

انقاص الاوحال البارافينية في خزانات النفط الخام باستخدام عملية القص واعادة التعليق

Paraffinic sludge reduction in crude oil storage tanks through the use of
shearing and resuspension

ترجمة وإعداد / مدير الجودة والسلامة المهنية

المهندس سمير خالد

المخلص

تقدم هذه النشرة طريقة لتنظيف الأوحال الناتجة عن النفط الخام البارافيني باستخدام عمليات القص وإعادة التعليق (shearing and resuspension) وذلك عن طريق استخدام خلاط ذو تدفق عالي (نفث) باتجاه خطي ، كما تشرح أسباب حدوث توضع للأوحال في الخزانات الحاوية على النفط الخام البارافيني . وتناقش الطرق التقليدية لتنظيف الخزان والنظرية المتعلقة بسلوك نفث السائل المغمور ومفهوم الحد الاصغري للطاقة الحرجة . كما تقدم هذه الورقة الطريقة المستخدمة لتنظيف خزان نفط خام بشكل ناجح باستخدام خلاط نفث باتجاه افقي والنتائج لحالة دراسة عملية تمت على احد الخزانات .

تشكيل أوحال النفط الخام The formation of crude oil sludge

إن معظم أنواع النفط الخام التي تنتقل للتكرير لديها ميل للفصل إلى هيدروكربونات أثقل وأخف من تلك التي يتكون منها النفط الخام وتزداد هذه النزعة في :

- درجات الحرارة المنخفضة غالبا"
- لدى تنفيس المكونات الخفيفة المتطايرة من النفط الخام
- عندما يكون السائل بالحالة الساكنة أثناء التخزين .

تعرف النهايات الثقيلة التي تنفصل عن النفط الخام و تتوضع في أسفل الخزان بالأوحال (السلدج) وهي عبارة عن مزيج من مواد هيدروكربونية ورواسب و بارافينات وماء . تسرع هذا الأوحال من عملية التآكل لقاعدة الخزان وتقلل من الاستطاعة التخزينية وتعرقل من عمليات التشغيل .

تتشكل الأوحال الناتجة عن نفط خام ذو أساس بارافيني عندما تمتزج المدارات الجزيئية لهيدروكربونات ذات سلسلة مستقيمة أحادية نتيجة لتقارب هذه المدارات مما يؤدي إلى تشكل قوى ثنائية القطب محرضة تقاوم الفصل تدعى هذه القوى الثنائية القطب بقوى تثبتت لندن

Van der Waal bonds او روابط London Dispersion Forces

وهي المسؤولة عن مثل هذا التجمع الجزيئي .

وبما أن الهيدروكربونات ذات السلسلة المستقيمة الأثقل تدمج مع بعضها البعض (الأثقل تعني بالدرجة الأولى C20 + جزيئات الهيدروكربون) فهي تميل للسقوط نحو الأسفل ضمن السائل الساكن حيث أنها تتجمع على أرضية الخزان على شكل هلام لزج ومع الزمن يترتب هذا الهلام بحيث أن المركبات المتطايرة الموجودة في الهلام تغادره نتيجة التغيرات في درجة الحرارة والضغط . هذه المغادرة للمكونات المتطايرة يسبب زيادة في تركيز الجذور الأثقل ضمن الوحل وبالتالي كثافة ولزوجة مرتفعة وقابلية للحركة منخفضة

الطرق التقليدية لتخفيض أحوال النفط الخام

يمكن تنظيف خزانات النفط الخام بشكل تقليدي باستخدام واحدة من الطرق التالية :

- التنظيف اليدوي Manual Cleaning

وهي الطريقة الأكثر شيوعاً و الأرخص ويتم التنظيف بدخول الخزان واستخدام التحريك اليدوي لتحريك الأحوال أما خارج الخزان أو إلى مضخات سحب مركزة في الخزان .

