersja A z mocowaniem na cztery śruby – zbiornik cylindryczny 400x140o pojemności 142 dm³		
Container installed perpendicular to the vehicle longitudinal axis/Zbiornik mocowany poprzecznie do kierunku jazdy VERSION A/ WERSJA A		
$V = 142 [dm^3]$ $\rho = 0,55[kg/dm^3]$	25.0 Fuel mass for 80% filling of the container / masa paliwa dla stopnia napełnienia 80% $m_p = 80\%V \cdot \rho = 80\% \cdot 142[dm^3] \cdot 0,55[\frac{kg}{dm^3}] = 62,5[kg]$	$m_p = 62,5[kg]$
$m_p = 62,5[kg]$ $m_z = 60,14 [kg]$	26.0 Container mass with fuel/ masa zbiornika z paliwem $m = m_z + m_p = 60,14[kg] + 62,5[kg] = 122,7[kg]$	$m = 122,7[kg]$

STEP ALTERNATIF YAKIT SISTEMLERI A.S.

$m = 122,7[\text{kg}]$ $g = 9,81 [\text{m/s}^2]$ $n = 3$ – number of bends/ ilość taśm $b = 202[\text{mm}]$ $c = 260[\text{mm}]$	27.0 Tightening force in one bend/Siła napięcia w jednej taśmie.  FOR POSITION A $\frac{P_1}{n} \cdot b = S \cdot c \Rightarrow S = \frac{P_1 \cdot b}{n \cdot c}$ $P_1 = 20m \cdot g = 24074[\text{N}]$ $S = 6235[\text{N}]$	$P_1 = 24074[\text{N}]$ $S = 6235[\text{N}]$
For bolt type M10/ Dla M10 $d_r = 8,026[\text{mm}]$ $k_{dop} = 500[\text{MPa}]$	28.0 Permissible bolt breaking force in place A/dopuszczalna siła zrywająca w poz. A $P_{dop} = \frac{\pi \cdot d_r^2 \cdot k_{dop}}{4}$ $P_{dop} = \frac{\pi \cdot (0,008026[m])^2 \cdot 500 \cdot 10^6 [\text{Pa}]}{4} = 25283[\text{N}]$	$P_{dop} = 25283[\text{N}]$
For the M10 thread - pitch diameter of thread / Dla M10 średnica podziałowa gwintu: $d_p = 9,026[\text{mm}]$ $\rho = 0,17 [\text{rad}]$ $\gamma = 0,1662 [\text{rad}]$ $M_d = 15[\text{Nm}]$	29.0 Preload force/siła napięcia wstępnego Implemented bolt tightening torque / przyjęto moment dokręcenia śrub równy $M_d = 15[\text{Nm}]$ $M_d = 0,5P_w \cdot d_p \cdot tg(\gamma + \rho) \Rightarrow$ $P_w = \frac{M_d}{0,5 \cdot d_p \cdot tg(\gamma + \rho)}$ $P_w = \frac{15[\text{Nm}]}{0,5 \cdot [0,009026[m] \cdot tg(0,17 + 0,1662)]} = 9511[\text{N}]$	$P_w = 9511 [\text{N}]$
$S = 6235[\text{N}]$ $P_w = 9511 [\text{N}]$ $P_{dop} = 25283[\text{N}]$	30.0 Max axial force in a bolt/ maksymalna siła osiowa w śrubie $P_C = S + P_w \leq P_{dop} \Rightarrow$ $P_C = 6235[\text{N}] + 9511[\text{N}] = 15746[\text{N}] \leq 25283[\text{N}]$ $P_C < P_{DOP}$ - REQUIREMENT S ARE FULFILLED /WARUNEK JEST SPEŁNIONY	$P_C = 15746[\text{N}]$

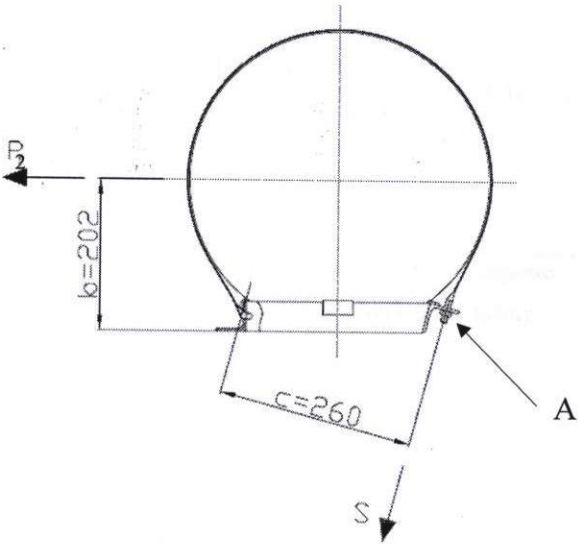
STEP ALTERNATIF YAKIT SISTEMLERI A.S.

