



**DANISH  
TECHNOLOGICAL  
INSTITUTE**

Gregersensvej  
DK-2630 Taastrup  
Tel. +45 72 20 20 00  
Fax +45 72 20 20 19

info@teknologisk.dk  
www.teknologisk.dk

# FE calculation of 5 m<sup>3</sup> oil- and grease separator

For

Caoporate R&D Pipelife International  
Att.: Ton Schoenmaker  
Flevolaan 7  
P.O.Box 380  
1600 AJ Enkhuizen  
The Netherlands

Date: 5 June 2009  
Project no.: 1306987  
Pages: 11  
Enclosures: 0  
Initials: tk/eta  
File name: 1210743\_final report fe calculation of oil and grease separator.doc

Torben Martens Knudsen  
Project Manager

Telephone: 72 20 31 19  
E-mail: torben.knudsen@teknologisk.dk

## Objective

The report deals with calculation of structural stability of the tank according to EN 858-1 “Separator systems for light liquids (e.g. oil and petrol) and EN 1825-1 “Principles of design, performance and testing, marking and quality control”. The calculation is performed as laid out in C.6 in EN 12566-3 “Pit Test”.

## Data

Tank geometry is according to Pipelife drawing no. T 3210 of 2007-02-15

Tank volume: 5 m<sup>3</sup>

Tank dimensions: diameter appr. 1.6 m, length: 2.8 m

Tank wall thickness: 12 mm (mean)

Weight of tank app.: 260 kg

## Moulding resin

Type: LLDPE, linear low density polyethylene

Designation: Dowlex 2432

Density: 939 kg/m<sup>3</sup>

Melt flow index: 3.8 g/10 min

Flexural modulus: 730 MPa

Tensile strength at yield: 19 MPa

## Design data

Short term flexural modulus: 730 MPa

Creep flexural modulus (500 h): 275 MPa (estimate)

Poissons ratio: 0.41

Bedding and backfill is compacted and granular material, gravel

Soil modulus: 5 MPa (90 Proctor value)

Soil density: 18 kN/m<sup>3</sup>

Soil density below ground water: 11 kN/m<sup>3</sup>

Ground water density: 10 kN/m<sup>3</sup>

$K=0.27$  acc. EN 12566-3 2005 section 6.2.1.2

## Loads and design conditions

The report deals with long term stress and strain analyses as well as deflection of the tank subjected to hydrostatic and soil load. The analyses include the interaction of soil stiffness. The calculation assumed an empty tank submerged 2.5 meters below ground level for long period of up to 500 hours. The tank is interacted and stiffened by the granular soil. It is furthermore assumed that there will be no slip between the tank and soil.

## System:

COSMOS, FEA model high order solid elements.