يقضي العمال فترات طويلة من الزمن في بيئة سامة وقابلة للالتهاب و قد يحتوي السلدج على مركبات ضارة بالصحة مثل H2S والبنزن والرصاص وتأخذ هذه الطريقة عادة فترة طويلة من الزمن مكلفة صاحب الخزان المال بسبب توقف الخزان عن العمل . باستخدام هذه الطريقة يكون من الصعب استعادة الهيدروكربونات الصالحة للاستعمال من السلدج المزال . حيث أن غالبية السلدج المزال يتم التخلص منه عادة على شكل نفاية خطره أو يتم حرقه . خلال فترة التنظيف ينفس الخزان إلى الجو و الأبخرة المتحرره تضر بالصحة والبيئة .

- الطرق الآلية Robotic Methods

تختلف هذه الطرق بشكل حقيقي عن طرق التنظيف اليدوية حيث يستخدم إنسان آلي يتم التحكم به عن بعد لدخول الخزان وإتمام العمل . هذه الطريقة مكلفة جداً و لا تحل مشاكل التنفيس والتخلص من النفاية . وهذه الطرق غير محبذة لدى مالكي المصافي إضافة إلى ذلك تستخدم بشكل رئيسي في البيئات الخطرة جداً فقط

- التنظيف الكيميائي Chemical Cleaning

يكتسب التنظيف الكيميائي شعبية ومصداقية كطريقة لتنظيف الخزان إذ تستخدم المواد الخافضة للتوتر السطحي والمحاليل أو البكتريا لكسر الجزيئات المعقدة الموجودة في السلدج وتعيده إلى مكوناته الأساسية (ماء - نفط خام ودقائق أو جسيمات) و تعتمد هذه الطريقة على :

التفاعل الكيميائي و السرعة ، فعالية و إتقان التفاعل المتناسب مع مساحة السطح للسلدج . لذلك فان طرق التنظيف الكيميائية تتطلب نوع من أجهزة للمزج أو طريقة للتهيج

التخفيض عن طريق القص وإعادة التعليق باستخدام نفث السائل بقوة

حديثاً حدث تطور هام في استعمال دفع السائل بسرعات عالية حيث يتم دفع السائل داخل خزان النفط الخام المملوء بالكامل بهدف إعادة تعليق السلدج المتجمع وقص البارافين وهناك عدة طرق للقيام بذلك :

١_ استخدام الخلطات العمودية (الحد الاصغري للطاقة الحرجة)

يمكن أساس تهيج الحجوم الساكنة للنفث الخام في نظرية أن هناك إمكانية لإدخال طاقة حركية كافية في النفط المخزن وذلك لإعاقة أو منع تشكيل الجزيء ثنائي القطب المحرض (رابطة فان دير وال) .
والتقصيات التمهيدية التي أجريت من قبل شركة اكسن عام ١٩٨٠ حول ترسب السلدج توصلت إلى أن أنواع النفط الخام الخفيف تتطلب دخل طاقة مستمر اصغري مقداره ١٩٠ وات لكل ١٠٠ م^٣ من الحجم لكي تمنع ترسب السلدج . و تستخدم خلطات عمودية بمروحة تتركب على سطح الخزان لمزج وتهيج محتويات الخزان ويقترح دليل تجريبي أكثر حداثة بان دخل الطاقة المستمر المطلوب لمنع تشكل السلدج في أنواع النفط الخام المتوسطة والثقيلة مابين ٢٨٠ - ٣٧٥ وات لكل ١٠٠ م^٣ من الحجم .

إن حد الطاقة الاصغري مرتبط بالسرعة الحرجة الاصغرية للتعليق ، أو VS ، والذي يجب المحافظة عليه في كامل حجم السائل لكي يمنع تشكل السلدج

إن أغلبية خزانات النفط الخام التي هي قيد الاستعمال في الوقت الحالي هي مصلحة بشكل غير كافي وفق مصطلحات VS ، مما يؤدي إلى ترسب السلدج بشكل غير مستوي . ويظهر هذا على شكل منطقة خالية من السلدج تحيط مباشرة بالخلاط ذو المروحة مع وجود ترسب كبير أو حاد حاصل خلف نصف قطر معين ، r ، حيث تهبط سرعة السائل إلى مادون VS .

