

NAM

Nederlandse Aardolie Maatschappij

**Onderzoek SCH-447 Incident -
Root Cause Analysis**

This document is the property of Nederlandse Aardolie Maatschappij, and the copyright therein is vested in Nederlandse Aardolie Maatschappij. All rights reserved. Neither the whole nor any part of this document may be disclosed to others or reproduced, stored in a retrieval system, or transmitted in any form by any means (electronic, mechanical, reprographic recording or otherwise) without prior written consent of the copyright owner.

Contents

1. Samenvatting	3
2. Introduction	4
3. Root Cause Analysis	5
3.1 <i>Achtergrond en methode</i>	5
3.2 <i>Geschiedenis SCH-447</i>	5
3.3 <i>Casing caliper en Interpretatie</i>	5
3.4 <i>Formaties over de caliper metingen</i>	7
3.5 <i>Petrofysische analyse</i>	7
3.6 <i>CBL data – historische vergelijking</i>	9
3.7 <i>Interpretatie en Conclusie</i>	10
4. Appendix A – Well Status Diagrammen	11

1. Samenvatting

Tijdens abandonment werkzaamheden op de Schoonebeek-447 put (SCH-447) in maart 2021 bleken zowel de casing (buitenste buis) als ook de tubing (binnenste buis; opvoer serie van olie) in de put dermate vervormd te zijn dat er geen diepere toegang in de put mogelijk was. Schoonebeek-447 is sinds 2012 uit productie en de put bevindt zich in een agrarisch gebied.

Door deze toegangs-restrictie was NAM genoodzaakt het werkplan aan te passen en te overleggen met SodM over alternatieve abandonment methodes. Dit was voor NAM tevens aanleiding om een dieper onderzoek naar de oorzaak van de beschadiging van de tubing en deformatie/collapse van de casing te starten, middels een zogenoemde 'Root Cause Analysis (RCA)'.

Dit document bevat een samenvatting van de RCA en de daaraan verbonden conclusies.

Algemeen kan worden geconcludeerd dat het bij SCH-447 gaat om vervorming van de casing en tubing ter hoogte van het geologisch aanwezige natuurlijke zout in de bodem ('Röt-zoutpakket') op een diepte van circa 2km. Deze vervorming is hoogst-waarschijnlijk op die diepte ontstaan door zoutvloeï. Zoutvloeï is een langzaam proces onder invloed van temperatuur en geologische drukverschillen. Door vloeï van van het zout tegen de buitenkant van de casing heeft het de buitenbuis van SCH-447 plaatselijk ingedrukt en uiteindelijk ook de tubing. De krachten tengevolge van deze beweging zijn in later geboorde putten gemitigeerd door de toepassing van dubbele en/of zwaardere verbuizing; alle putten in de nabijheid van SCH-447 dateren van na 1974 en zijn met een dubbele buitenbuis uitgevoerd en sinds 1979 voorzien van extra versterkte casing ('Must casing') ter hoogte van het Röt-zoutpakket. (Zie **Error! Reference source not found.**)

2. Introduction

SodM heeft NAM verzocht een zogenaamde "Root Cause Analysis" uit te voeren om de toedracht van de buitenbuis-ervormingen (vervolg)-schade van de binnenbuis in SCH-447 te verklaren. SCH-447 is al sinds 2012 niet meer in gebruik als gasproductieput en is in 2018 aangepast om te dienen als backup injectie-put voor formatiewater dat meegeproduceerd wordt bij de productie van gas in Drenthe. Deze put diende als een uitwijkmogelijkheid voor het geval dat de bestaande waterinjectieput SCH-597 tijdelijk niet gebruikt kon worden. SCH-447 is uiteindelijk nauwelijks gebruikt voor de injectie van productiewater. In 2020 is besloten om de put SCH-447 op te ruimen en toe te voegen aanlijst van "decommissioning" plannen waarbij oude putten worden opgeruimd zodat ze geen gevaar voor mens en milieu vormen in de toekomst. De werkzaamheden waren gepland voor maart 2021. Hierbij werden onderdelen van de put verwijderd en betonpluggen gezet zodat de put veilig afgesloten kon worden. Tijdens de werkzaamheden bleken zowel de tubing (binnenbuis) als ook de casing (buitenbuis) in de put dermate vervormd te zijn dat er geen diepere toegang in de put verschaft kon worden. Hierdoor kon de put niet afgesloten worden volgens het ingediende werkplan bij SodM en heeft overleg plaatsgevonden over alternatieve methodes om de put veilig af te sluiten ("abandoneren"). Dit was voor SodM aanleiding om ook een dieper onderzoek naar de oorzaak van de genoemde vervormingen in de put op ca.2 kilometer diepte te starten.