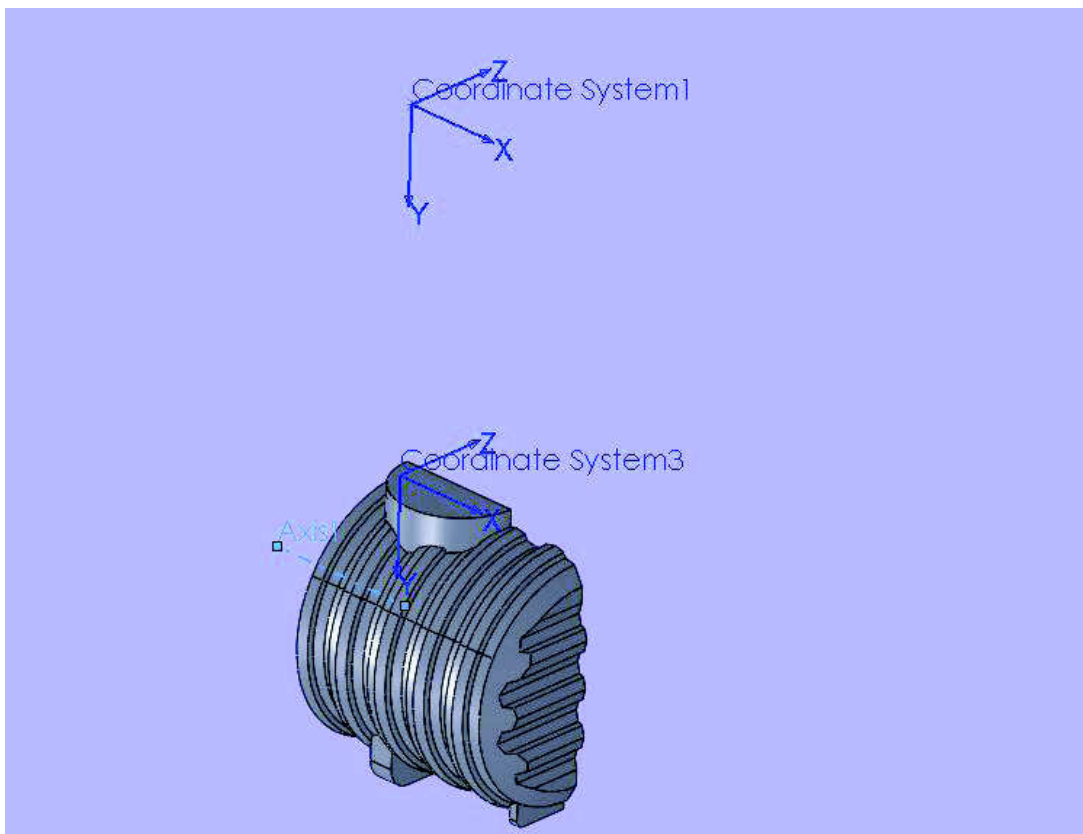


Figure 1. Due to symmetry, only  $\approx 1/4$  of the tank will be modelled

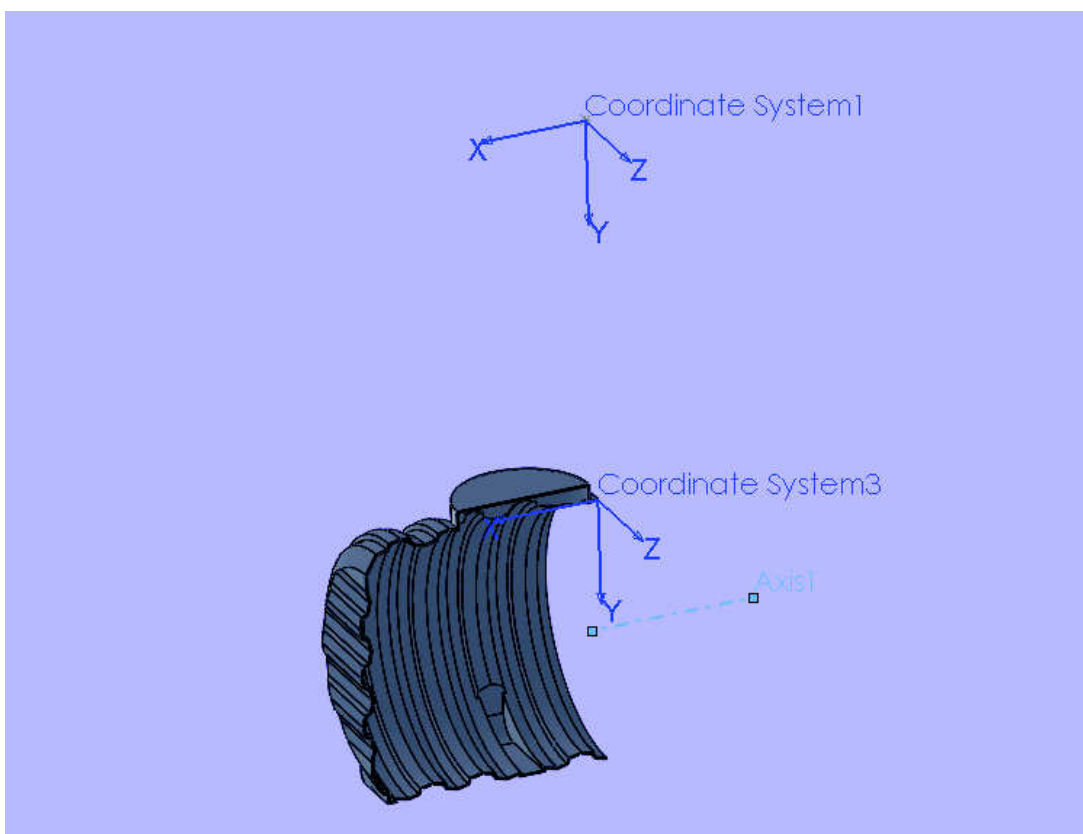


Figure 2. Model

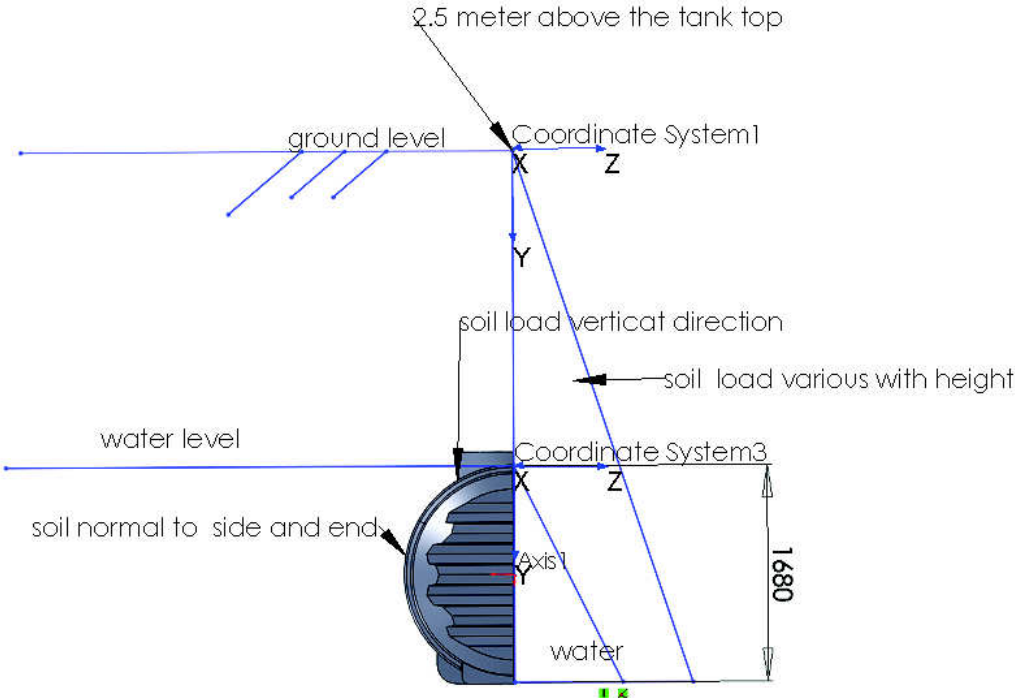


Figure 3: Loads

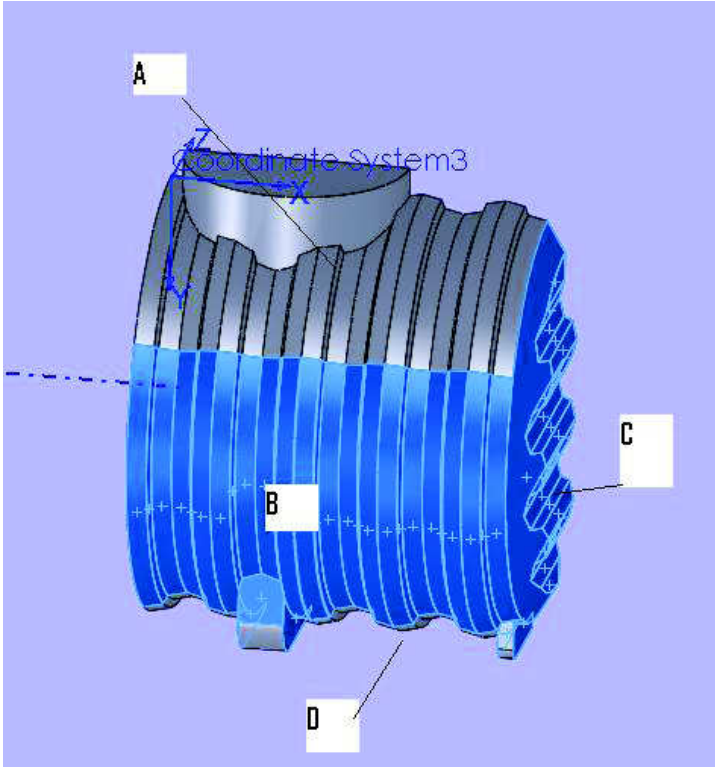


Figure 4: Soil load is vertical at zone A  
 Soil load is normal to surfaces at zones B and C  
 Hydrostatic load is normal to all surfaces at A, B, C and D  
 All loads vary with heights

**Loads**

The tank is submerged in the ground 2.5 meters below the surface. The load distribution is shown in Figure 3.