١- نظرية نفث السائل المغمور Submerged Fluid Jet Theory

إن مقدرة نفث السائل المغمور على إعادة تعليق سلدج النفط الخام محكوم به بسمتين رئيسيتين للسلدج والسائل الأصلي المخزن هذه السمات هي التركيب الكيميائي للمادة (بمعنى آخر ماهية الجزيئات التي تشكل السلدج) ولزوجة المادة . بالعلاقة مع فعالية الخلاط فان العلاقات الداخلية مابين درجة الحرارة واللزوجة وبين التركيب واللزوجة وتأثيرات هذه العلاقات على فعالية إعادة التعليق و القص هي الاهتمام الرئيسي .

تعتمد مقدرة النظام على قص الجزيئات البارافينية في جزء منها على لزوجة السائل حيث أن اللزوجة مقياس للطاقة المبددة نتيجة حركة السائل كما انها تقاوم قوة القص المطبقة .

تستطيع السوائل أن تظهر نوعين من السلوك اللزج نيوتوني او غير نيوتوني . عندما تزداد مقاومة السائل لاجهاد قص مطبق يتغير بشكل ثابت يزداد اجهاد القص ويتبع نفس المنحني وعندما يكون معدل تغير اجهاد القص معكوس أي ينقص بازدياد المقاومة عندئذ يقال بان السائل يتبع سلوك نيوتوني . إن السلدج الناتج عن النفط الخام ذو الأساس البارافيني (يدعى عادة بالشمع WAX) يتصرف على شكل سائل لا نيوتوني قابل لتسيل قوامه الهلامي بالرج . يصنف سلوك الشمع على انه قابل لتسيل القوام الهلامي بالرج لانه فيزيائيا" يبدي ميزات الترقق عندما يتعرض لاجهاد القص . هذا الترقق ناتج عن كسر اجهاد القص لقوى تشتيت لندن الموجودة ما بين جزيئات الشمع ، يصنف هذا السلوك كسلوك لا نيوتوني لانه عندما يكون السائل متعرض لمستوى حرج من اجهاد القص فان مقاومة السائل لهذا الاجهاد يتم التغلب عليه وينتج تغير فيزيائي بالسائل . لذلك عند استعمال النفط من اجل اعادة التعليق فان فعالية النظام تكون حرجة اذ يجب ان يكون النظام مصمم بحيث يصرف كمية مساوية لمقدار اجهاد القص الممكن لحجم كامل السائل في الخزان . ان اجهاد القص تابع لمعدل ازالة التشكيل الزاوية للسائل ويعتمد هذا المعدل على سرعة السائل . على سبيل المثال في الشكل التفاضلي فان قانون نيوتن للزوجية يكون :

$$\tau = \mu (du/dy)$$

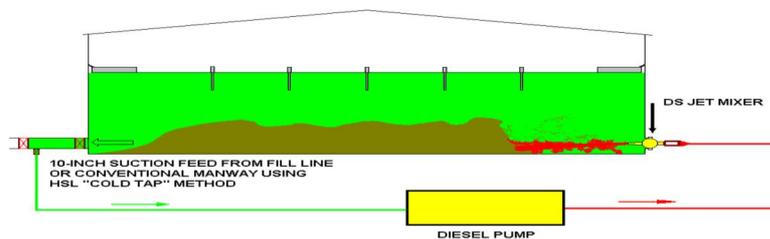
يمكن تصور ميل السرعة du/dy كالنسبة التي عندها تتحرك طبقة واحدة من السائل بشكل نسبي الى طبقة مجاورة . المصطلح اذا" هو عامل التناسبية ويدعى لزوجة السائل لذا فان مقدرة النظام على قص جزيئات الشمع الموجودة في السلدج تعتمد على سرعة نفث السائل ولزوجية السائل علاوة على ذلك فان البحث المعمول من قبل Hjulstrom ساوى بشكل كمي ما بين سرعة ولزوجية السائل مع قدرته على حفظ الجزيئات المجرورة و اعتمادا" على الحسابات والملاحظات فان السرعة الحرجة (سرعة النفث) المطلوبة لنفث خام تقليدي للحفاظ على جزيئات الشمع بحالة تعليق هي $0.6 - 1.2$ م/ثا . كما ان السرعة الاولية المطلوبة لجر جزيئات الشمع بشكل تكون مرتفعة اذ يجب اولاً التغلب على تاثيرات الاحتكاك والتماسك.