3. Root Cause Analysis

3.1 Achtergrond en methode

Vervorming van verbuizingen in de diepe ondergrond komen niet vaak voor maar zijn wel een bekend gegeven in de olie-en gasindustrie. Om die reden worden putten afgewerkt met meerdere achter elkaar liggende verbuizingen die dienen als bescherming mocht er 1 bezwijken. Als vervormingen voorkomen zijn ze meestal te herleiden tot een specifieke omstandigheid. Bewegende zoutlagen en breuken in gesteentelagen vormen de voornaamste mogelijkheden voor een verhoogd risico. Om tot een gedegen analyse te komen over de oorzaak van het indeuken van de buitenbuis in SCH-447 en de beschadiging als gevolg daarvan aan de binnenbuis heeft NAM een zogenaamde Root Cause Analysis (RCA) uitgevoerd. Deze RCA is gedaan aan de hand van een gestructureerde methode die vaker in de industrie wordt gebruikt. De methode hanteert een vragenlijst met het doel om steeds dichterbij de gebeurtenissen te komen die mogelijk hebben geleid tot het incident. Op deze wijze komt uiteindelijk het meest plausibele scenario naar voren.

3.2 Geschiedenis SCH-447

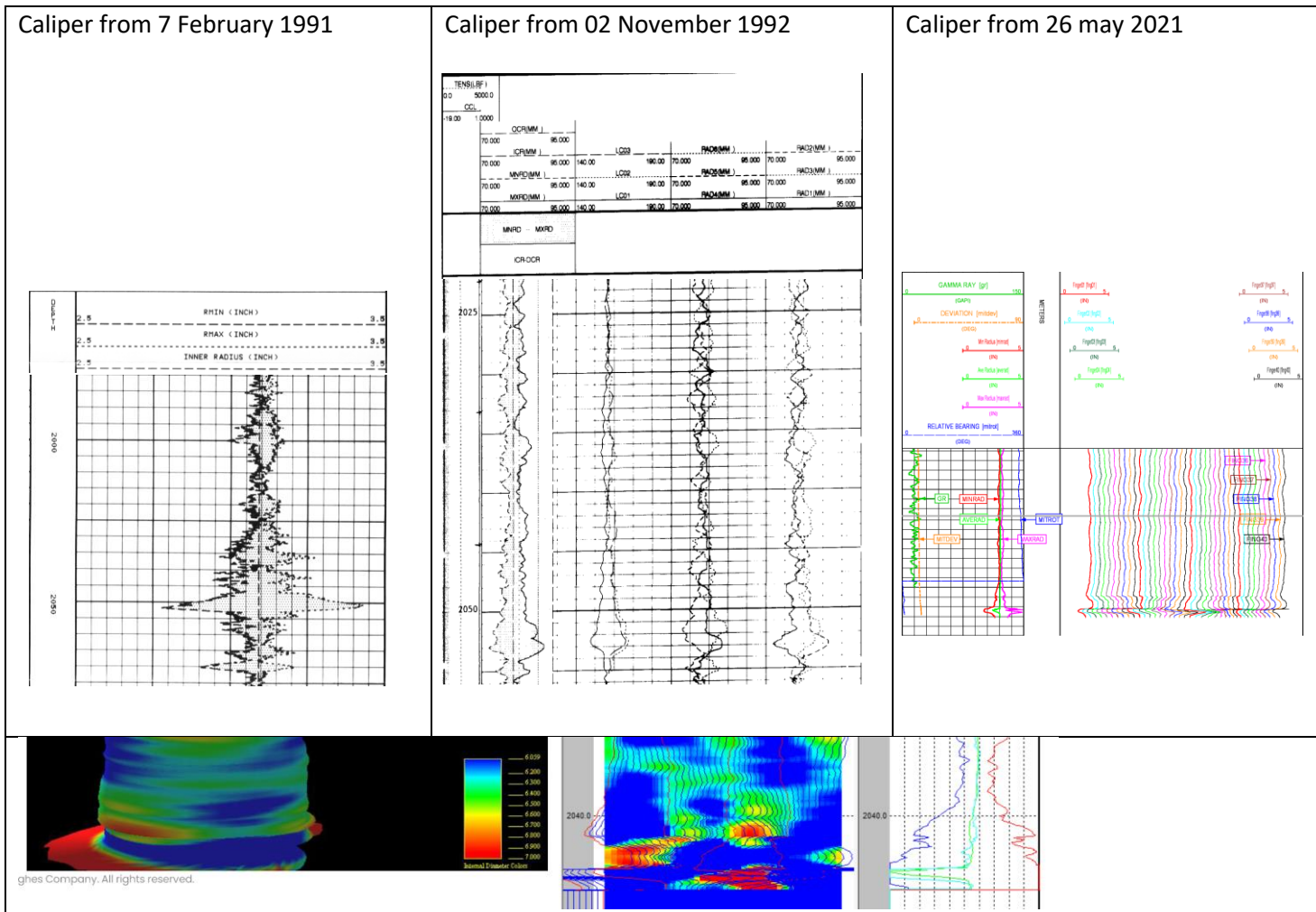
Put SCH-447 is begin 2018 omgebouwd tot waterinjectieput als backup voor SCH-597. In mei 2018, na de conversie van de put, is een routine-meting op 3000m diepte uitgevoerd. Bij een vergelijkbare meting in augustus 2019 werd een obstructie in de put aangetroffen waardoor