

De Groningse bodem onder een vergrootglas met seismiek en wiskunde

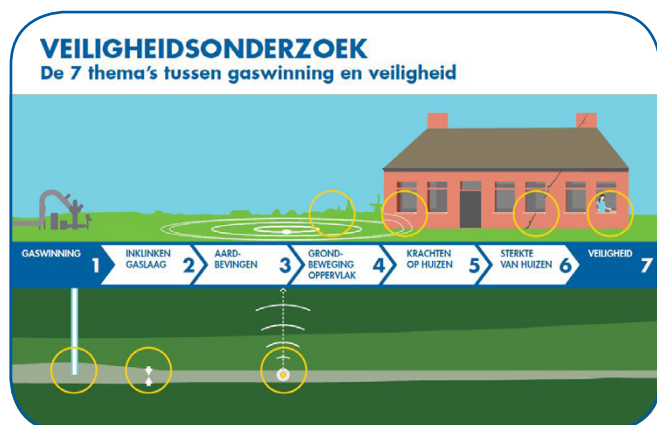
Kun je voorspellen wat er bovengronds gebeurt als ergens in het Groningse gasveld een beving optreedt? Hoe kun je schade voorkomen? Om te begrijpen wat er in de Groningse bodem gebeurt, legt de Nederlandse Aardolie Maatschappij een dicht netwerk van meetstations aan. Eddy Kuperus, Team Lead Field Optimisation bij de NAM, vertelt over de werking van dat netwerk en de wiskunde die daarbij komt kijken.



Waarom heeft een beving op de ene plaats een ander effect dan een beving van vergelijkbare sterkte op een andere plaats? Waarom ontstaat bij de ene beving wel schade en bij de andere niet? De samenstelling van de ondergrond speelt daarbij een belangrijke rol. In heel Nederland is er veel kennis over de eerste dertig meter onder onze voeten en van de zout- en kalklagen op grotere dieptes is ook aardig wat bekend. Over de gesteentelagen daartussenin is veel minder bekend. Eddy Kuperus en zijn team brengen daar in snel tempo verandering in.

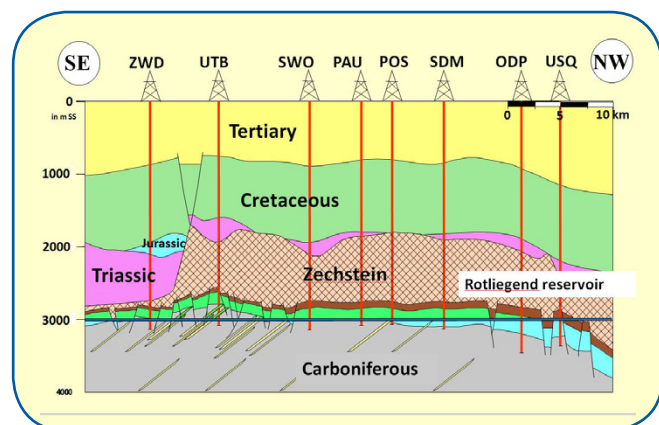
Schakels in een keten

Als reservoir engineer heeft Kuperus op verschillende plaatsen in de wereld expertise opgebouwd op het gebied van natuurlijke gas- en oliereservoirs. Geologie, natuurkunde en wiskundige modellen spelen hierbij een rol. In Groningen brengt hij met een team van specialisten de gasvoerende gesteentelagen minutieus in kaart. Deze kennis is nodig om voorspellingen te kunnen doen over het ontstaan en de effecten van bevingen. “In principe willen we een hele keten doorgronden”, legt Kuperus uit, “van de samenstelling van de ondergrond tot hoe gebouwen reageren op bevingen.”



Schakels in de keten die onderwerp zijn van het veiligheidsonderzoek.

“Bij een aardbeving ontstaan golven die zich door de aardkorst voortplanten. Afhankelijk van de samenstelling van de gesteentelagen planten deze golven zich sneller of langzamer voort. Op het grensvlak van twee verschillende soorten gesteente verandert ook de richting van een golf. Met behulp van onder andere deze eigenschappen brengen we het gesteente in de ondergrond in kaart. We brengen niet alleen het gesteente zelf in kaart, maar registreren ook de bewegingen van het gesteente tijdens een aardbeving. Die bewegingen planten zich als trillingen voort door de bovenliggende gesteentelagen en komen tenslotte aan bij het aardoppervlak en de huizen die daar staan. De kennis die we over de afzonderlijke schakels in de keten opdoen, verwerken we in *ground motion prediction equations*. Hoe preciezer deze vergelijkingen, hoe beter we de effecten van bevingen aan de oppervlakte kunnen voorspellen. Bouwkundigen kunnen met deze kennis strategieën ontwikkelen om schade of gevaarlijke situaties te voorkomen.”