قامت شركة Heath Services Ltd المحدودة باكمال بحث محاكاة حركية السائل الحسابية كما قام الدكتور Dr. Siamack Shirazi من جامعة Tulsa وبشكل مستقل بتقليد سلوك وسرعة نفث السائل عندما ادخل الى بيئة الخزان بدقة و لكي يتم انتاج نظام اعادة تعليق فعال فان ضياعات الضغط في دارة الضخ يجب ان تكون

شبه معدومه وذلك ليتم ارسال الكمية العظمى من الطاقة الى السلج كما يجب ان تصمم الدارة بحيث انه يتم ارسال الطاقة على شكل سرعة سائل وذلك لكي يتم قص الشمع وجره والاحتفاظ به على شكل معلق . يجب ان يؤمن الدارة سرعة قصوى على شكل تدفق صفائحي لكي تكون الطاقة مركزه . جمعت البيانات الموضوعه والتي وقد بينت بوضوح ان الخلطات ذات المروحة وبدخول جانبي غير فعالة في توليد الطاقة المطلوبة للحفاظ على الشمع بحالة تعليق في خزان نفط كبير اما في الخزانات التي هيجت لفترات طويلة من الزمن بواسطة خلطات ذات مروحة لوحظ مرارا وتكرارا ان المنطقة القريبة من المازج فقط (من ٦ - ١٠ م) نظيفة من تراكم الشمع وخلف هذه المنطقة كان ترسب الشمع مستمر . تقترض هذه الملاحظه بان الخلطات المروحية لاتعطي الطاقة الحركية الكافية لبيئة السائل وذلك للحفاظ على كل السائل في الخزان عند سرعة اكبر من السرعة الحرجة المطلوبة للحفاظ على جزيئات البارافينية مجرورة

التطبيق الناجح للنفث Successful application of jetting

صممت Heath Services خلاط يركب على جدار الخزان من الاسفل ويقوم بدفع النفط الخام بشكل موازي لقاعدة الخزان والتركييب الدائم لهذا الخلاط يسمح باعادة تعليق السلج وتنظيف الخزان بدون اخراجه من خدمه او تفريغه و يشغل الخلاط بواسطة مضخة طرد مركزي تدار بمحرك ديزل وتصميم الوصل الكروي للخلاط المندمج مع مكبس يشغل هيدروليكيًا" يسمح لفتحة الخلاط للكنس عبر حركة بزوايه مقدارها ١٢٠ درجة وبشكل موازي لقاعدة الخزان الافقيه مما يسمح للخلاط باعادة تعليق نسبة عالية من السلج المتجمع في الخزان وخلق تيار قص عالي السرعة ومركز وبنصف قطر تنظيف مقداره يزيد عن ٤٥ م (انظر الشكل رقم ١)



الشكل رقم ١ مخطط توضيحي لخلاط باتجاه واحد اثناء اعادة تعليق الاووال المتراكمة ضمن خزان نفط خام (غير خاضع للقياس) يدور النفط الخام في الدارة الخارجية باستخدام مضخة طرد مركزي وإعادة إدخاله الى الخزان على شكل تدفق صفائحي وبسرعة عاليه