de meetpoging gestaakt moest worden. Begin 2020 werd in SCH-447 een oplopende druk in de A-annulus waargenomen. Uit een analyse van het gas in de A-annulus bleek dat het afkomstig was uit het Zechstein reservoir. Dit was een aanwijzing voor een integriteitsprobleem in de put, d.w.z. communicatie tussen de opvoerbuis en de A-annulus. Deze waarneming gecombineerd met een bekende deformatie en mogelijke verzwakking van de productie-casing door (vermoedelijk) "squeezing salts", leidde tot de beslissing om SCH-447 buiten gebruik te stellen en te abandoneren. Vanwege de bovengemelde obstructie in de tubing kon de put niet met mechanische pluggen veilig gesteld worden. Uiteindelijk is in Juni 2021 er een aantal diepe cementpluggen gezet om de put veilig te stellen.

De RCA voor dit onderzoek beperkt zich tot de directe oorzaak van de casing collapse, welke zich historisch gezien zeer waarschijnlijk over een langere periode ontwikkeld heeft. Al in 1992 werd melding gemaakt van deformaties op de huidige diepte van de collapsed casing.

3.3 Casing caliper en Interpretatie

Zoals al in voorgaande is vermeld werd er al in 1992 een vervorming in de casing waargenomen tijdens het vervangen van de tubing. De nieuwe tubing is daarna uitgerust met een dikkere wand (zie Figuur 4-1) op de plek van de deformatie. Deze praktijk was voor NAM standaard omdat vervorming door zouten vaker voorkwam.