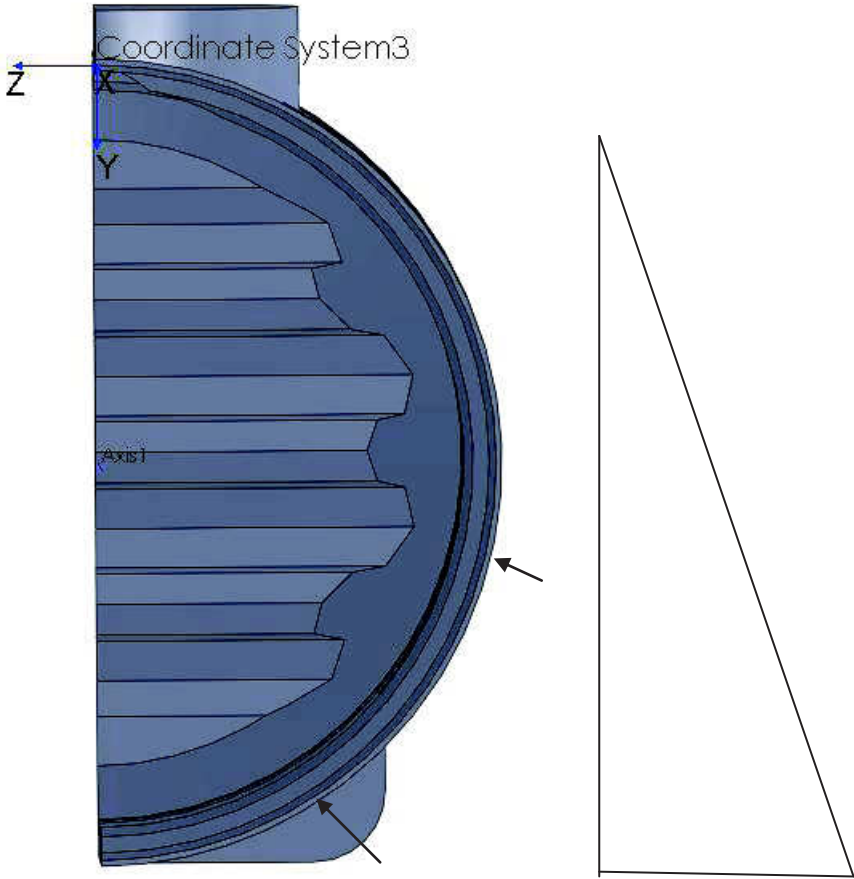
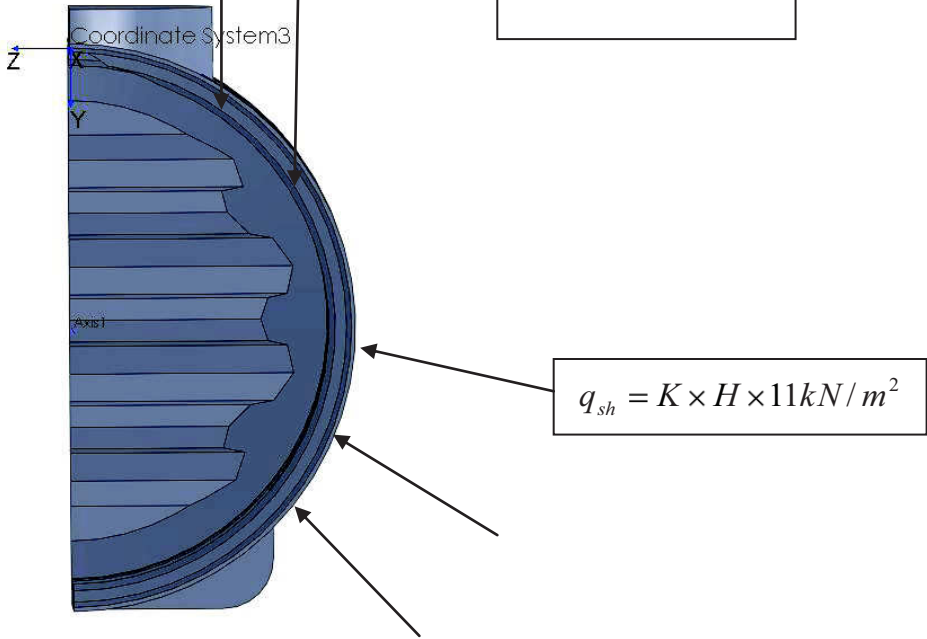


Figure 5: Hydrostatic load

$$q_{sv} = H \times 18kN/m^2$$



$$q_{sh} = K \times H \times 11kN/m^2$$

Figure 6: Soil loads

All loads are varying linearly with height (H).

Where hydrostatic load is normal to all surfaces, except opening which is assumed that there is a vertical pipe up to ground level.

Soil load is vertical to surface, only acting at the top over  $120^\circ$  and normal to surface over  $60^\circ$  horizontal.

The external pressure load due to hydrostatic and soil will be as follows:

Soil vertical load is  $q_{sv}=18 \times H$  ( $\text{kN/m}^2$ ) at  $120^\circ$  at top and  $q_{sh} = 0.27 \times 11 \times H$  ( $\text{kN/m}^2$ ) at  $60^\circ$  at horizontal section Hydrostatic load  $p = 10 \times H$  ( $\text{kN/m}^2$ ) normal to all surfaces.