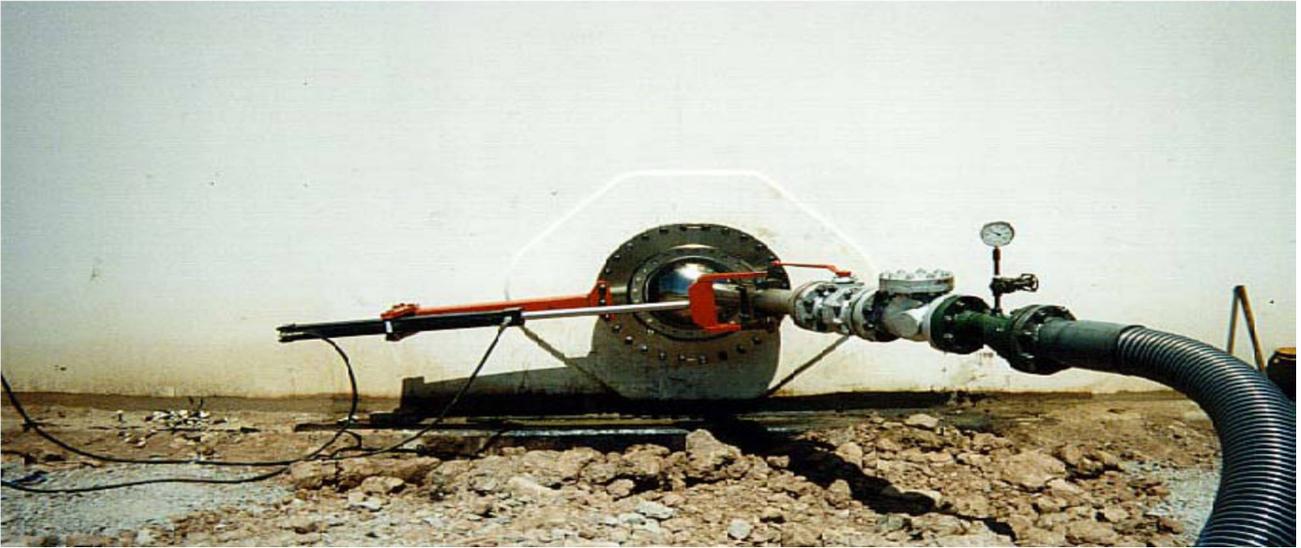
عدل نظام الخلاط من اجل استخدامه في خزان ذو جدار مزدوج موجود في جمهورية التشيك

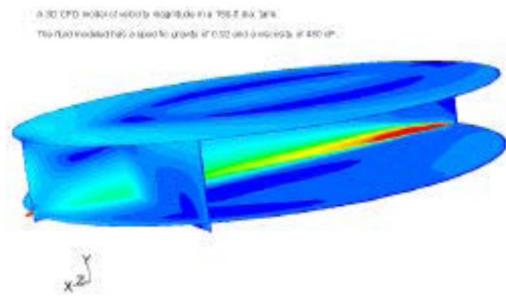
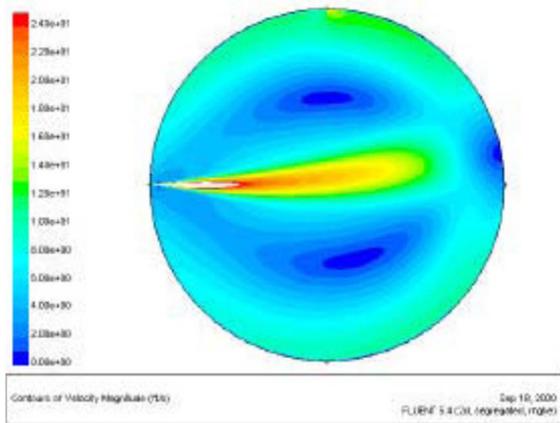
حالة دراسية - من جمهورية التشيك