In onderstaande figuren, Figuur 3-1, waarin de binnendiameter van de buitenbuis is vastgesteld met een zgn caliper kan men zien dat met het vorderen van de tijd de zoutkruip is doorgedaan. Dit heeft geleid tot vernauwingen en verwijdingen welke zijn vastgelegd met deze methode. (vergelijk het met het inknippen van een blikje). Deze vervormingen hebben uiteindelijk geleid tot het moment dat geen toegang meer verschaft kon worden tot diepere delen van de put (dieper dan 2050 mtr) via de binnenbuis.

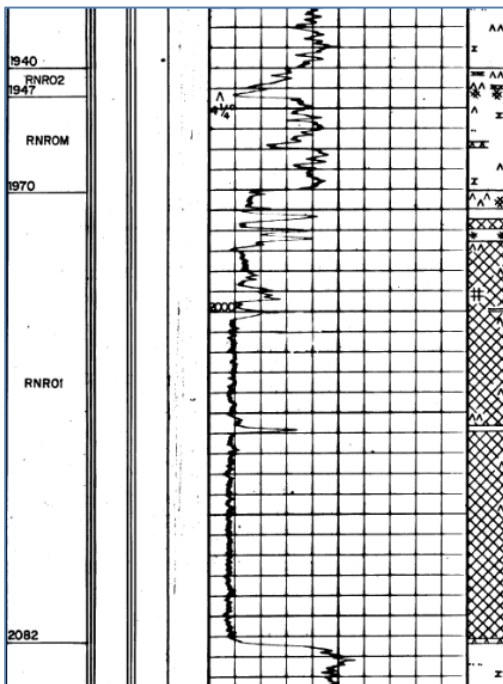


Figuur 3-1 Caliper Metingen Buitenbuis

3.4 Formaties over de caliper metingen

De formaties over de caliper meting zijn voornamelijk de Rötformatie (RNRO) van de Onder-Triasgroep (RN). Zie Figuur 3-2. Deze omvatten verschillende lagen van RN, bijvoorbeeld Upper Röt Evaporite (RNRO2), Main Claystone en Main Röt Evaporite (RNRO1). Het belangrijkste gesteente-type van de Evaporieten is zout (haliet).

Van de RNRO1 is het bekend dat het een uitdaging is om in te boren of verbuizing in aan te brengen. Beide activiteiten kunnen leiden tot het vast komen te zitten van de boorpijp of de verbuizing. De belangrijkste oorzaak van deze uitdagingen wordt verklaard door de mobiliteit van de haliet, welke de neiging heeft om "in de putruimte te bewegen".

