



Introduction calculs statiques N6000/34+1B

Post digesteur et digesteur

Projet 370012 HZI Neuville-Saint-Amand

Réservoir construit par : A-Consult GmbH
24837 Schleswig
Germany

Date: 19.03.2019
Révision:

A-CONSULT GmbH

Werner-Von-Siemens-Straße 8 • D-24837 Schleswig • Tlf. +49 (0) 4621 855 0940

info@a-consult-gmbh.de • www.aconsult.de



1. Introduction

Les calculs statiques pour les murs sont complétés par un document Matchcad prédéfini. Ce document est développé par "Ove Arup & Partners" - une société d'ingénierie anglaise pour les calculs des systèmes Aquatank.

Le document a été développé à la base pour la conception de réservoirs en phase avec les normes BS 8007 et BS 8110. La norme "BS 8007 - Design des structures pour le stockage d'eau" est une norme spécifique aux réservoirs béton. Pour ce projet, les charges, facteurs de sécurité, design et matériaux ont été sélectionnés pour répondre aux normes CE en vigueur sur le territoire français.

Les notes de calculs ont été complétées par le calcul des contraintes maximales applicables sur l'ouvrage (ELU : Etat Limite Ultime - ULS : Ultimate Limit State) et les contraintes maximales en fonctionnement (ELS : Etat Limite en Service - SLS : Serviceability Limit State).

Les contraintes ELS sont importantes dans la conception des systèmes de tension horizontaux du réservoir et rentrent en compte dans les principaux renforcements des panneaux (Le système de tension horizontal est conçu pour prévenir tout risque de fuite en assurant une tension maximale. Les renforts appliqués sur les panneaux permettent de prévenir tout risque de fissuration). Ainsi, les différences dans l'approche des formules et instructions des différents référentiels n'ont que peu d'effets sur le résultat final des ouvrages.

Les calculs statiques du radier sont réalisés en utilisant une méthode intégrant des paramètres bien définis et en tenant compte des conditions du sol où sera implanté l'ouvrage.

2. Spécifications du réservoir :

Type Aqua-tank : N6000/34+1B

Diamètre intérieur : 23.1 m (Nominelt)

Hauteur du réservoir : 6.0 m

Composé de: 34 panneaux type N6000/2 standard (largeur 2.11 m)

1 panneau de mise en tension type B6000/2 (largeur 1.05 m)

A-CONSULT GmbH

Werner-Von-Siemens-Straße 8 • D-24837 Schleswig • Tlf. +49 (0) 4621 855 0940

info@a-consult-gmbh.de • www.aconsult.de



Critères externes pris en compte pour la conception :

Interne: Hauteur de liquide dans le réservoir : 5.6 mètres.

Externe: Hauteur du remblai par rapport au radier : 1.0 mètre.

Pas de charge externe due à l'eau

Pas de contraintes externes due au gel

3. Description

Le réservoir Aqua-Tank est construit en utilisant des panneaux pré-fabriqués. Ces panneaux sont positionnés sur un radier coulé sur place. Une bande en EPDM est placée entre les panneaux afin d'assurer l'étanchéité.

Les panneaux sont mis en tension horizontalement en utilisant des câbles de tension enduits de graisse et protégés par un embout plastique. Les câbles sont protégés et passés dans les panneaux grâce à un tube PVC. L'ensemble protège les câbles de tout dommage mécanique et des radiations UV.

Les différents câbles arrivent sur le panneau de mise en tension. Après la mise en tension, une ceinture béton est coulée à la base des panneaux à l'intérieur et à l'extérieur de l'ouvrage. Cette ceinture béton assure l'étanchéité de l'ouvrage et bloque la base des panneaux en cas de forces de cisaillement.

4. Matériaux

Béton : C35/45

Renforcement: Limite d'élasticité f_{yk} : 500 MPa

A-CONSULT GmbH

Werner-Von-Siemens-Straße 8 • D-24837 Schleswig • Tlf. +49 (0) 4621 855 0940

info@a-consult-gmbh.de • www.aconsult.de



Ferrailage : St 1570/1770 7-câble métallique - en acc. avec les standards européens EN 10138-3

Câble de Pré tension (vertical): 12.5 mm $A_t = 93 \text{ mm}^2$
Câble de Post tension (horizontal): 15,3 mm $A_t = 140 \text{ mm}^2$

Les câbles de Post tension sont couverts de graisse à leur extrémité dans une protection plastique.

Système d'ancrage : Freyssinet 1F15

Bandes de joints caoutchouc :

EPDM	largeur 80 mm
80° shore	Test standard ASTM D2240-91
Modules:	S_i 47.3 MPa (par compression)
	S_d 170 Mpa (par décompression)

5. Charges

Reportez-vous également à la section 2.