Pin diameter $d_s=0,008[m]$	34.0 Pin section area/ Przekrój sworznia $F_s = \frac{\pi \cdot d_s^2}{4} = \frac{\pi \cdot (0,008[m])^2}{4} = 0,00005024[m^2]$	$F_s = 0,00005024[m^2]$
$S = 6235[N]$ $P_w = 9511 [N]$ $F_s = 0,00005024[m^2]$ dla St3S $R_m=375[MPa]$	35.0 Shear strenght/Wytrzymałość na ścinanie $\tau_s = \frac{S + P_w}{2F_s} = \frac{6235[N] + 9511[N]}{2 \cdot 0,0000785[m^2]} = 100,3[MPa]$ $\tau_s = 100,3[MPa] < \tau_{sdop} = 0,27 \cdot R_m = 101,25[MPa]$	$\tau_s = 100,3[MPa]$
$P_w = 9511 [N]$ For contact rubber with metal/Dla gumy z metalem $\mu = 0,8$ $m = 122,7[kg]$ $g = 9,81 [m/s^2]$ $n = 3$	36.0 Frictional resistance calculations in transversal direction, overload 8g / Obliczenie oporów tarcia w kierunku poprzecznym, przeciążenie 8g $N = P_r \cdot \mu$ Radial force resulting from the bend tightening/ Siła promieniowa od docisku taśmy $P_r = \frac{P_w}{0,8} = 11889[N] \quad N=9512[N]$ $P_2 = 8mg = 9630[N]$ $n \cdot N = 28536[N] > P_2 = 9630[N]$	$P_r = 11889[N]$ $N = 9512[N]$ $P_2 = 9630[N]$
	37.0 Calculation of the frame mounting/Obliczenia mocowania ramki 	
$P_1 = 24074[N]$ $h_p = 202 [mm]$ $L_1 = 19 [mm]$ $L_{max} = 240 [mm]$	38.0 Max. force from flex torque in a bolt/max siła pochodząca od momentu gnącego w jednej śrubie $P_{M \max} = \frac{M_g \cdot L_{\max}}{\sum_{i=1}^{\max} l_i^2} = \frac{P_1 \cdot h_p \cdot L_{\max}}{2l_1^2 + 2l_{\max}^2}$ $P_{M \max} = \frac{24074[Nm] \cdot 0,202[m] \cdot 0,240[m]}{2 \cdot (0,019[m])^2 + 2 \cdot (0,240[m])^2} = 10068[N]$	$P_{M \max} = 10068[N]$

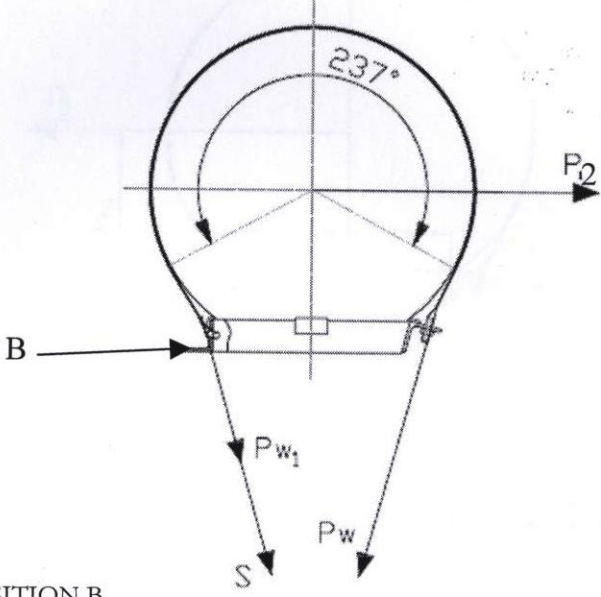
STEP ALTERNATIF YAKIT SISTEMLERI A.S.

For bolt type M10/Dla M10 $d_r=8,026[mm]$ $k_{dop}=800[MPa]$	39.0 Permissible bolt breaking force /dopuszczalna siła zrywającej śrubę $P_{dop} = \frac{\pi \cdot d_r^2 \cdot k_{dop}}{4}$ $P_{dop} = \frac{\pi \cdot (0,008026[m])^2 \cdot 800 \cdot 10^6 [Pa]}{4} = 40453[N]$
--	---