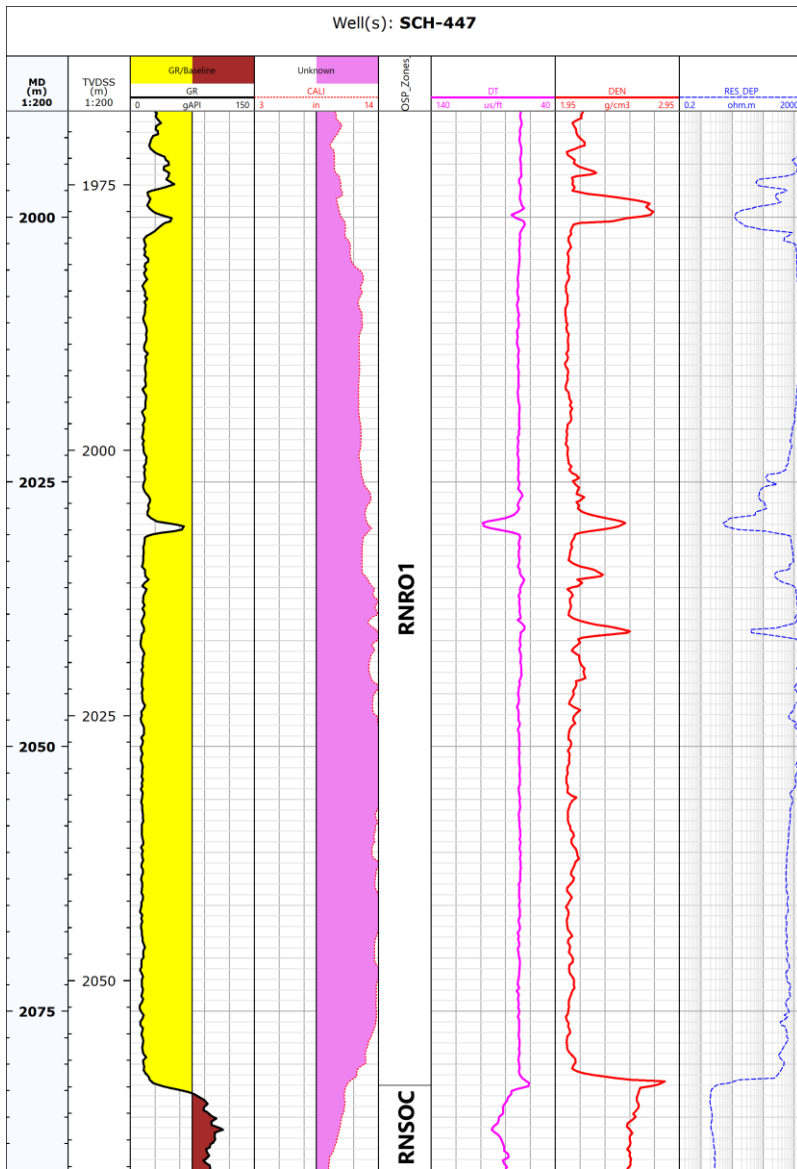


Figuur 3-2 Röt-zout sequentie

3.5 Petrofysische analyse

De vervorming die heeft plaatsgevonden op 2050 mtr is in het midden van de (RNO1) sectie. Het grootste gedeelte van het Röt-zout is haliet-gesteente. Er zijn ook lagen van andere zouten aanwezig (soms gemixed met kleisoorten) welke in de aanwezigheid van water en haliet de neiging hebben sneller te zwellen en tot volume-groei te leiden. Haliet zelf is ook een vervormbare formatie met de neiging om te bewegen naar vrije ruimte maar de snelheid waarmee dat gepaard gaat is beperkt.