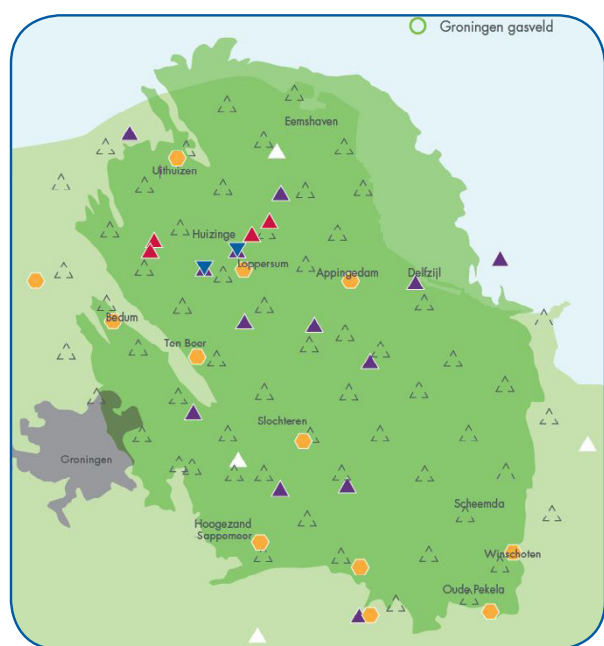


Een schematisch overzicht van de gesteentelagen in het Groningse gasveld

Aardbevingen ontstaan doordat gesteentemassa's langs natuurlijke breukvlakken in de aardkorst verschuiven. De meeste aardbevingen zijn zogenaamde tektonische bevingen. Deze ontstaan door de beweging van de tektonische platen, vaak zo'n 10 tot 20 km onder het aardoppervlak. De bevingen in Groningen ontstaan op een diepte van 3 km, de diepte waarop het gasveld zich bevindt. Het gas in het gasveld zit in kleine poriën in het gesteente. Als het gas gewonnen wordt, daalt de druk in die poriën en wordt het gesteente in het gasreservoir samengedrukt door het gewicht van de gesteentelagen erboven. Dit is meestal een geleidelijk proces en heet *compactie*. Soms blijft de hoeveelheid compactie achter en bouwt zich spanning op langs breuklijnen in het gesteente. Als de spanning daar te hoog wordt, verschuift het gesteente langs de breuklijn en komt de opgehoopte energie in één keer vrij. Het gevolg is een aardbeving. Bij tektonische aardbevingen kunnen dit enorme breukvlakken zijn, die grote aardbevingen teweegbrengen. De breukvlakken in Groningen zijn veel kleiner, zodat de kracht van de bevingen hier beperkt blijft.

Een combinatie van geologie, natuurkunde en wiskunde

Er is veel kennis over tektonische aardbevingen, maar over ondiepere bevingen zoals in Groningen is minder bekend. Om de geologische variatie in de Groningse bodem in kaart te brengen legt de NAM een fijnmazig netwerk aan van seismische meetstations. "In totaal leggen we boven het gasveld 70 meetputten aan met een diepte van 200 meter", vertelt Kuperus. "Deze putten worden elke 50 meter van een geofoon voorzien. Daarnaast maken we twee onderzoekspullen met een diepte van 3300 meter. Tijdens het boren nemen we gesteentemonsters uit de diepe ondergrond. Daarna voorzien we de putten van meetapparatuur, waaronder een uniek systeem op basis van glasvezeltechnologie. Hiermee meten we continu hoeveel compactie er in het gasveld optreedt. Verder zijn inmiddels in meer dan 200 gebouwen een snelheidsmeter geplaatst."



Overzicht van het fijnmazige meetnetwerk dat op dit moment wordt aangelegd. De verschillende tekens/kleuren geven verschillende typen meetstations aan.

De meetgegevens van al deze meetstations worden gebruikt om modellen op te stellen voor de ondergrond van Groningen. "We beginnen met een geologisch model waarin we de eigenschappen van het gesteente beschrijven. We delen hiervoor de bodem op in kleine cellen en beschrijven voor elke cel de geologisch eigenschappen. Dit is een statisch model. Met behulp van de gegevens die tijdens de gasproductie verzameld worden, wordt het geologisch model omgezet in een dynamisch model waarmee we aan het stromingsgedrag van het gasreservoir kunnen rekenen. Omdat de beschikbare rekenkracht beperkt is, moeten we de celgrootte aanpassen en steeds een aantal kleine cellen vervangen door één grote. Hiervoor moet je gegevens op een slimme manier middelen en interpoleren. Dit proces heet *upscalen*. De dynamische modellen die we zo opstellen, kalibreren we aan de hand van nieuwe metingen. Met elke nieuwe meetput, kunnen we de modellen verder verfijnen en steeds preciezer voorspellen wat er in de bodem gebeurt."

"Zo kun je statistische grenzen gebruiken voor een objectieve besluitvorming."

"Ook kansberekening is een belangrijk onderdeel van de keten. Door kleine variaties in de invoergegevens krijg je soms wel honderden mogelijke verschillende uitkomsten. Van nature zijn mensen geneigd om optimistisch te zijn en risico's te laag in te schatten. Met behulp van statistiek kun je de kans berekenen op het best of slechtst mogelijke resultaat. Zo kun je statistische grenzen, zoals de p10 of p90 van een kansverdeling, gebruiken voor een objectieve besluitvorming."

Veel belangstelling

Elke week komen er twee nieuwe meetputten bij. Als alle meetstations zijn geïnstalleerd draagt de NAM het netwerk over aan het KNMI. Het KNMI ontvangt, analyseert en bewaart de meetgegevens. Deze gegevens worden ook beschikbaar gesteld voor verder onderzoek. Vanuit de seismische wereld is hier veel belangstelling voor, met name vanuit projecten met vergelijkbare omstandigheden zoals aardwarmteprojecten en de opslag van gassen in onderaardse reservoirs. Primair echter moeten de metingen – en de daarop gebaseerde rekenmodellen – voorkomen dat er in Groningen onveilige situaties ontstaan.