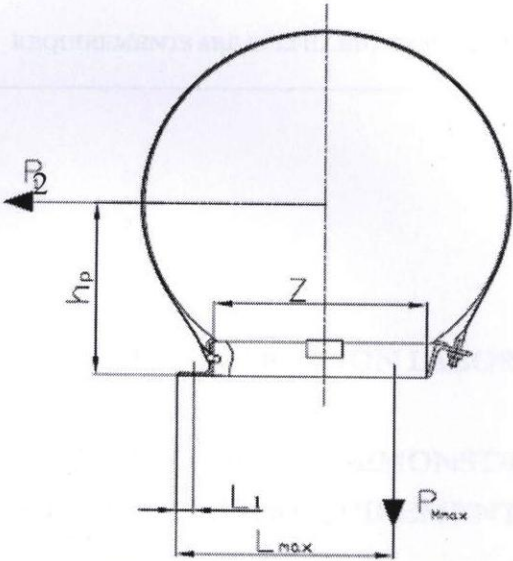
STEP ALTERNATIF YAKIT SISTEMLERI A.S.

m = 122,7[kg] g = 9,81 [m/s²] n = 3 – ilość taśm b = 202[mm] c = 260[mm]	42.0 Tension in one band/Siła napięcia w jednej taśmie.  For position A $\frac{P_2}{n} \cdot b = S \cdot c \Rightarrow S = \frac{P_2 \cdot b}{n \cdot c}$ $P_2 = 8m \cdot g = 9630[N]$ $S = 2494[N]$	P₂ = 9630[N] S = 2494[N]
For thread M10/ Dla M10 d_r = 8,026[mm] k_{dop} = 500[MPa]	43.0 Permissible bolt breaking force in place A/dopuszczalna siła zrywająca w poz. A $P_{dop} = \frac{\pi \cdot d_r^2 \cdot k_{dop}}{4}$ $P_{dop} = \frac{\pi \cdot (0,008026[m])^2 \cdot 500 \cdot 10^6 [Pa]}{4} = 25283[N]$	P_{dop} = 25283[N]
For the M10 bolt pitch diameter of thread/ Dla M10 średnica podziałowa gwintu: d_p = 9,026[mm] ρ = 0,17 [rad] γ = 0,1662 [rad] M_d = 15[Nm]	44.0 Preload force/siła napięcia wstępnego Implemented bolt tightening torque / przyjęto moment dokręcenia śrub równy M_d = 15[Nm] $M_d = 0,5P_w \cdot d_p \cdot tg(\gamma + \rho) \Rightarrow$ $P_w = \frac{M_d}{0,5 \cdot d_p \cdot tg(\gamma + \rho)}$ $P_w = \frac{15[Nm]}{0,5 \cdot [0,009026[m] \cdot tg(0,17 + 0,1662)]} = 9511[N]$	P_w = 9511[N]
S = 2494[N] P_w = 9511[N] P_{dop} = 25283[N]	45.0 Max axial force in a bolt/ maksymalna siła osiowa w śrubie $P_C = S + P_w \leq P_{dop} \Rightarrow$ $P_C = 2494[N] + 9511[N] = 12005[N] \leq 25283[N]$ P_C < P_{DOP} . REQUIREMENTS ARE FULFILLED/WARUNEK JEST SPEŁNIONY	P_C = 12005[N]

STEP ALTERNATIF YAKIT SISTEMLERI A.S.

$P_C = 12005 [N]$ $d_r = 8,026 [mm]$ $k_{dop} = 500 [MPa]$	46.0 Max. stress in a bolt/Maksymalne naprężenie w śrubie $\sigma = \frac{4 \cdot P_c}{\pi \cdot d_r^2} \leq k_{dop} \Rightarrow \frac{4 \cdot 12005 [N]}{\pi \cdot (0,008026 [m])^2} \leq 500 [MPa]$ 238[MPa]<500[MPa]	$\sigma = 238 [MPa]$
$P_C = 12005 [N]$ $h = 2 [mm]$ $s = 35 [mm]$ $k_{dop} = 335 [MPa]$	47.0 Band resistance for extension/Wytrzymałość taśmy na rozciąganie h – band height /wysokość taśmy, s – band width/szerokość taśmy $\sigma_r = \frac{P_c}{h \cdot s} \leq k_{dop}$ $\sigma_r = \frac{12005 [N]}{0,002 [mm] \cdot 0,035 [mm]} \leq 335 [MPa]$ 172{MPa} < 335[MPa]	$\sigma_r = 172 [MPa]$
$\varphi = 237^\circ$ $\varphi = 4,136 [rad]$ $\mu = 0,4$ $e = 2,72$ $P_W = 9511 [N]$	48.0 Calculation of pin fixing band pos. B/Obliczenia sworznia mocującego taśmę poz. B  POSITION B Wrapping angle $\varphi = 237^\circ$ $\frac{P_W}{P_{W1}} = e^{\mu \varphi} \Rightarrow P_{W1} = \frac{P_W}{e^{\mu \varphi}}$ $P_{W1} = 1817 [N]$	$P_{W1} = 1817 [N]$

STEP ALTERNATIF YAKIT SISTEMLERI A.S.