## Results

### Stress Analysis

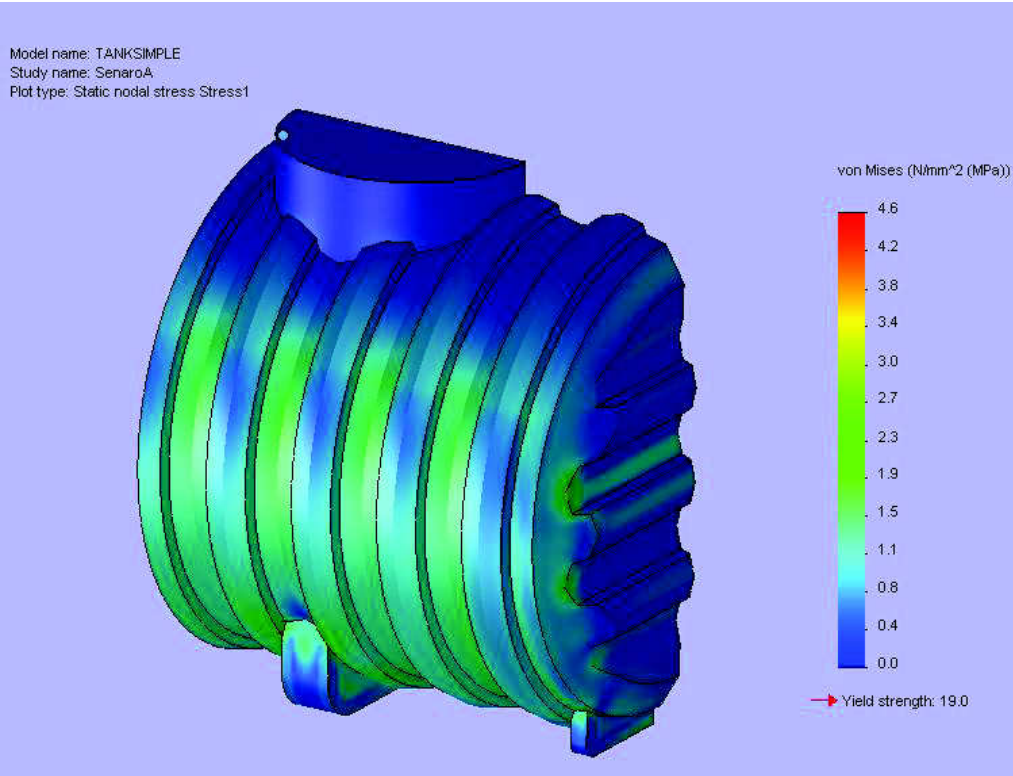


Figure 7: The average stress is about 3 MPa

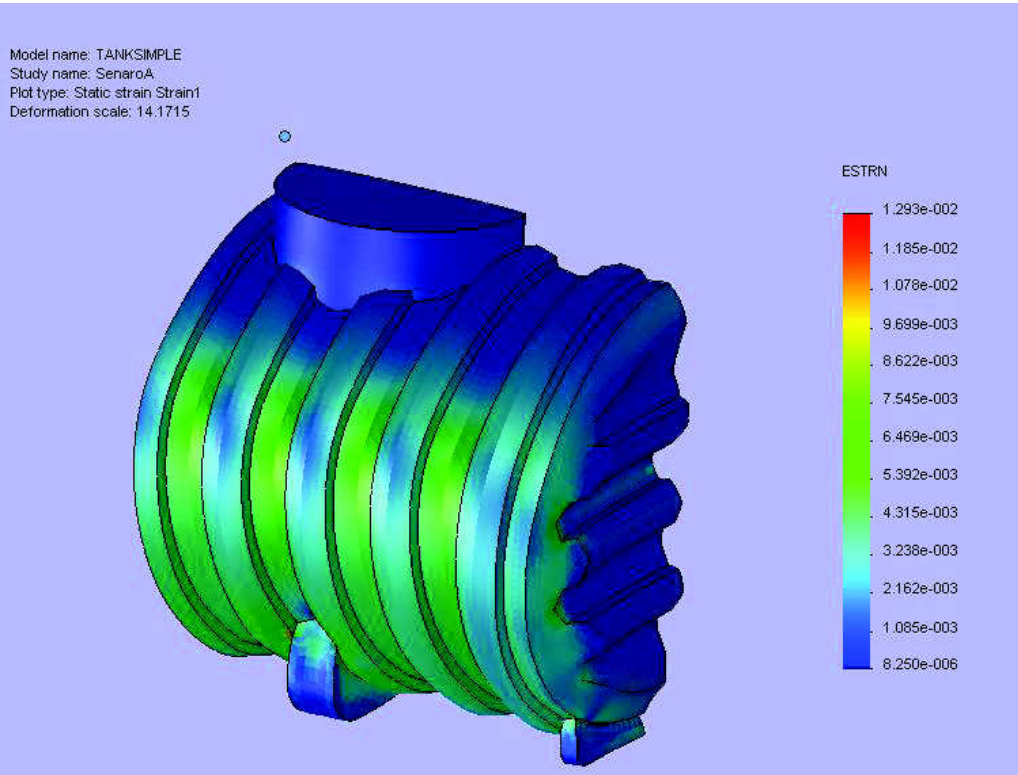


Figure 8: The average strain is about 1.0 %



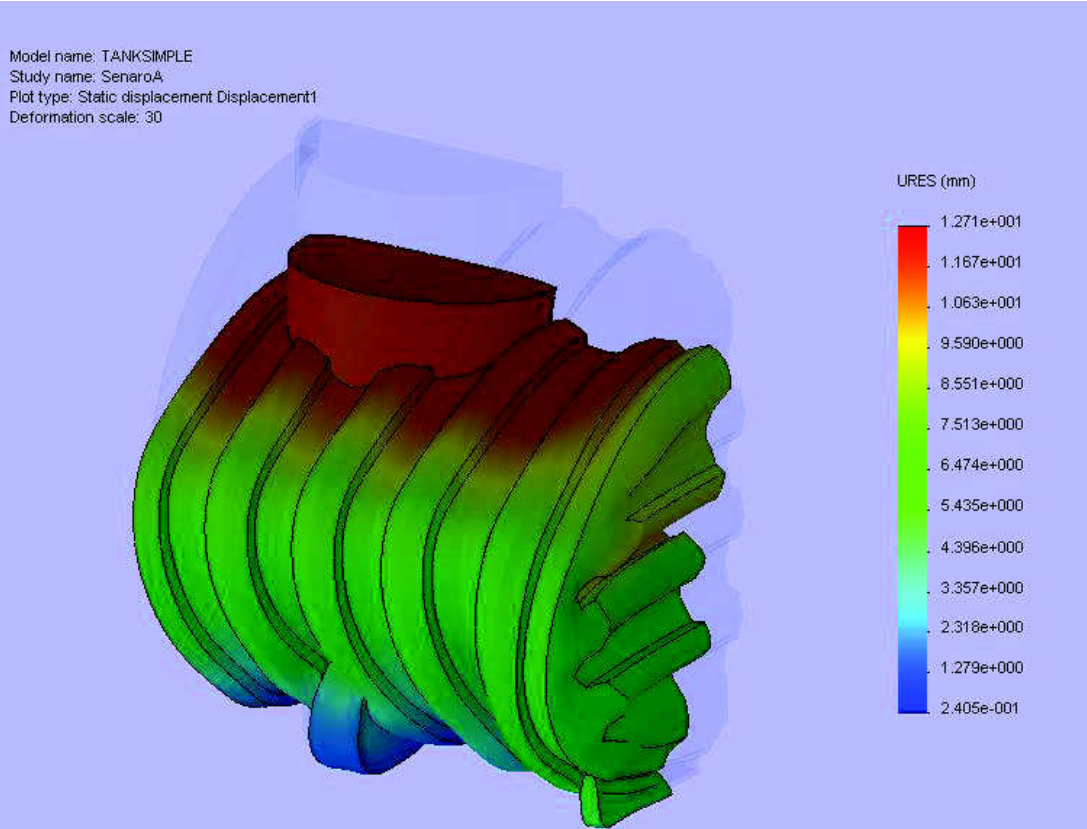


Figure 9: Displacement plot maximum local is about 12 mm

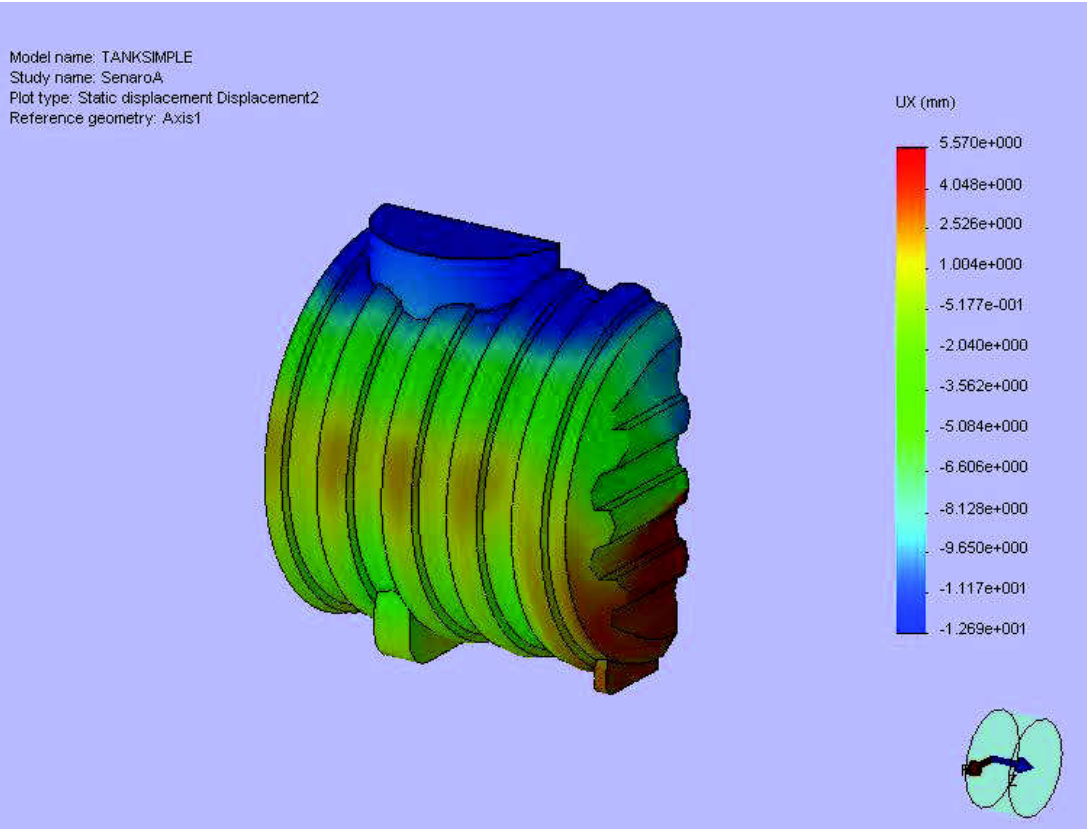


Figure 10: Radial deflection



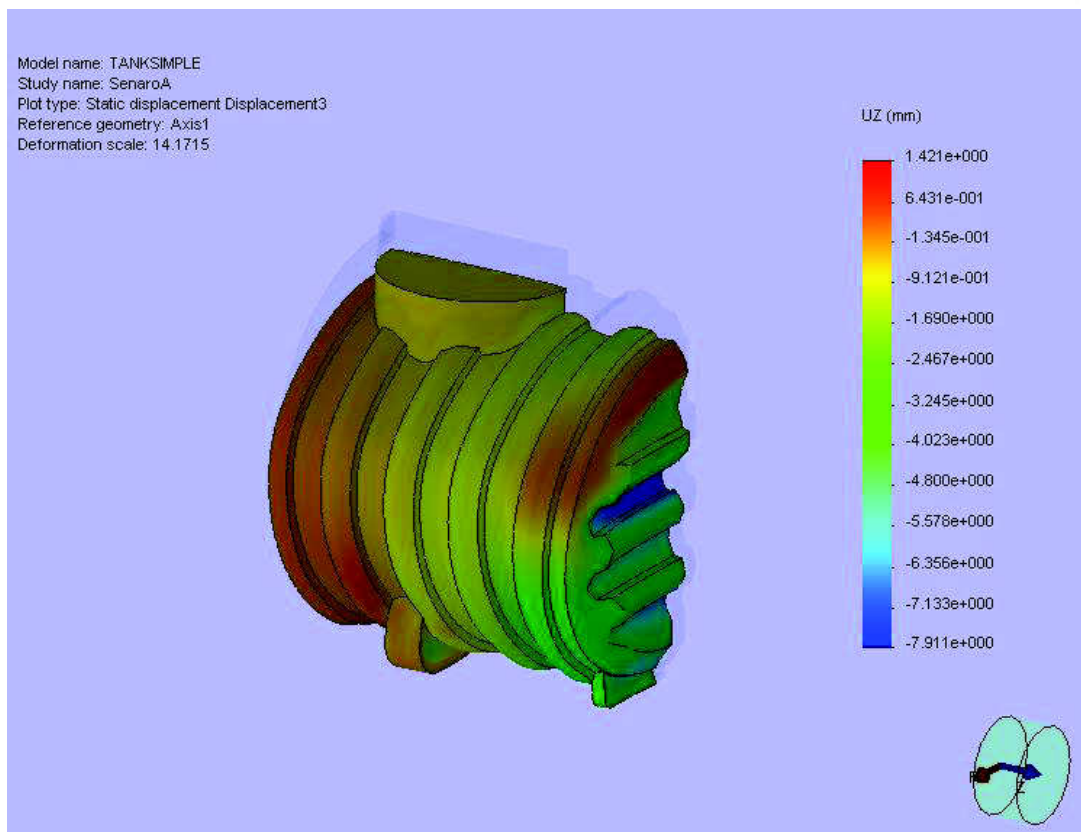


Figure 11: Longitudinal deflection.

## Summary

Volume reduction is calculated to about 3-4 %.

The loads applied in the calculation we assess to be equal to the load bearing capacity i.e. maximum installation depth is 2.5 m with soil density 18 kN/m<sup>2</sup>. This is also supported by the buckling analysis given in the attached appendix.

The material used to manufacturing the separators fulfil the requirements given in EN 1825-1 section 5.4 and EN 12566-3 section 6.5.5.1.

The tank/separator can be approved with respect to structural stability according to section 6.4 in EN 858-1.

The FE calculation have been carried out in cooperation with UNICUS Engineering

If further information is needed, please do not hesitate to contact the undersigned.

Yours sincerely  
Centre for Plastics Technology

*Torben Knudsen*

Torben Martens Knudsen  
Project Manager

## Appendix

This appendix deals with elastic buckling analysis. The objective is to determine the maximum ground depth for the tank. Water level remains at top the tank.

The buckling safety factor depends on several factors; the soil type and installation and imperfection of the tank itself, etc. The following calculations assumed a perfect tank without fault.

Several calculations have been made. The buckling safety have been found and tabulated below:

It is suggested, however, that the safety factor for elastic buckling is  $\geq 3.0$  for the worst load scenario. In this case, approximately 3.0 meter will be the maximum depth below ground level.