Liquide stocké (Contenu du réservoir): $\gamma = 10.3 \text{ kN/m}^3$ (Caractéristiques)

Charge de couverture sur les voiles (parois): Charge vertical vers le sol :
 $p = 10.0 \text{ kN/m}$ (Caractéristiques)

Charge externe de remblai sur paroi $\gamma_e = 19.0 \text{ kN/m}^3$ (Caractéristiques)
 $\Phi = 35 \text{ deg.}$

Charge instantanée sur le surface du sol $q = 5.0 \text{ kN/m}^2$ (Caractéristiques)

A-CONSULT GmbH

Werner-Von-Siemens-Straße 8 • D-24837 Schleswig • Tlf. +49 (0) 4621 855 0940

info@a-consult-gmbh.de • www.aconsult.de



6. Charges calculées

ULS = Ultimate Limit State - Etat Limite Ultime ELU :

- γ x Précontraintes Maximales (sans charge hydraulique) - ELU pour les forces de torsion verticale sur la face interne.
- γ x Précontraintes Maximales + γ x Charges maximales externes hydraulique et du sol
- γ x Charge hydrostatique maximale + 1.0 x Précontrainte minimale - ELU pour les forces de torsion verticale sur la face externe.

SLS = Servicability Limit State - Etat limite en Service ELS :

- Précontrainte initiale après perte initiale et détente initiale des câbles
- Précontrainte après toutes les pertes et détente des câbles lors de la mise en place
- Précontrainte initiale avec charges hydrostatiques
- Précontrainte après détente de câbles avec charges hydrostatiques
- Précontrainte initiale et charges externes hydraulique et du sol
- Toutes les charges externes après pertes et détente de câbles
- Précontrainte initiale, charges externes et charges hydrostatiques
- Toutes les charges incluant les charges hydrostatiques après détente des câbles

Les charges vent sont négligeables (en comparaison aux autres charges pris en compte dans les calculs, la charge vent est mineure).

Les charges liées à la température sont également négligeables.

Un changement de la température sur l'ensemble du réservoir (dû à un changement de température du liquide stocké) va entraîner des efforts dans une direction radiale que les renforts prévus et le béton vont absorber en ayant un coefficient de dilatation équivalent. Cela ne va pas ajouter de contraintes supplémentaires à l'ouvrage sur sa base ou ses parois.

Les différences de température entre l'intérieur et l'extérieur du réservoir doivent être inférieures à 15°C. Cela aurait comme résultat une différence de largeur des panneaux entre l'intérieur et l'extérieur d'environ 0,3 mm. Cet écart serait absorbé par le joint EPDM. Les panneaux ont la possibilité d'avoir des mouvements sur la partie supérieure. En conséquence, toute déformation de panneau due aux écarts de température n'entraîne pas de charges significatives sur le panneau.

A-CONSULT GmbH

Werner-Von-Siemens-Straße 8 • D-24837 Schleswig • Tlf. +49 (0) 4621 855 0940

info@a-consult-gmbh.de • www.aconsult.de



7.0 Conditions additionnelles

Design basé sur une durée de vie de 50 ans

Classe de conséquence : CC2

Classe de fiabilité : RC2

8.0 Classe d'étanchéité

Les murs sont contraints sur un plan biaxial et aucune fissuration n'est possible sur la totalité de l'épaisseur du panneau (Norme EN 1992-3 7.3.1).

Pour l'ensemble des cas de charges avec une pression hydrostatique, l'épaisseur de la zone de compression est supérieure à $0.2h$ ou l'épaisseur des fissures est inférieure à 0.05 mm.

Ce réservoir répond donc aux normes sur l'étanchéité Classe 1 selon la norme EN1992-3 Table 7.105

9.0 Les résultats clés réalisés sur Mathcad:

Page 62: Les forces de tension des câbles sont toutes positives -> le réservoir est étanche - OK.

Page 65: Renfort intérieur est en adéquation avec les moments de flexion - OK.

Page 66: Renfort extérieur est en adéquation avec les moments de flexion - OK.

Page 67: Contraintes applicables au béton ne sont pas dépassées pas les efforts appliqués par les forces de tension des câbles de tension. - OK.

Pages 74-89: Calculs des niveaux de fissuration. Ensemble OK.

Pages 93-96: Cisaillement des panneaux - OK.

A-CONSULT GmbH

Werner-Von-Siemens-Straße 8 • D-24837 Schleswig • Tlf. +49 (0) 4621 855 0940

info@a-consult-gmbh.de • www.aconsult.de



10.0

Signature

Aalborg the 19th of March 2019

A handwritten signature in blue ink, appearing to read 'R. Toft', is written over the printed name.

Rune Toft

M.Sc.Eng.

A-CONSULT GmbH

Werner-Von-Siemens-Straße 8 • D-24837 Schleswig • Tlf. +49 (0) 4621 855 0940

info@a-consult-gmbh.de • www.aconsult.de