

Projecttitel: HotTrias - Sustaining heat flow from Triassic sandstones for deep geothermal energy

Penvoerder: Technische Universiteit Delft

Projectperiode: 1 mei 2019 – 1 mei 2024

Projectnummer: TGeo118004

Contact: Prof. dr. Allard W. Martinius, Applied Geology sectie, Geosciences and Engineering Department, TU Delft, Stevinweg 1, 2628 CN, Delft, Nederland, a.w.martinius@tudelft.nl

Dit project is uitgevoerd met subsidie van het Ministerie van Economische Zaken en Klimaat uitgevoerd door de Rijksdienst voor Ondernemend Nederland, Innovatiethema Geo-energie, Subsidieregeling TSE-18-19-01-Geo-energie.

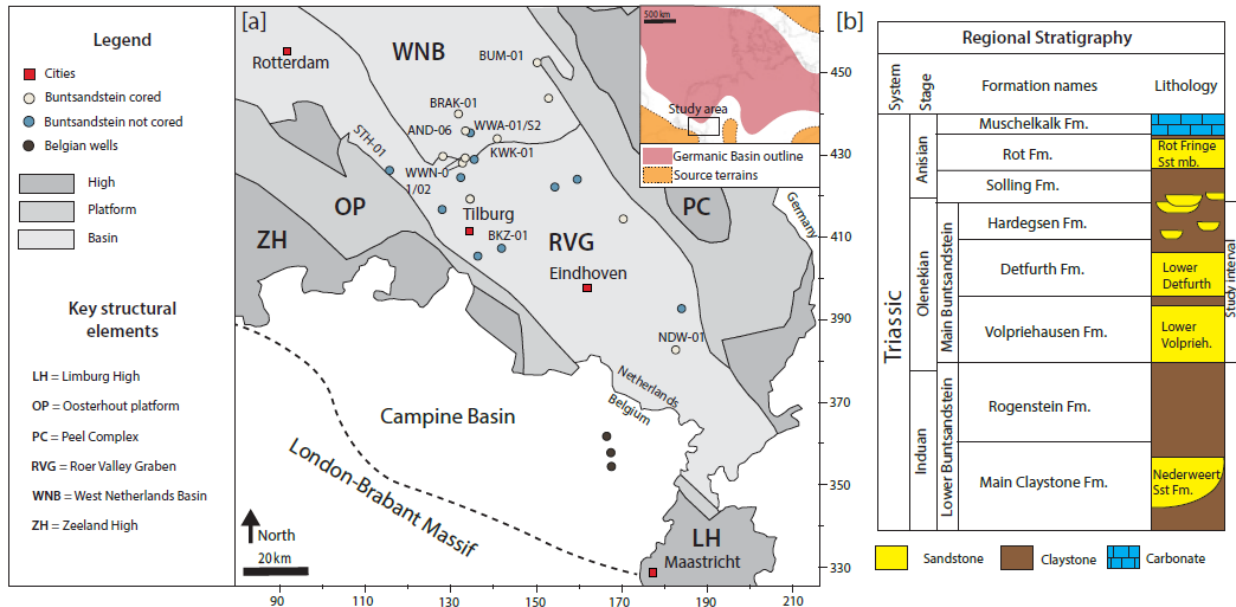
Uitgangspunten en doestelling

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 HotTrias project was daarom het verbeteren van voorspellende ondergrond modellen voor de regio Brabant toegespitst op de Onder Germaanse Trias eenheid, die zich daar voordoet in de ondergrond op een diepte tussen 1.5 en 3.5 km. Het HotTrias project heeft alle beschikbare geologische data van deze eenheid bij elkaar gebracht en waar nodig nieuwe data geproduceerd om tot een geïntegreerde geologische interpretatie te komen. Hiermee is een kartering gemaakt van de geschiktheid van de Onder Germaanse Trias eenheid voor geothermische toepassingen in de Zuid-West Nederland. Het project was een samenwerkingsverband tussen de Technische Universiteit Delft, Aardyn B.V. (voorheen Hydreco Geomec B.V.) en Panterra Geoconsultants.

