

Projecttitel: FRESCO - Fluvial REServoir CONNECTivity and heterogeneity

Penvoerder: Technische Universiteit Delft

Projectperiode: 1 november 2018 – 1 november 2022

Projectnummer: TKI2018-03-GE

Contact: dr. Hemmo A. Abels, Applied Geology sectie, Geosciences and Engineering Department, TU Delft, Stevinweg 1, 2628 CN, Delft, Nederland, h.a.abels@tudelft.nl

Dit project is uitgevoerd met subsidie van het Ministerie van Economische Zaken en Klimaat, Nationale regelingen EZK-subsidie, Topsector Energie uitgevoerd door Rijksdienst voor Ondernemend Nederland.

Uitgangspunten en doelstelling

Voor een toekomstig duurzaam energiesysteem moet er enorme toename worden bewerkstelligd van duurzaam geproduceerde energie, met name in de vorm van aardwarmte. Daarnaast is er sterke wens voor waterstof en CO₂ opslag in ondergrondse reservoirs. Voor zowel aardwarmte-winning als energie en CO₂ opslag zijn gedetailleerde kennis nodig van de gesteente-eigenschappen en verspreiding van deze eigenschappen in de ondergrond. De karakterisatie van de diepe ondergrond is dus een essentieel onderdeel van de energie-transitie. Op dieptes onder 2 km is echter weinig directe data beschikbaar om deze eigenschappen te meten en voorspellen. De economische marges van duurzame projecten is doorgaans klein en er wordt vanuit deze projecten daarom weinig onderzoek gedaan naar de eigenschappen van de diepe ondergrond. De doelstelling van het FRESCO project was daarom het verbeteren van voorspellende ondergrond modellen om duurzame projecten te faciliteren tegen lagere kosten en economische risico's en ook het optimaliseren van het gebruik van de ondergrond. Het project heeft hiervoor gekeken naar de eigenschappen en verspreiding van de riviersedimenten zoals die ook deel uitmaken van de Nederlandse ondergrond. We hebben gekeken hoe paleoklimatologische veranderingen hun invloed uitoefenen op de variabiliteit van gesteente-eigenschappen in verticale en laterale zin en hoe deze kennis toepasbaar is te maken. Het project was een samenwerkingsverband tussen de Technische Universiteit Delft, Wintershall Noordzee B.V. en Equinor ASA.

Aanpak

In het FRESCO project, hebben we veldgegevens vergaard en geanalyseerd van sedimentaire afzettingen uit het Bighorn Bekken, Wyoming, USA (Figuur 1). Hier zijn ongedefomeerde, kilometers-lange rivierafzettingen ontsloten aan het oppervlakte waardoor door middel van veldobservaties en drone-fotografie een goede kwalificatie en kwantificatie van de verspreiding van eigenschappen mogelijk is. Daarnaast zijn computer modellen gebruikt om kennis te vergaren over hoe cyclische paleoklimatologische veranderingen gesteente-afzettingen beïnvloeden. Hierin werd gekeken naar hoe de verticale en laterale verspreiding veranderd en wat de controles zouden kunnen zijn hierop. De gegevens die hieruit kwamen zijn vervolgens toegepast op twee ondergrond studies (Figuur 2). Hierin werden deze studies in het specifiek geanalyseerd en werd ook de toepassingsmethodiek verder ontwikkeld zodat de resultaten van het project beter toepasbaar zijn op andere velden.

Behaalde resultaten

De velddata laten zien dat cyclische klimaatsverandering een sterke invloed heeft op rivierafzettingen en de hieruit volgende stratigrafie (Wang et al. 2022). Komgrond-afzettingen zijn in detail getraceerd (Fig. 1) en diktevariaties gekwantificeerd over een afstand van meer dan 5 kilometer. Hieruit kan worden opgemaakt dat de externe klimaatsinvloed samengaat met variatie die voortkomt uit veranderingen



Figuur 1. Een bestudeerde ontsluiting waarin stroomgordel-zanden (links) geconnecteerd konden worden aan meer rode komgrond-afzettingen (rechts). Dit zijn vroeg Eocene afzettingen uit het Bighorn Basin, Wyoming, Verenigde staten. De schaal is 10 m.

binnen het afzettingsmilieu, zogenaamde autogene variatie. Lange-termijn variaties in zandvoorkomens konden daarnaast worden gerelateerd een lange-termijn klimaatsinvloed. De stroomgordel zanden zijn beschreven, gekwantificeerd en gerelateerd aan variatie in de komgronden waaruit een voorspellende waarde volgt die gebruikt kon worden in de ondergrondmodellen van de casus studies. Hiermee is niet alleen veel kennis vergaard over rivierafzettingen en de bijbehorende klimatologische variabiliteit, maar is deze kennis direct breed toepasbaar gemaakt (zie Abels et al. 2020). Voorwaarts stratigrafische numerieke model analyses laten zien hoe cyclische variatie invloed heeft op rivierafzettingen en hoe dit signaal verzwakt benedenstrooms door lokale variatie (Wang et al. 2021). De Carboon en Trias ondergrond studies laten zien dat cyclostratigrafische analyse van deze series significant verbeterde correlatie raamwerken kan opleveren. Daarnaast laat de analyse zien dat er soortgelijke, lange-termijn variatie voorkomt in deze sequenties, wat een sterk voorspellende waarde oplevert voor zandvoorkomens in onze ondergrond. Tot slot is met deze twee studies de toepassingsmethodiek verder ontwikkeld en in meer algemene zin uitgeschreven, zodat deze algemeen inzetbaar is voor elke duurzame toepassing in de ondergrond (zie Abels et al. 2020).