Pin diameter $d_s=0,008[m]$	49.0 Pin section area/Przekrój sworznia $F_s = \frac{\pi \cdot d_s^2}{4} = \frac{\pi \cdot (0,008[m])^2}{4} = 0,00005024[m^2]$	$F_s = 0,00005024[m^2]$
S= 2494[N] P _w = 9511[N]	50.0 Shear strenght /Wytrzymałość na ścinanie $\tau_s = \frac{S + P_w}{2F_s} = \frac{2494[N] + 9511[N]}{2 \cdot 0,0000785[m^2]} = 76,5[MPa]$ $\tau_s = 76,5[MPa] < \tau_{sdop} = 0,27 \cdot R_m = 101,25[MPa]$	$\tau_s = 76,5[MPa]$
P _w = 9511 [N] For contact rubber with metal/ Dla gumy z meta-lem $\mu = 0,8$ m = 122,7[kg] g = 9,81 [m/s²] n = 3	51.0 Frictional resistance calculations in transversal direction, overload 8g /Obliczenie oporów tarcia w kierunku poprzecznym, przeciążenie 8g $N = P_r \cdot \mu$ Radial force resulting from the bend tightening / Siła promieniowa od docisku taśmy $P_r = \frac{P_w}{0,8} = 11889[N] \quad N=9512[N]$ $P_1 = 20mg = 24074[N]$ $n \cdot N = 28536[N] > P_1 = 24074[N]$	
	52.0 Calculation of frame fitting/Obliczenia mocowania ramki 	
P ₂ = 9630[N] h _p = 202 [mm] L ₁ = 19 [mm] L _{max} = 240 [mm]	53.0 Max. force from flex torque in a bolt/max siła pochodząca od momentu gnącego w jednej śrubie $P_{M \max} = \frac{M_g \cdot L_{\max}}{\sum_{i=1}^{\max} l_i^2} = \frac{P_2 \cdot h_p \cdot L_{\max}}{2l_1^2 + 2l_{\max}^2}$ $P_{M \max} = \frac{9630[Nm] \cdot 0,202[m] \cdot 0,240[m]}{2 \cdot (0,019[m])^2 + 2 \cdot (0,240[m])^2} = 4027[N]$	P _{Mmax} = 4027[N]

STEP ALTERNATIF YAKIT SISTEMLERI A.S.

For bolt type M10/ Dla M10 $d_r = 8,026[mm]$ $k_{dop} = 800[MPa]$	54.0 Permissible bolt breaking force / dopuszczalna siła zrywającej śrubę $P_{dop} = \frac{\pi \cdot d_r^2 \cdot k_{dop}}{4}$ $P_{dop} = \frac{\pi \cdot (0,008026[m])^2 \cdot 800 \cdot 10^6 [Pa]}{4} = 40453[N]$	$P_{dop} = 40453[N]$
For M10 bolt pitch diameter of the thread/ Dla M10 średnica podziałowa gwintu: $d_p = 9,026[mm]$ $\rho = 0,17 [rad]$ $\gamma = 0,1662 [rad]$ $M_d = 15[Nm]$	55.0 Preload force/siła napięcia wstępnego Implemented bolt tightening torque / przyjęto moment dokręcenia śrub równy $M_d = 15[Nm]$ $M_d = 0,5 P_w \cdot d_p \cdot tg(\gamma + \rho) \Rightarrow$ $P_w = \frac{M_d}{0,5 \cdot d_p \cdot tg(\gamma + \rho)}$ $P_w = \frac{15[Nm]}{0,5 \cdot [0,009026[m] \cdot tg(0,17 + 0,1662)]} = 9511[N]$	$P_w = 9511[N]$
$P_{Mmax} = 4027[N]$ $P_w = 9511 [N]$ $P_{dop} = 40453[N]$	56.0 Max axial force in a bolt/ maksymalna siła osiowa w śrubie $P_C = P_{Mmax} + P_w \leq P_{dop} \Rightarrow$ $P_C = 4027[N] + 9511[N] = 13538[N] \leq 40453[N]$ $P_C < P_{DOP} - REQUIREMENTS ARE FULFILLED / WARUNEK JEST SPEŁNIONY$	

CONFIRMATION OF HOMOLOGATION LABORATORY E20/H20

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

14-02-2008

date,

Laboratorium Badań Homologacyjnych
Katedra Budowy Pojazdów Samochodowych
signature
dr inż. Marek FLEKIEWICZ