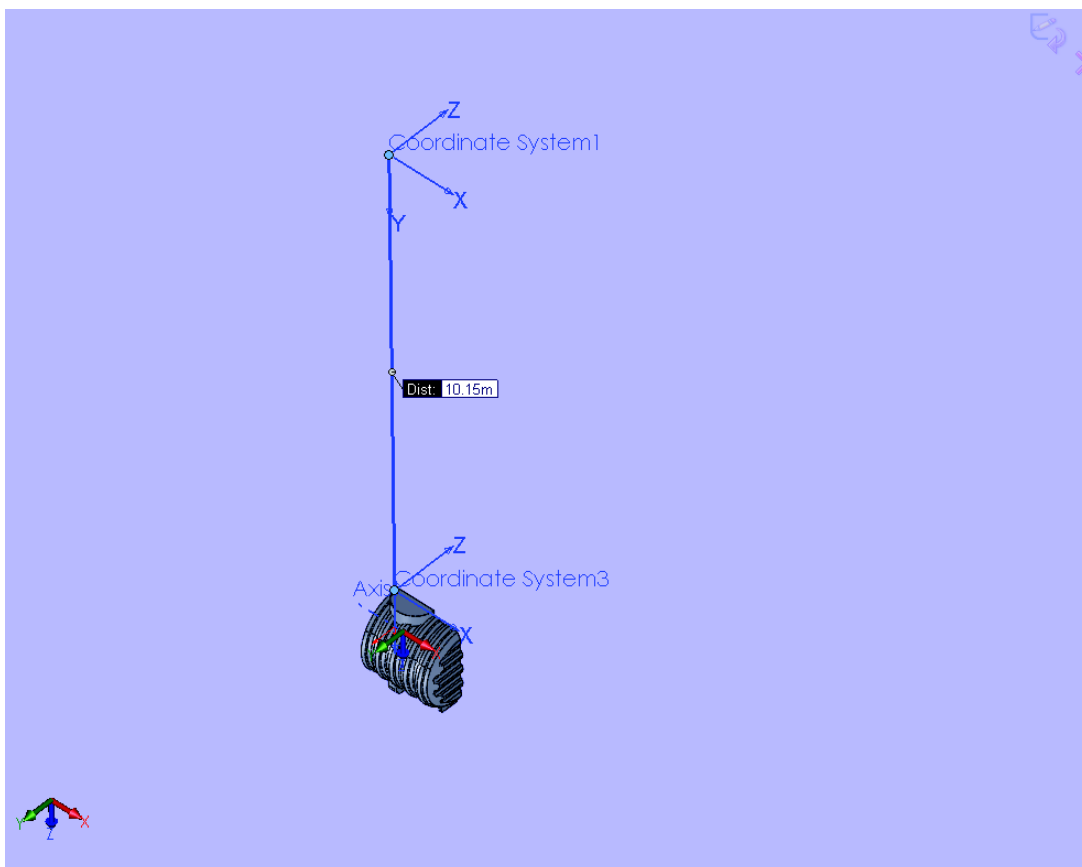


Figure: A1 Depth 10 meter.

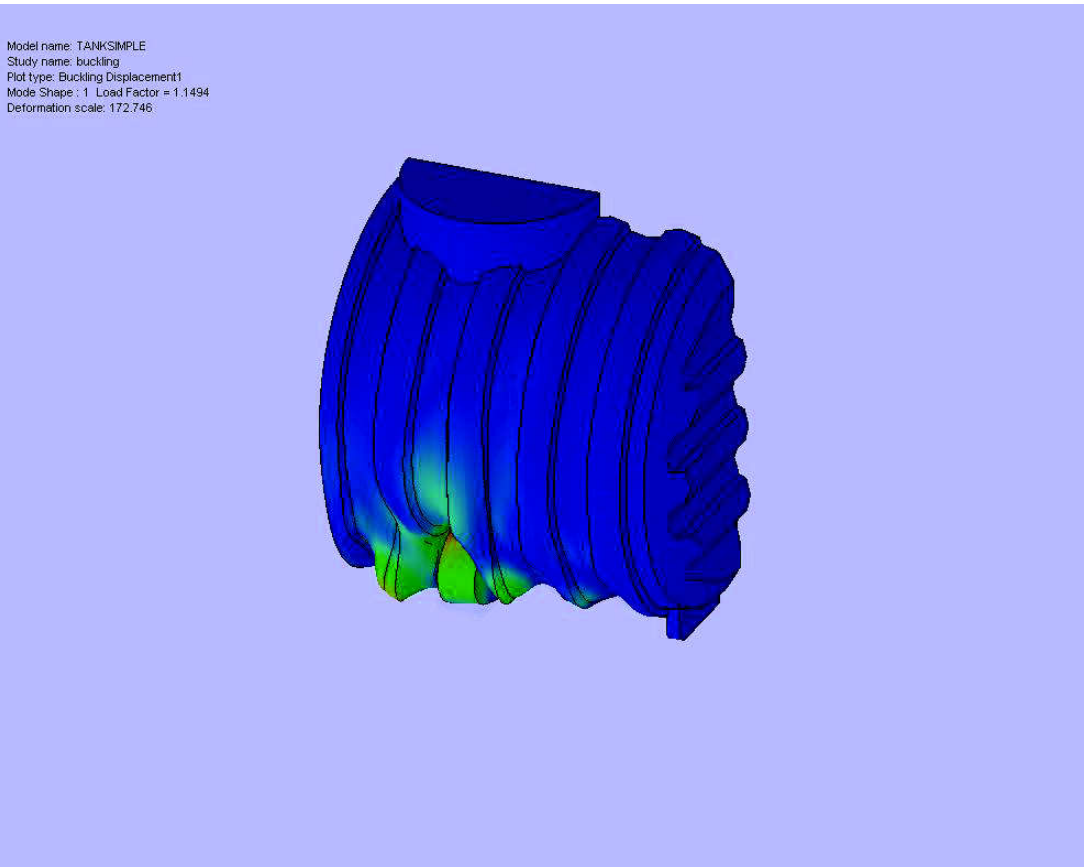
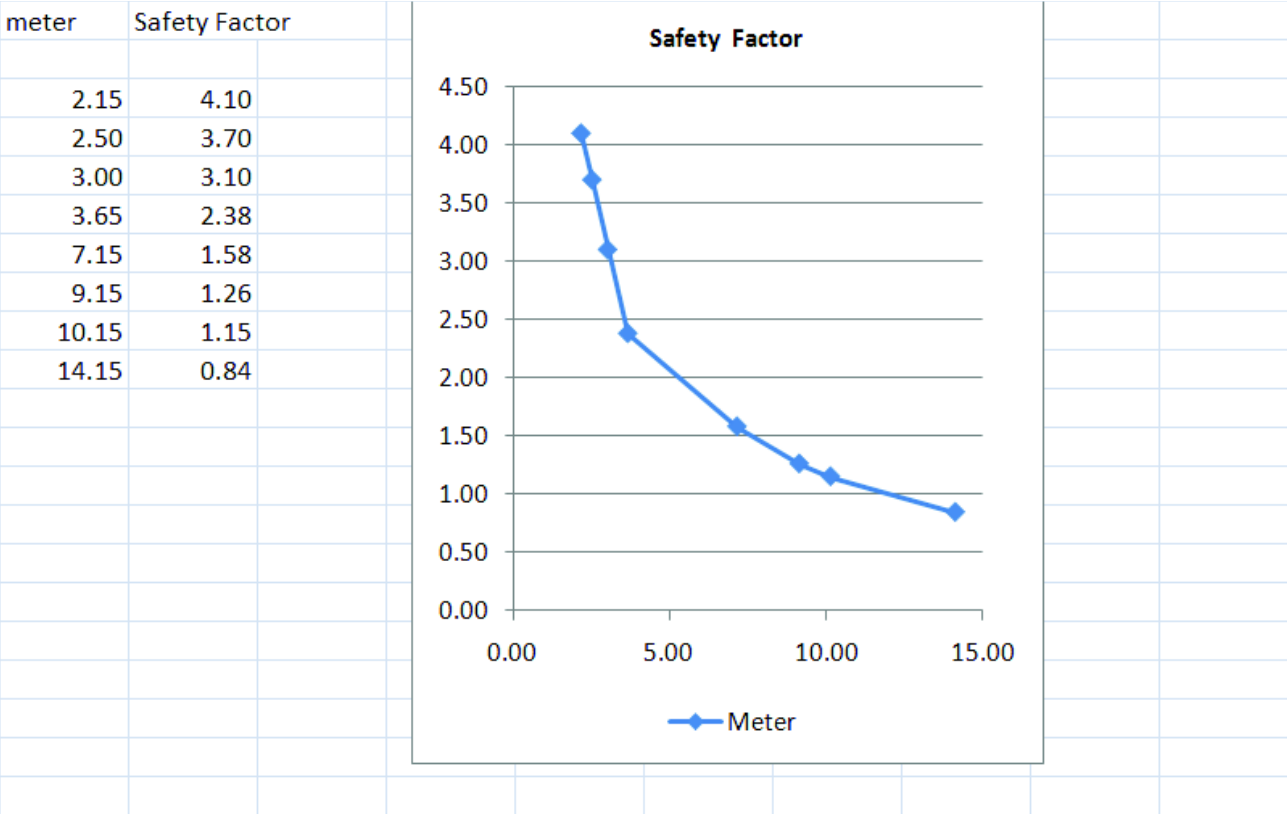


