

VU Research Portal

Spatial models of carbonate platform anatomy

Verwer, K.

2008

document version

Publisher's PDF, also known as Version of record

[Link to publication in VU Research Portal](#)

citation for published version (APA)

Verwer, K. (2008). *Spatial models of carbonate platform anatomy*. [PhD-Thesis - Research and graduation internal, Vrije Universiteit Amsterdam].

General rights

Copyright and moral rights for the publications made accessible in the public portal are retained by the authors and/or other copyright owners and it is a condition of accessing publications that users recognise and abide by the legal requirements associated with these rights.

- Users may download and print one copy of any publication from the public portal for the purpose of private study or research.
- You may not further distribute the material or use it for any profit-making activity or commercial gain
- You may freely distribute the URL identifying the publication in the public portal

Take down policy

If you believe that this document breaches copyright please contact us providing details, and we will remove access to the work immediately and investigate your claim.

E-mail address:

vuresearchportal.ub@vu.nl

Samenvatting

Spatiële modellen van de anatomie van carbonaat platformen

Carbonaat platformen zijn speciale sedimentaire systemen die gevormd worden door een serie van complexe, variabele en aan elkaar gerelateerde intrinsieke processen, zoals productie, erosie, transport, depositie, vroege cementatie en corrosie; en tegelijkertijd sterk worden beïnvloed door externe processen, zoals verandering van relatieve zeespiegel (eustatisch en bodemdaling), lokale en regionale tektonische regimes, ecologische veranderingen, klimaatvariatie en type migratie van ondergrondse vloeistoffen die de late diagenetische modificatie controleren. Het resultaat van de wisselwerking tussen deze intrinsieke en extrinsieke processen wordt gereflecteerd in de architectuur van carbonaat depositionele systemen en in de type facies en textuur samenstelling van interne sediment lichamen, welke *stratal anatomy* genoemd wordt. Kwantitatieve morfologische analyse kan daarom gebruikt worden om proxy data vast te leggen ten aanzien van depositionele processen en hun evolutie binnen een sedimentair systeem. Dergelijke analyses leiden tot het vaststellen van regels en concepten die betrekking hebben op de processen van carbonaat sediment accumulatie en tevens fungeren als een belangrijk hulpmiddel om de anatomie van gesteentelichamen in de ondergrond te voorspellen. Daar meer dan de helft van alle olie en gas reserves in carbonaat sedimenten voorkomt is het verbeteren van de voorspelbaarheid van deze *stratal anatomy* van primair economisch belang. Daarnaast bevatten deze sedimenten grote zoet water aquifers and significante erts voorraden. Bovendien zijn carbonaat sediment systemen gevoelige archieven van oceanografische processen en relatieve bewegingen van de zeespiegel door de tijd heen en bieden daarom waardevolle inzichten in de manier waarop oude aardse omgevingen reageerden en zich aanpasten aan klimaatverandering.

Met de komst van nauwkeurige en betaalbare hoge resolutie plaatsbepaling apparatuur is het mogelijk geworden om op een efficiënte manier kwantitatieve morfologische informatie te extraheren vanuit grootschalige geologische ontsluitingen. Deze systemen maken gebruik van *global positioning system* en laser applicaties en zorgen voor een correcte registratie van geologische observaties in de driedimensionale

ruimte. Dergelijke data kunnen vervolgens gebruikt worden om realistische geologische modellen te bouwen, zogenoemde digitale ontsluitingmodellen. Deze modellen kunnen bekeken worden vanuit elk perspectief en bieden de mogelijkheid voor kwantitatieve analyse. Bovendien verbeteren en versterken de digitale ontsluitingmodellen oorspronkelijke moeilijk te beoordelen observaties. Kwantitatieve spatiale analyse van ontsluitingen heeft de laatste tientallen jaren momentum gekregen als een belangrijke tool om voorspelbaarheid van *stratal anatomy* vast te stellen en de onzekerheid binnen interpretatie in de ondergrond te reduceren. Het eerste deel van dit proefschrift omvat de hierboven beschreven techniek van digitale ontsluiting modellen.

Een tweede bron van informatie aangaande *stratal anatomy* is seismische reflectie data. Seismische data zijn een logische bron omdat deze "continue" anatomische proxy informatie leveren, hoewel indirect. Echter, de vertaling van een geofysisch beeld in een geologische formatie wordt bemoeilijkt door methodologische problemen en niet-unieke interpretatie van het seismische signaal. Daarom is het begrijpen van de controlerende parameters op de petrofysische eigenschappen van poreuze materialen van belang bij het interpreteren van seismische beelden en akoestische logs van sedimentaire opeenvolgingen. Carbonaat sedimenten bieden daarin een speciale uitdaging vanwege hun complexe poriën structuur en hun vatbaarheid voor diagenetische verandering. In het tweede gedeelte van het proefschrift wordt de relatie tussen geologische parameters, zoals de textuur van het gesteente en akoestische eigenschappen onderzocht.