Spin off

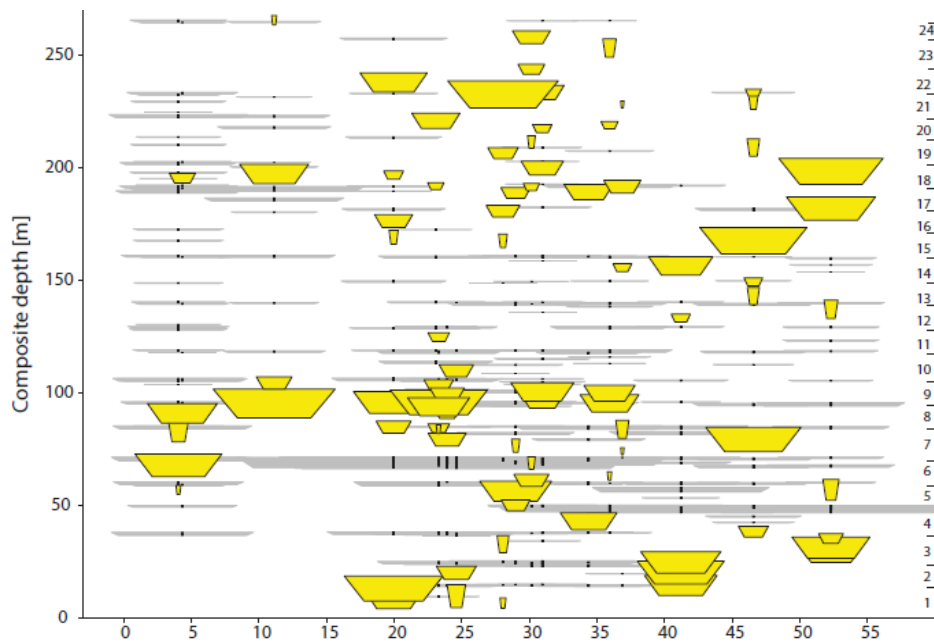
Het FRESCO project is succesvol geweest in het karakteriseren van de invloed van klimatologische variabiliteit op een relatieve korte geologische tijdschaal. Tijdens het project kwam naar voren dat ook klimatologische variabiliteit op een langere tijdschaal sterke invloed heeft op afzettingen en dat deze schaal sterke waarde heeft voor het duurzame energie productie of opslag in de ondergrond. Dit was niet het hoofddoel van het project en het is van waarde hier meer aandacht aan te besteden. De correlatie methodiek lijkt veel waarde hebben voor correlatie van klei-rijke rivierafzettingen. Verdere toepassing in ondergrondstudies is nodig om zowel de methodiek verder te verfijnen door een grotere database te ontwikkelen en om de correlatie-waarde te benutten.

Bijdrage aan duurzame energie

Het FRESCO project heeft bijgedragen aan de betere karakterisatie van de ondergrond door onderzoek naar rivierafzettingen. In Nederland bestaan onder andere het Boven Carboon, delen van het Perm, Trias en het onder Krijt uit rivierafzettingen. Begrip van de sturing van deze afzettingen door de tijd en verspreiding door de ruimte is essentieel. Op geologische tijdschalen en dus tijdschalen waarin gesteente afzettingen plaatsvinden zijn klimaatsveranderingen een belangrijke controle op variatie. Echter, klimaatsveranderingen zijn moeilijk te traceren in rivierafzettingen omdat deze ook sterke interne controle kennen door verleggingen van rivierlopen en overstromingen.

Gegevens

U kunt verdere informatie en data verkrijgen via bovenstaand contact. Alle data komt beschikbaar via het openbare 4TU research data platform. Analyses en interpretaties zijn gepubliceerd in proefschriften van twee promovendi van de TU Delft en (inter)nationale tijdschriften.



Figuur 2. Een voorbeeld van de verspreiding van zandsteenlichamen in geel en kool lagen in grijs voor het Boven Carboon in de ondergrond van de zuidelijke Noordzee op basis van de ontwikkelde modellen binnen het FRESCO project.

Proefschriften:

- Wang, Youwei (2021). "Alluvial Stratigraphic Response to Astronomical Climate Change: Numerical modelling and outcrop study in the Bighorn Basin, Wyoming, USA." Delft University of Technology, Geoscience and Engineering Department, promotor A.W. Martinius, co-promotor H.A. Abels.
- Baars, Timothy F. "Implementation of cyclostratigraphic concepts to improve low net-to-gross alluvial subsurface reservoir characterization", defence expected in August 2023, promotor A.W. Martinius, co-promotor H.A. Abels.

Gepubliceerde artikelen:

- Abels, H. A., Baars, T. F., Wang, Y., Alharbi, A., Storms, J. E. A., & Martinius, A. W. (2020). Implementing Orbital Climate Control on Alluvial Stratigraphy in Subsurface Predictive Models. In EAGE 2020 Annual Conference & Exhibition Online, 2020, pp. 1-5.
- Wang, Y., Storms, J. E., Martinius, A. W., Karsenberg, D., & Abels, H. A. (2021). Evaluating alluvial stratigraphic response to cyclic and non-cyclic upstream forcing through process-based alluvial architecture modelling. *Basin Research*, 33(1), 48-65.
- Wang, Y., Baars, T. F., Sahoo, H., Storms, J. E., Martinius, A. W., Gingerich, P., & Abels, H. A. (2022). Sandstone body character and river planform styles of the lower Eocene Willwood Formation, Bighorn Basin, Wyoming, USA. *Sedimentology*, 69(7), 2897-2924.