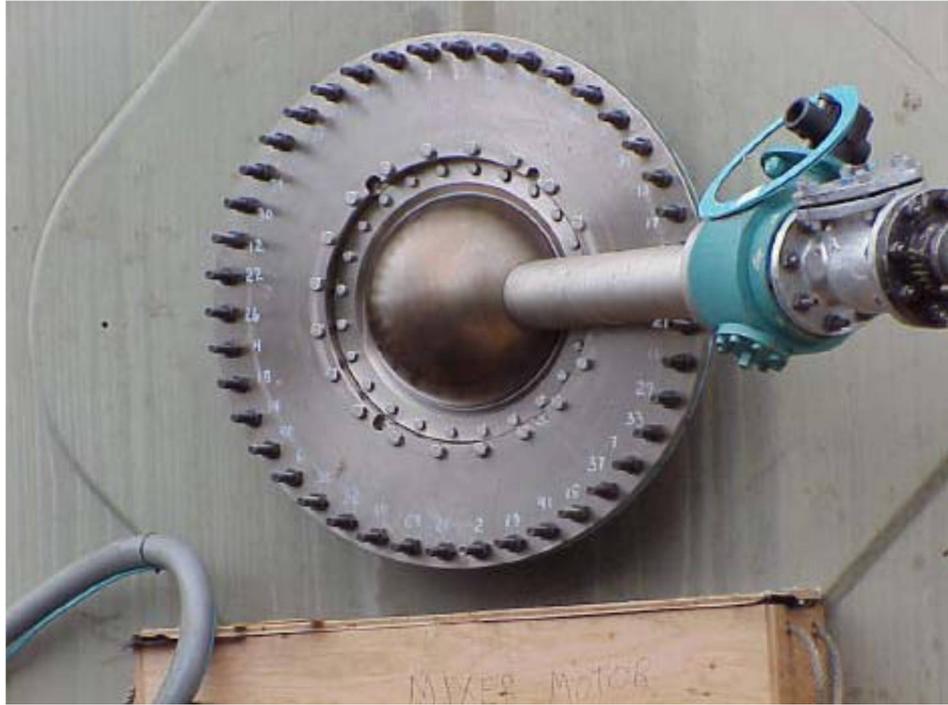
في عام ٢٠٠٠ خزانين للنفط الخام سعة الواحد ٥٠٠٠٠ م٣ موجودين في منطقة Nelahozeves كانا قد تم تنظيفهما من الأوحال المتراكمة باستخدام نظام الدفع بالاتجاه نفسه وذلك لإعادة تعليق وقص الأوحال المتراكمة . أدى النفط إلى استعادة ١٢٠٠ م٣ من الزيت من أسفل الخزان وإزالة الحاجة إلى حرق الأوحال يبين الشكل رقم ٢ مخططي أوحال ثلاثية الأبعاد توضح ترسب الأوحال في الخزان HO3 قبل وبعد استخدام النفط بعد تنفيذ المشروع بشكل ناجح في الخزان HO3 حيث استخدمت هذه الطريقة في خمس خزانات أخرى مما أدى إلى استعادة ٣٨٤٧ م٣ من النفط من أسفل الخزان أثناء تنظيف الخزان .