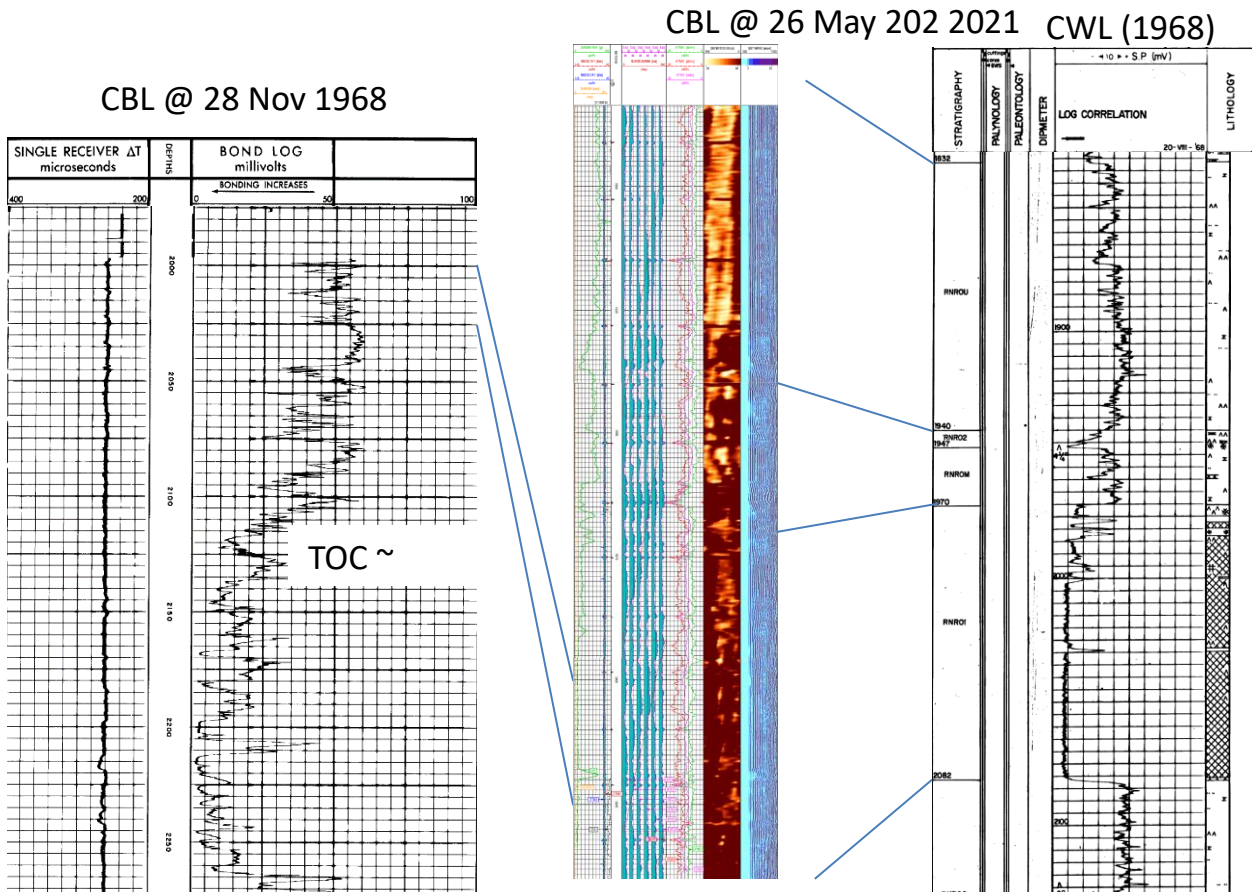
Wanneer we kijken naar de GammaRay log, density, sonic and resistivity-log (Figuur 3-3) dan valt het op dat er vervuilingen aanwezig zijn in de haliet. Dit wordt aangegeven door een verhoogde GR, Sonic en Density log en een lagere waarde van de resistivity log, welke kan duiden op een verhoogde natheid en dus ontvankelijkheid voor volume-groei en kruip. Verder laat de CBL erg slechte cement zien over het gehele Röt-zout interval



Figur 3-3 Petrofysische log SCH-447

3.6 CBL data – historische vergelijking

De CBL uit 1968 toont aan dat top van cement onder RNRO1 zat. Echter de CBL uit 2021 toont aan (zie Figuur 3-4) dat er een medium aan de buitenkant van de buis zorgt voor demping van het signaal. Een duidelijke indicatie van formatie die ingekomen is en zich om de casing heeft gesloten. Er kan dus geconcludeerd worden dat het zout zich om de casing heeft vervormd en daarmee een afdichting heeft gecreëerd.