Aanpak

Het HotTrias project is begonnen met een gedetailleerde seismische studie om de grootschalige bekkenontwikkeling van de Roer Valley Graben te bestuderen gefocust op de ontwikkeling van de Main Buntsandstein Sub-Groep, onderdeel van de Onder Germaanse Trias Groep. Hierbij is gebruik gemaakt van vintage seismische data en nieuwe data waaronder SCAN data. Na deze analyse, zijn alle beschikbare gesteentekernen van de Buntsandstein in het gebied bekeken, zowel de kernen die bij TNO in Zeist liggen als die bij de NAM in Assen. Deze kernen zijn sedimentologisch en stratigrafisch geïnterpreteerd en in een holistisch stratigrafisch model geplaatst passend in de bekkenontwikkeling zoals uit de seismiek gehaald. Daarna is de diagenetische geschiedenis van de Buntsandstein bestudeerd om een beter beeld te krijgen van de porositeit en permeabiliteitsverdeling over het bekken en op verschillende dieptes. Het is bekend dat de porositeit soms erg laag kan zijn door cementatie waardoor geothermische projecten weinig kansrijk zijn. De oorzaak van deze cementatie en wanneer deze wel en wanneer niet optreedt was dus een belangrijk doel van het project. Hiervoor zijn alle beschikbare dunne gesteentedoorsnedes (slijplaten) bekeken, zowel die van TNO als de NAM en ook die van andere operators. Daarnaast is een serie nieuwe platen gemaakt daar waar data miste. Vervolgens zijn de natuurlijke fractures in de Main Buntsandstein en hun ontstaansgeschiedenis bestudeerd om inzicht te

krijgen in mogelijk secundaire waterstroming via de fractures. Deze studie heeft plaatsgevonden in het nabijgelegen West Netherlands Basin, aangezien de putten met de benodigde data niet aanwezig waren in de Roer Valley Graben, maar wel in het nabijgelegen West Netherlands Basin. Tot slot is alle data en zijn alle interpretatie gebruikt om tot een kartering te komen van porositeit, permeabiliteit, net-gross, reservoir diepte en reservoir dikte van de Main Buntsandstein sub-group in de Roer Valley Graben. Hieruit is een geologische schatting gemaakt van hoe geschikt de Main Buntsandstein kan zijn voor geothermische toepassingen in dit gebied.

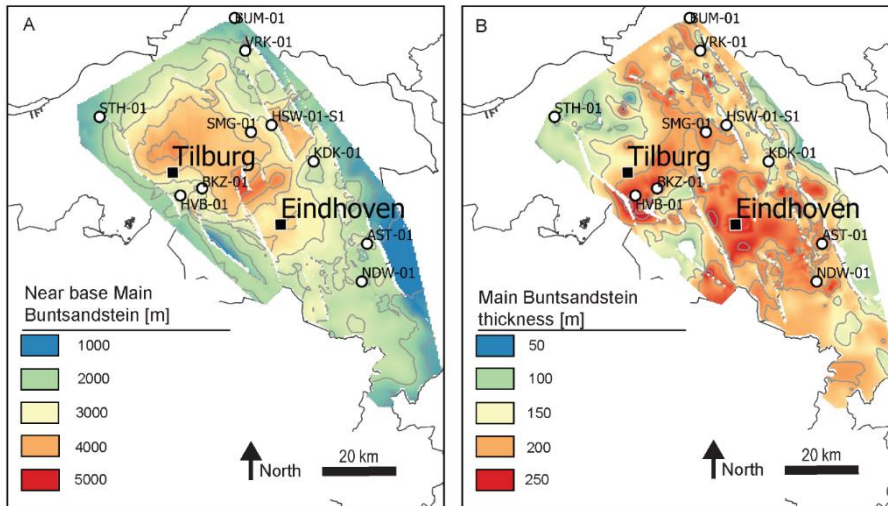


Figuur 1a. Het studiegebied in Zuid Nederland met de belangrijkste boorgaten weergegeven. Legenda weergegeven in de figuur net als een aantal steden ter oriëntatie. Figuur 1b. Stratigrafie van de Trias. In de studie was er een focus op de Main Buntsandstein, een potentieel geothermisch reservoir in dit gebied.