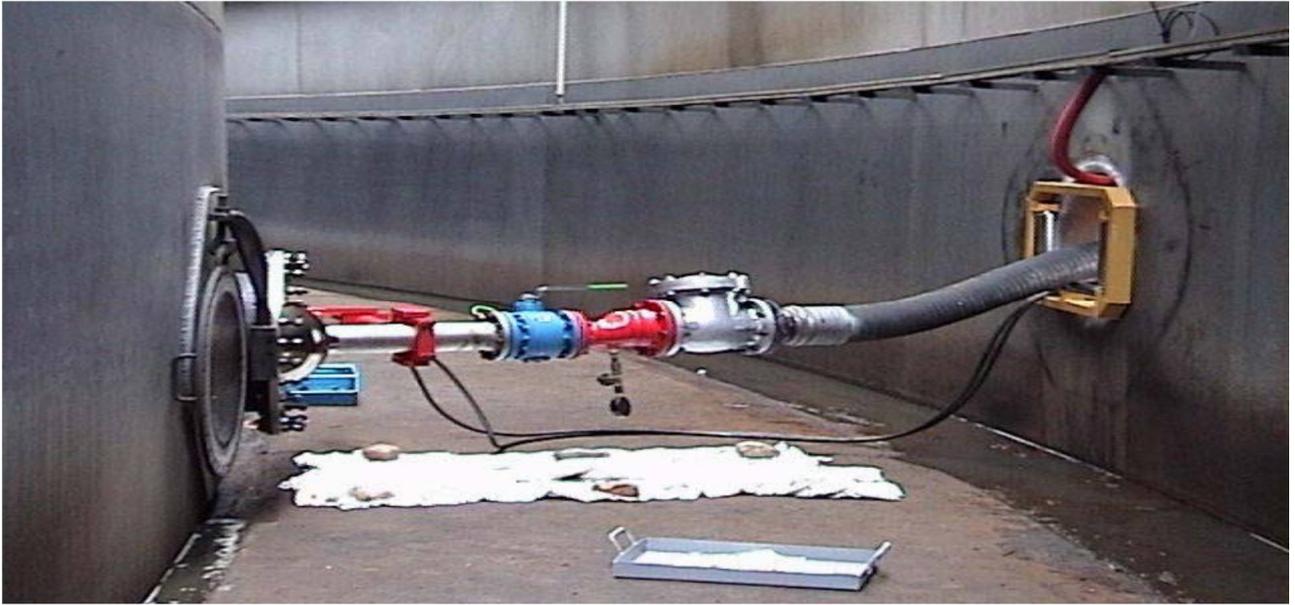
النتيجة

إن استخدام نظام المازج المذكور أعلاه هو طريقة فعالة لتنظيف الأوحال من خزانات النفط الخام عن طريق القص وإعادة التعليق إذ يخفض استخدام هذه الطريقة مخاطر التعرض الشخصي والأخطار المرتبطة بتنظيف الخزان كما يؤمن طريقة دائمة بكلفة منخفضة لمعالجة الرواسب في أسفل الخزان بدون الحاجة إلى تفريغ الخزان أو اخراجه من الخدمة وان إعادة التعليق الدوري للرواسب المتجمعة يزيد من الاستطاعة التخزينية للخزان ومع التركيب الدائم للنظام فان الحاجة لدوران الخلاطات المروحية بشكل مستمر تصبح معدومة سامحة بتحقيق وفر في الطاقة .