Het proefschrift is verdeeld in modules. Hoofdstuk 2 beschrijft de procedure en de workflow om op een effectieve manier digitale velddata te verkrijgen en te integreren in digitale ontsluitingmodellen. Vervolgens worden in Hoofdstuk 3 de recente ontwikkelingen in het gebruik van spatiale geologische ontsluitingdata bediscussieerd; alsmede de vorm van dergelijke data en de meest gebruikte typen geostatistische algoritmen. Dit geeft inzage in de manier waarop spatiale geologische ontsluitingdata worden gebruikt om de kennis aangaande de processen van carbonaat sediment accumulatie te verbeteren en de technieken om facies patronen te repliceren in ondergrondse reservoirs verder te ontwikkelen.

De workflow die opgezet is in de eerste hoofdstukken wordt daarna toegepast op drie casussen in Spanje en Marokko. De spaanse Sierra del Cuera is een carbonaat platform met een hoog reliëf en een steile flank van Carboon ouderdom welke 90° geroteerd is geworden tot vertikaal in een breukbeweging. Georthorectificeerde luchtfoto's geven inzage in de depositionele architectuur van het platform en afgelopen laagvlakken geven informatie aangaande de spatiale distributie van gesteentetypen. Deze gegevens bieden de mogelijkheid om een nauwkeurig spatiaal model te construeren voor door microbe-boundstone gedomineerde rifranden (Hoofdstuk 4). De marokkaanse Djebel Bou Dahar is een carbonaat platform van jurassische ouderdom dat evolueerde in een rift bekken. Tegenwoordig is het platform ontsloten als opgeheven topografie en heeft een uitzonderlijke ontsluitingsgraad. De architectuur van het platform werd gecontroleerd door actieve syndepositionele tektoniek. Het

evolueerde in verschillende incrementen van een wijdverbreid platform met een laag reliëf naar een geïsoleerd platform met een steile helling. Digitale velddata zijn verworven in twee gedetailleerde studievelden in de steile hellingomgeving (Hoofdstuk 5) en in een zandbank-barrière complex langs de platformrand (Hoofdstuk 6). Vervolgens wordt de *stratal anatomy* digitaal gereconstrueerd in digitale ontsluitingsmodellen en gebruikt om de spatiale distributie van gesteentetypen te evalueren, kwantitatieve stratigraphische informatie te extraheren en de statistische voorspelbaarheid van opeenvolgingen van gesteentetypen te testen.

Tenslotte, in Hoofdstuk 7 en 8, worden de controlerende parameters op akoestische golfpropagatie in sedimentaire gesteenten en de effecten van vloeistof saturatie op akoestische golfpropagatie in carbonaat gesteenten bediscussieerd. De Poisson's ratio (een specifieke ratio van P-golf over S-golf) wordt geïntroduceerd als een belangrijke proxy om klassen van gesteentetextuur te herkennen. De Poisson's ratio laat een sterke correlatie zien met depositionele en diagenetische parameters, evenals met bepaalde veranderingen in het akoestische gedrag ten gevolge van saturatie met vloeistof. Een beter begrip van de mechanismen die het akoestisch gedrag in sedimentaire gesteenten controleren leidt uiteindelijk tot een verbetering van geologische interpretaties en tot de mogelijkheid om gesteentekarakteristieken te onttrekken aan seismische reflectie beelden.

Gekwantificeerde concepten en regels zijn essentieel om de voorspelbaarheid van (indirecte) *stratal anatomy* te verbeteren: ten behoeve van de evaluatie van ondergrondse reservoirs alsmede de algemene vooruitgang voor het veld van sedimentologie. Nauwkeurige anatomische informatie over sedimentlichamen, hun interne geometrie van gelaagdheid en hun fysische eigenschappen zijn essentieel voor de reconstructie van depositionele modellen, vloeimodellen voor olie- en gasvelden en aquifers, opschoning van vervuilde aquifers en voor de reconstructie van bekkens, om een aantal toepassingen te noemen. Met de snel toenemende vraag naar drinkwater en energiebronnen zal de vraag naar degelijke data in de toekomst enkel toenemen.