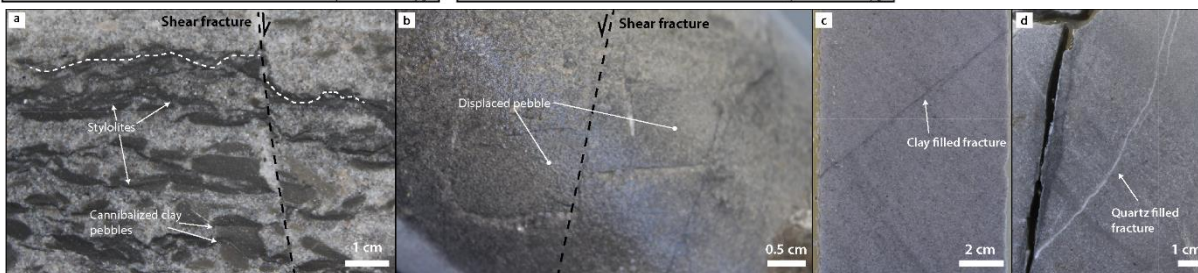
Behaalde resultaten

De gedetailleerde seismische interpretatie laten zien dat het midden en zuidoosten van de Roer Valley Graben actieve afzettingsgebieden waren ten tijde van de afzetting van de Main Buntsandstein, terwijl het noord minder stratigrafie heeft opgebouwd. Na afzetting zijn de sedimenten opgedeeld door breuken waardoor lokaal de sedimenten in delen voorkomt van niet meer dan 1 tot 2 km. Aan de randen, bevindt de MBS zich op dieptes van 2 km, terwijl in het midden van het bekken de diepte kan oplopen tot 3.5 km (Hoofdstuk 1; Cechetti et al. 2024). De MBS sedimenten worden gedomineerd door rivierafzettingen met in mindere mate eolische herwerking. De basis van de formatie kent meer zandrijke vlechtende, zeer mobiele rivierpatronen, terwijl naar boven in de stratigrafie er minder zandrijke, minder mobiele vaker meanderende rivierpatronen voorkwamen. Uit deze analyse stellen we gedetailleerde reservoirmodellen voor waarin spatiale heterogeniteiten meegenomen worden (Hoofdstuk 2; Cechetti et al. In review).

De diagenetische ontwikkeling van de Main Buntsandstein sedimenten kan worden opgedeeld vier hoofdfases die elk kunnen worden geassocieerd met een eigen tektonisch regiem. Dominante cementfases bestaan uit illiet, kwarts en dolomiet. Illiet komt voor als vroeg diagenetisch cement en kan daarmee kwarts cement voorkomen. Dolomiet afzetting komt in ieder geval voor in twee fases waartussen kwarts cementatie plaatsvond. Tijdens het omhoogkomen van de MBS vindt op grote schaal cementoplossing plaats waardoor porositeit en permeabiliteit weer omhoog gaan. Natuurlijke fractures komen voor in dominante NW-ZO oriëntatie en hebben relatief veel kans om open te zijn gezien deze



Figuur 2. De bekende en berekende diepte (2A) en dikte (2B) van de Main Buntsandstein sub-groep in de ondergrond van de Roer Valley Graben. Belangrijke boringen zijn weergegeven met hun afkortingen, Tilburg en Eindhoven ter referentie.



Figuur 3a-c. Hoofdtypen van fractures in de Main Buntsandstein sedimenten in de VAL-01 en NLW-GT-01 kernen.

orientatie in samenhang met de gevonden maximum stress. Alle vijf geïdentificeerde fracture types gerelateerd aan tektonische fases inclusief een stylotische fases tijdens bekken inversie. Natuurlijke fractures zijn meer dominant in heterogene stratigrafie ten opzichte van homogene stratigrafie. Tot slot zijn de totale warmte en het geothermisch potentieel van de verschillende putten in het gebied berekend. Hiervoor zijn alle gegevens bekend, uit deze studie en uit eerdere studies gebruikt. Hieruit blijkt dat de mogelijkheid dat water kan stromen door de gesteentes in de ondergrond belangrijker is dan de diepte waarop de Main Buntsandstein voorkomt. De bekkenranden, met name de zuidrand, lijkt relatief een hoge potentie te hebben voor geothermische productie door middel van een doublet systeem.

Bijdrage aan duurzame energie

Het HotTrias project heeft bijgedragen aan de betere karakterisatie van de ondergrond in met name Brabant maar indirect ook aan kennis over deze gesteentelagen in grote gebieden daarbuiten. De gesteentes van de Main Buntsandstein sub-group zijn een doel in duurzame energie projecten in het bestudeerde gebied, in gebieden daar niet ver buiten richting het westen op land en offshore. Verschillende bedrijven en kennisinstellingen, waaronder TNO en EBN, zijn bezig de kennis van de Trias gesteentes bij elkaar te brengen en te verdiepen. Het HotTrias project draagt hier aan bij en kennis en gegevens zijn dan ook reeds tijdens het project gedeeld.

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 of worden gepubliceerd in (inter)nationale tijdschriften en zijn onderdeel van het proefschrift van Emilio Cecchetti aan de TU Delft.

Proefschriften:

- Cecchetti, E. “An integrated geological evaluation of the Lower Triassic Main Buntsandstein sandstones for deep geothermal applications in the southern Netherlands”, verdediging verwacht in oktober 2024, promotores A.W. Martinius en H.A. Abels.

Gepubliceerde artikelen:

- Cecchetti, E., A.W. Martinius, P.O. Bruna, A. Bender, en H.A. Abels, 2024. Structural controls on the Triassic Main Buntsandstein sediment distribution in the Roer Valley Graben, the Netherlands. *Netherlands Journal of Geosciences*, *in the press*.
- Cecchetti, E., A.W. Martinius, M. Felder, M.E. Donselaar, en H.A. Abels, *under review*. Sedimentology, stratigraphy and reservoir architecture of the Lower Triassic Main Buntsandstein in the Roer Valley Graben, the Netherlands. *Journal of Marine and Petroleum Geology*.