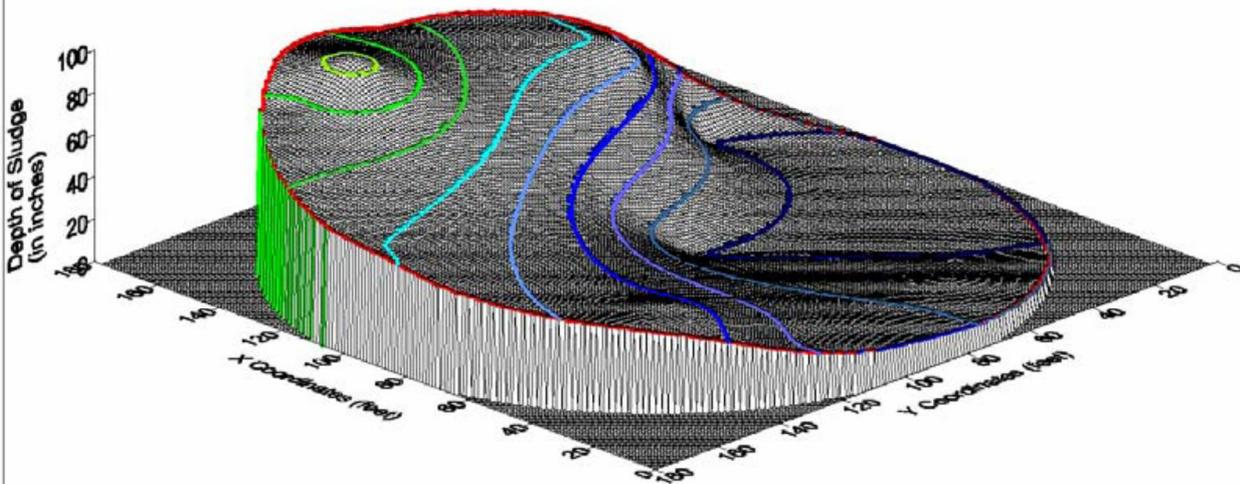






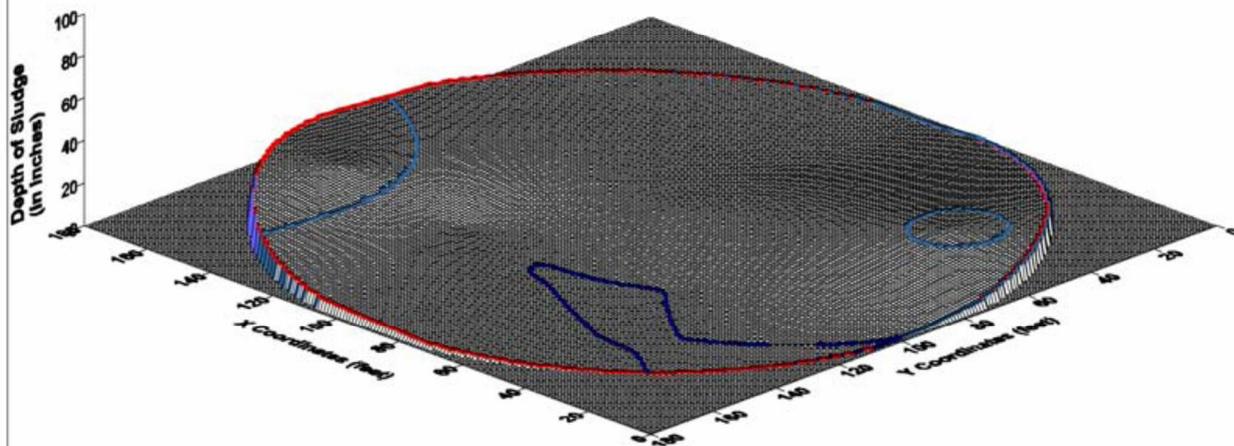


**Enbridge Pipelines Inc.
Tank #21 Edmonton Terminal
Bottoms Profile as of September 30, 1999**



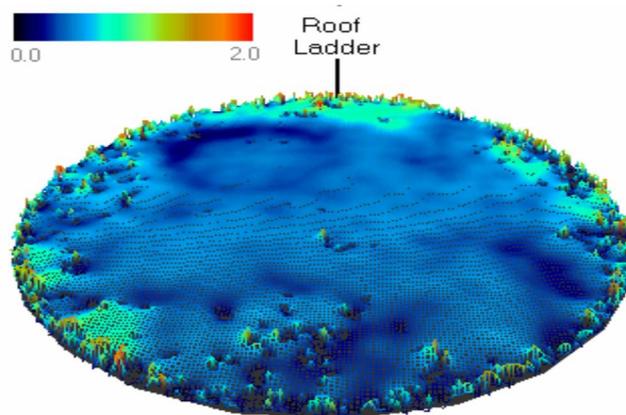
The volume of sludge in Tank #21 is estimated to be 10,500 Bbl.

**Enbridge Pipelines Inc.
Tank #21 Edmonton Terminal
Bottoms Profile as of November 24, 1999 (08:00)**



**The volume in Tank #21 is estimated to be 1,575 Bbl
after 102 hours of jetting.**





Survey Information
16 April 2003
MERO CTR
NELAHOZEVES
H02

Coverage: 99.8%
Volume: 1635m³