Figure A2: Safety factor  $\approx 1.0$



Превод от английски език

**ДАТСКИ  
ТЕХНОЛОГИЧЕСКИ  
ИНСТИТУТ**

Грегенсведж  
Дания 2630 Тааструп  
Тел. + 45 72 20 20 00  
Факс +45 72 20 20 19

info@teknologisk.dk  
www.teknologisk.dk

## **Изчисление на функциите на маслоуловител 5м<sup>3</sup>**

За

Caorporate R&D Pipelife International  
На вниманието на: Тон Шьонмакер  
Flevolaan 7  
P.O. Box 380  
1600 AJ Enkhuizen  
Нидерландия

Дата: 5 юни 2009 г.  
Проект №: 1306987  
Страници: 11  
Приложения: 0  
Инициали: tk/eta  
Име на документа: 1210743\_final report fe calculation of oil and grease separator.com

Торбен Мартенс Кнудсен  
Ръководител на проекта

Телефон: 72 20 31 19  
E-mail: Torben.knudsen@teknologisk.dk

## Цел

Докладът се отнася за измерване структурната стабилност на резервоара съгласно стандарт EN 858-1 „Системи за сепариране на леки течности (например нефтопродукти и бензин)” и стандарт EN 1825-1 „Принципи на проектиране, изпълнение и изпитване, маркировка и управление на качеството”. Изчислението е извършено съгласно точна С.6 от стандарт EN 12566-3 “Изпитване в изкоп”.

## Данни

Геометрията на резервоара е съобразена с чертеж № Т 3210 на Пайплайф от 15.02.2007 г.

Вместимост на резервоара:  $5\text{ м}^3$

Размери на резервоара: диаметър приблизително 1.6м, дължина 2.8 м

Дебелина на стените на резервоара: 12мм (средно)

Приблизително тегло на резервоара: 260кг.

## Пресовъчна смола

Тип: LLDPE, линеен полиетилен с ниска плътност

Предназначение: Dowlex 2432

Плътност:  $939\text{ кг/м}^3$

Индекс на стопилка: 3.8г/10мин.

Якост на огъване: 730 МРа

Якост на опън: 19 МРа

## Конструктивни данни

Краткосрочен коефициент на гъвкавост: 730 МРа

Модул на гъвкавост при деформация (500 ч): 275 МРа (приблизителна оценка)

Коефициент на Поасон: 0.41

Фундаментът и засипването са от компактен и зърнест материал, пясък

Почвен степенен показател: 5МРа (90 стойност на Проктър)

Почвена плътност:  $18\text{ кN/м}^3$

Плътност на почвата под нивото на подпочвените води:  $11\text{ кN/м}^3$

$K=0.27$  съгласно EN 12566-3, 2005 г., точка 6.2.1.2

## Натоварване и условия по проект

Докладът разглежда анализът на продължителния натиск и опън, както изкривяването на резервоара, подложен на хидростатично и почвено натоварване. Анализите включват взаимодействието на почвената твърдост. Изчисленията се отнасят за празен резервоар, положен на 2.5 метра под земното равнище за продължителен период от 500 часа. Резервоарът е подложен на въздействието и подсилен от зърнестата почва. Освен това се приема, че няма плъзгане между резервоара и почвата.

## Система:

COSMOS, FEA модел с висок клас твърди елементи.

2

ДАТСКИ  
ТЕХНОЛОГИЧЕСКИ  
ИНСТИТУТ

Фигура 1. Поради симетричността, само  $\approx 1/4$  от резервоара ще бъде моделирана

|                     |                       |
|---------------------|-----------------------|
| Coordinate System 1 | Координатна система 1 |
| Coordinate System 2 | Координатна система 2 |
| Axis                | Ос                    |

Фигура 2. Модел

|                     |                       |
|---------------------|-----------------------|
| Coordinate System 1 | Координатна система 1 |
| Coordinate System 3 | Координатна система 3 |
| Axis 1              | Ос 1                  |

3

ДАТСКИ  
ТЕХНОЛОГИЧЕСКИ  
ИНСТИТУТ

|                               |  |
|-------------------------------|--|
| 2.5 meter above the tank top  | 2.5 метра над горната част на резервоара       |
| ground level                  | земно равнище                                  |
| Coordinate System 1           | Координатна система 1                          |
| soil load vertical direction  | Почвено натоварване във вертикално направление |
| Soil load various with height | Разнообразно почвено натоварване с височина    |
| water level                   | водно равнище                                  |
| Coordinate System 3           | Координатна система 3                          |
| Soil normal to side and end   | Почва нормална от страни и накрая              |
| Axis1                         | Ос 1   |
| water                         | вода   |

Фигура 3: Натоварвания

|                     |                       |
|---------------------|-----------------------|
| Coordinate System 3 | Координатна система 3 |
|---------------------|-----------------------|

Фигура 4: Почвеното натоварване е вертикално в зона А.

Почвеното натоварване е нормално към повърхността в зони В и С.