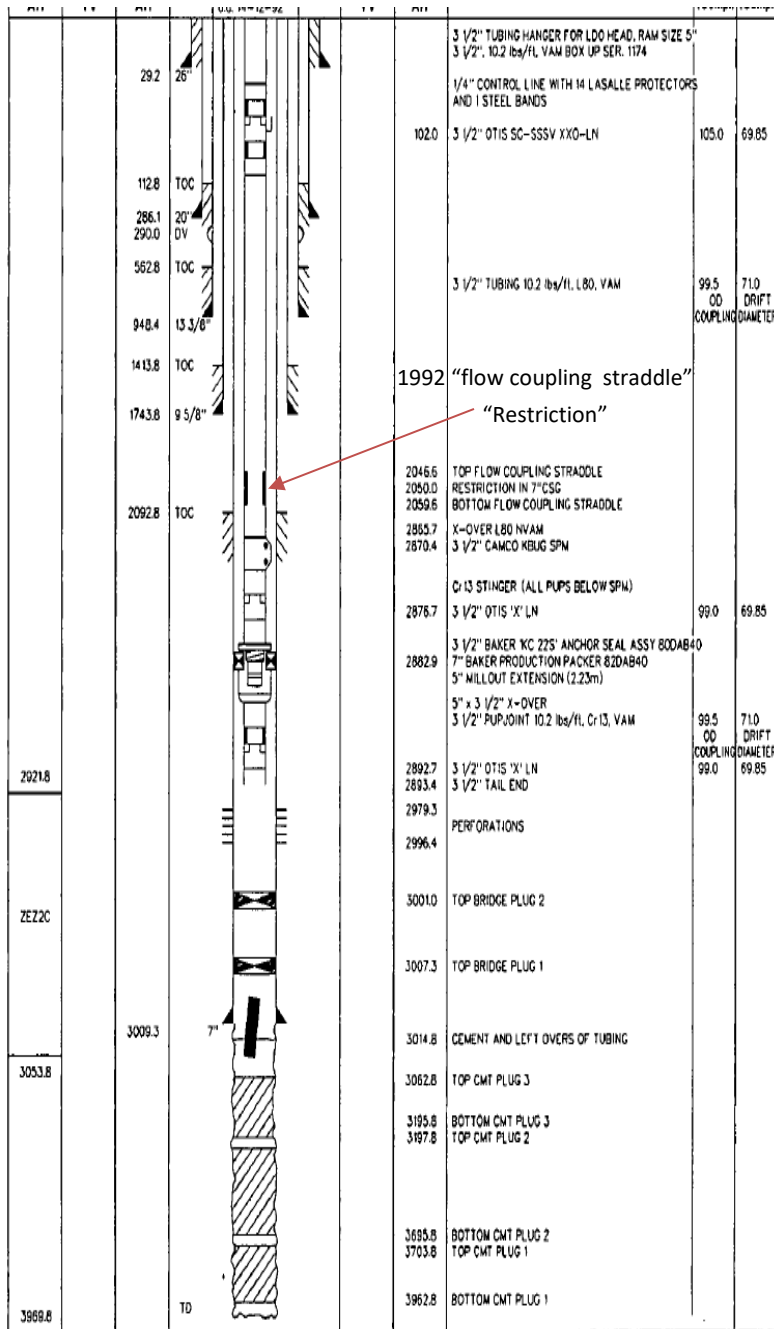


Figuur 3-4 – CBL's 1968 en 2021

3.7 Interpretatie en Conclusie

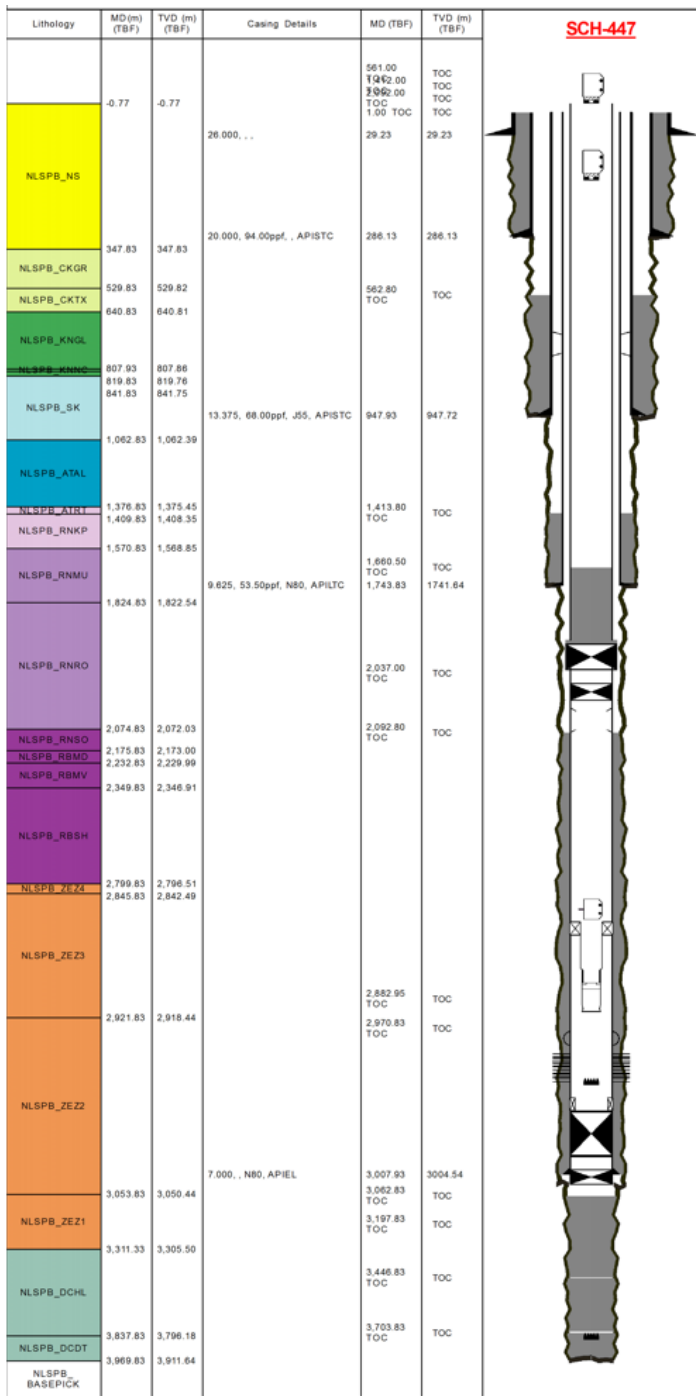
De RCA heeft aangetoond dat het zeer waarschijnlijk is dat het zout dat zich direct tegenover de buitenbuis bevond op 2051 meter diepte (gemeten vanaf de boorvloer), de oorzaak is van de indeuking. Onder bepaalde omstandigheden kan zout zich bewegen als een vervormbare massa waarbij er druk wordt uitgeoefend in de richting van de beweging. Er is voldoende bewijs verzameld om te concluderen dat het zogenaamde Rot-zout, een geologische zoutafzetting, zich in de richting van de buitenbuis in SCH-447 heeft bewogen en heeft geleid tot bezwijken van diezelfde en uiteindelijk ook schade heeft veroorzaakt aan de binnenbuis in de put op een diepte van 2051 meter. Vervorming aan de buitenbuis werd al in 1992 waargenomen en om die reden is er toen ter hoogte van het Rot-zout een zwaarder type binnenbuis geïnstalleerd. Het gebruik van een zwaardere metalen buitenbuis ter hoogte van het Rot-zout wordt al sinds 1979 met succes toegepast in NAM. Dit naar aanleiding van lessen die