Хидростатичното натоварване е нормално към всички повърхности в А, В, С и D

Всички натоварвания се менят с височините

4



### Натоварвания

Резервоарът е положен в земята на 2.5 м под повърхността. Разпределението на натоварването е илюстрирано във Фигура 3.

|                     |                       |
|---------------------|-----------------------|
| Coordinate System 3 | Координатна система 3 |
|---------------------|-----------------------|

Фигура 5: Хидростатично натоварване.

|                     |                       |
|---------------------|-----------------------|
| Coordinate System 3 | Координатна система 3 |
|---------------------|-----------------------|

$$q_{sv} = H \times 18 \text{ kN/m}^2$$

$$q_{sh} = K \times H \times 11 \text{ kN/m}^2$$

5

Фигура 6: Почвени натоварвания

Всички натоварвания се изменят линейно с височината (H).

Хидростатичното натоварване е нормално за всички повърхности, освен отвора, като се приема, че има вертикална тръба до земното равнище.

Почвеното натоварване е вертикално към повърхността, като действа само върху горната част над  $120^\circ$ , и нормално към повърхността над  $60^\circ$  спрямо хоризонтала.

Крайното натоварване на натиск, хидростатично и почвено, следва да е:

Вертикалното почвено натоварване е  $q_{sv} = 18 \times H$  (kN/m<sup>2</sup>) при  $120^\circ$  върху горната част и  $q_{sh} = 2.27 \times 11 \times H$  (kN/m<sup>2</sup>) при  $60^\circ$  в хоризонтален участък хидростатично натоварване  $p = 10 \times H$  (kN/m<sup>2</sup>) нормално за всички повърхности.

6

### Резултати

#### Анализ на натиска

Фигура 7: Средният натиск е около 3 МРа

|  |   |
|--|---|
| Model name: TANKSIMPLE                 | Наименование на модела: TANKSIMPLE              |
| Study name: SenaroA                    | Наименование на изследването: SenaroA           |
| Plot type: Static nodal stress Stress1 | Тип скица: Статичен натиск във възел – Натиск 1 |
| Von Mises (N/mm <sup>2</sup> (MPa))    | Фон Мизес (N/mm <sup>2</sup> (MPa))             |
| Yield strenght 19.0                    | Якост (на опън и натиск)                        |

Фигура 8: Средната деформация е около 1.0%

|   |   |
|---|---|
| Model name: TANKSIMPLE                  | Наименование на модела: TANKSIMPLE          |
| Study name: SenaroA                     | Наименование на изследването: SenaroA       |
| Plot type: Static nodal strain Strain 1 | Тип скица: Статичен опън във възел - Опън 1 |
| Von Mises (N/mm <sup>2</sup> (MPa))     | Фон Мизес (N/mm <sup>2</sup> (MPa))         |

7

**ДАТСКИ  
ТЕХНОЛОГИЧЕСКИ  
ИНСТИТУТ**

Фигура 9: Схема на деформация – максимална местна деформация от 12 мм

|   |   |
|---|---|
| Model name: TANKSIMPLE                        | Наименование на модела: TANKSIMPLE            |
| Study name: SenaroA                           | Наименование на изследването: SenaroA         |
| Plot type: Static displacement Displacement 1 | Тип скица: Статична деформация - Деформация 1 |
| Scale of deformation: 30                      | Мащаб на деформацията: 30                     |
| URES (mm)                                     | Резултатна деформация (мм)                    |

Фигура 10: Радиално изкривяване

|   |   |
|---|---|
| Model name: TANKSIMPLE                        | Наименование на модела: TANKSIMPLE            |
| Study name: SenaroA                           | Наименование на изследването: SenaroA         |
| Plot type: Static displacement Displacement 2 | Тип скица: Статична деформация - Деформация 2 |
| Reference geometry: Axis1                     | Еталонна геометрия: Ос 1                      |
| UZ (mm)                                       | Деформация в по координата “Z” (мм)           |

8

**ДАТСКИ  
ТЕХНОЛОГИЧЕСКИ  
ИНСТИТУТ**

|   |   |
|---|---|
| Model name: TANKSIMPLE                        | Наименование на модела: TANKSIMPLE            |
| Study name: SenaroA                           | Наименование на изследването: SenaroA         |
| Plot type: Static displacement Displacement 3 | Тип скица: Статична деформация - Деформация 3 |
| Deformation scale: 14.1715                    | Скала на деформация: Ос 1                     |

## Резюме

Намаляването на вместимостта е изчислено на около 3-4%.

Приложените натоварвания при изчислението определяме като равни на устойчивостта на натоварване, т.е. максималната дълбочина на инсталацията е 2.5 м при почвена плътност от 18kN/m<sup>2</sup>. Това е подкрепено от анализ на издръжливостта, изложен в приложението.

Материалът, използван за производството на уловители отговаря на изискванията на стандарт EN 1825-1, точка 5.4, и стандарт EN 12566-3, точка 6.5.5.1.

Резервоарът /уловител подлежи на одобрение по отношение на структурна стабилност съгласно точка 6.4 от стандарт EN 858-1.

Изчислението на функциите може да бъде проведено в съдействие с "Юникус Инжинеринг"

За допълнителна информация, моля, не се колебайте да се свържете с долуподписания.

С уважение

Център за пластмасова техника

/подпис – не се чете/

Торбен МАРтенс Кнудсен

Ръководител на проекта

9

**ДАТСКИ  
ТЕХНОЛОГИЧЕСКИ  
ИНСТИТУТ**

## Приложение

Настоящото приложение засяга анализът на еластичната устойчивост. Целта е да се определи максималната дълбочина на поставяне на резервоара. Водното равнище остава в горната част на резервоара .

Факторът на безопасност на изкривяване зависи от няколко фактора; почвения тип и монтиране, недостатъците на самия резервоар и др. Следните изчисления предполагат перфектен резервоар без дефекти.

Извършени са няколко изчисления. Факторът на безопасност на изкривяване е установен и изведен във вид на таблица по-долу:

Предполага се, въпреки това, че факторът на безопасност на еластично изкривяване е  $\geq 3.0$  при най-голямо предполагаемо натоварване. В този случай, максималната дълбочина под земното равнище ще бъде приблизително 3.0 метра.

Фигура: A1 Дълбочина 10 метра.

|                     |                       |
|---------------------|-----------------------|
| Coordinate System 1 | Координатна система 1 |
| Coordinate System 3 | Координатна система 3 |
| Axis 1              | Ос 1                  |

10

**ДАТСКИ  
ТЕХНОЛОГИЧЕСКИ  
ИНСТИТУТ**

Фигура A2: Фактор на безопасност  $\approx 1.0$

|                                    |   |
|------------------------------------|---|
| Model name: TANKSIMPLE             | Наименование на модела: TANKSIMPLE                      |
| Study name: buckling               | Наименование на изследването:<br>изкривяване            |
| Plot type: Buckling Displacement 1 | Тип скица: Изкривяване Деформация 1                     |
| Mode shape: 1 Load Factor = 1.1494 | Форма на изменение: 1 Фактор на<br>натоварване = 1.1494 |
| Deformation scale: 172.746         | Скала на деформация: 172.746                            |
| meter                              | метър   |
| Safety factor                      | Фактор на безопасност                                   |