geleerd zijn uit voorvallen in de voorafgaande jaren (waarbij er overigens geen schade aan mens of milieu is ontstaan). In SCH-447 is er gekozen voor het verstevigen van de binnenbuis om dezelfde bescherming te bereiken. (SCH-447 was al in 1968 geboord en het gebruik van een verstevigde buitenbuis was dus niet meer mogelijk). Ondanks de versteviging is het waarschijnlijk dat het proces van zoutkruip in de loop van de tijd toch langzaam is doorgegaan. Door het zure zwavelwaterstof in het geproduceerde gas en defecte tubing als gevolg daarvan (de tubing is meerdere keren vervangen), tijdens de levensduur van de put, kan niet worden uitgesloten dat de buitenbuis wanddikte is kwijtgeraakt als gevolg van corrosie en het indeukingsproces de afgelopen jaren mogelijk heeft versneld. Dit kan ook verklaren waarom de binnenbuis in 2019 niet meer toegankelijk was op een diepte van ruim 2 kilometer welke in 2018 nog wel bereikt kon worden.

4. Appendix A – Well Status Diagrammen



ALL DEPTHS IN METERS BELOW BOTTOM FL ANGLE (unless indicated differently)

Figur 4-1 Well Status Diagram 1992



Figur 4-2 Well Status Diagram 2021