Toepassing van boorgatmetingen bij geothermische projecten

Toegevoegde waarde voor de geothermie-operator en anderen.

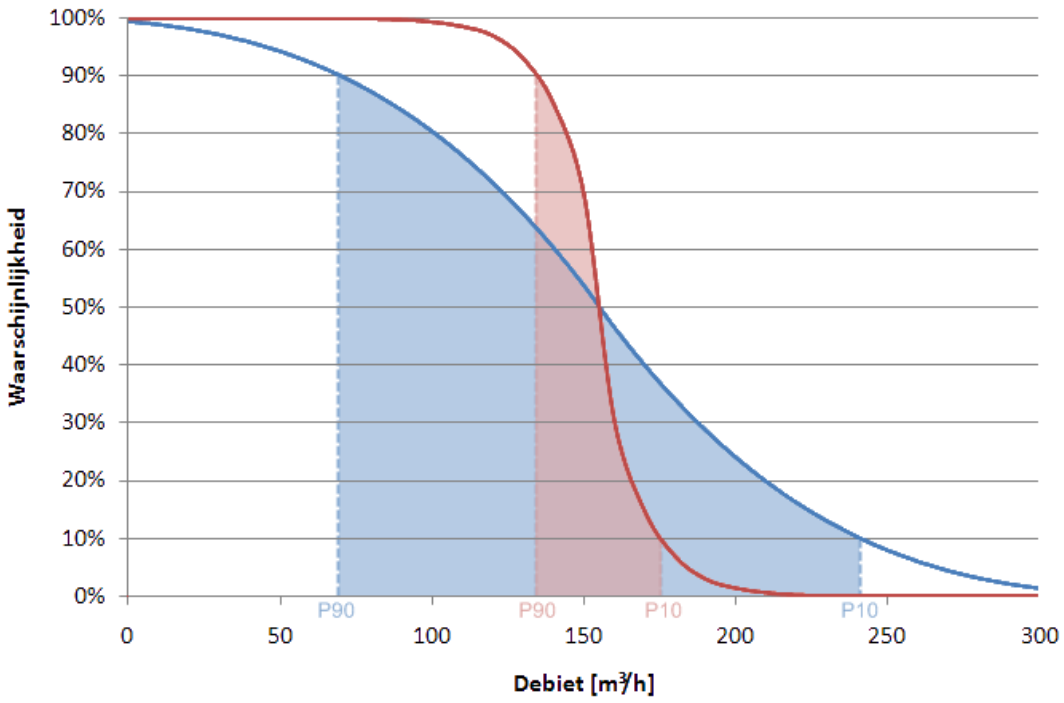
Inhoud

1. Introductie
2. Boorgatmetingen: een overzicht
3. Doelen van boorgatmetingen
4. Ervaringen in Nederland en Duitsland
5. Economie en risico’s
6. Stakeholder analyse
7. Conclusies

1. Introductie

Probleemstelling:
Boorgatmetingen kunnen veel waarde toevoegen aan de exploratie en exploitatie van een geothermisch systeem, maar zijn kostbaar en brengen mogelijk risico's met zich mee.

- Verkleinen verschil tussen p50 en p90
- Optimaal gebruik reservoir

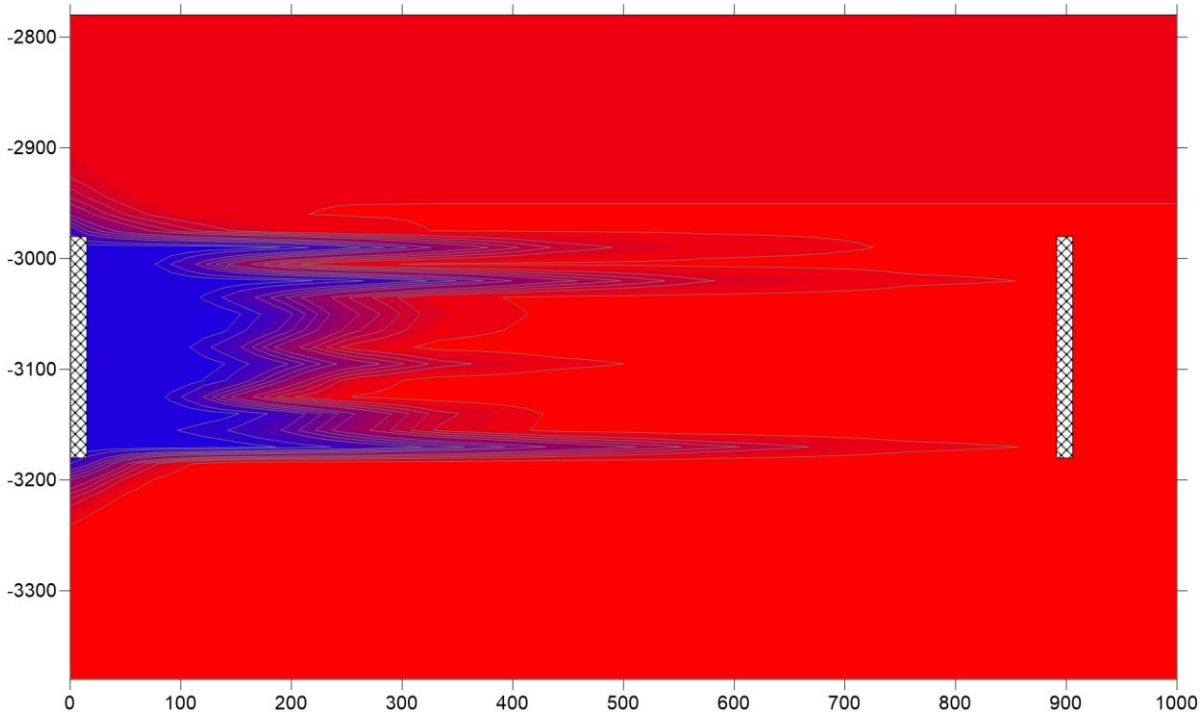


1. Introductie

Probleemstelling:
Boorgatmetingen kunnen veel waarde toevoegen aan de exploratie en exploitatie van een geothermisch systeem, maar zijn kostbaar en brengen mogelijk risico's met zich mee.

- Verkleinen verschil tussen p50 en p90
- Optimaal gebruik reservoir

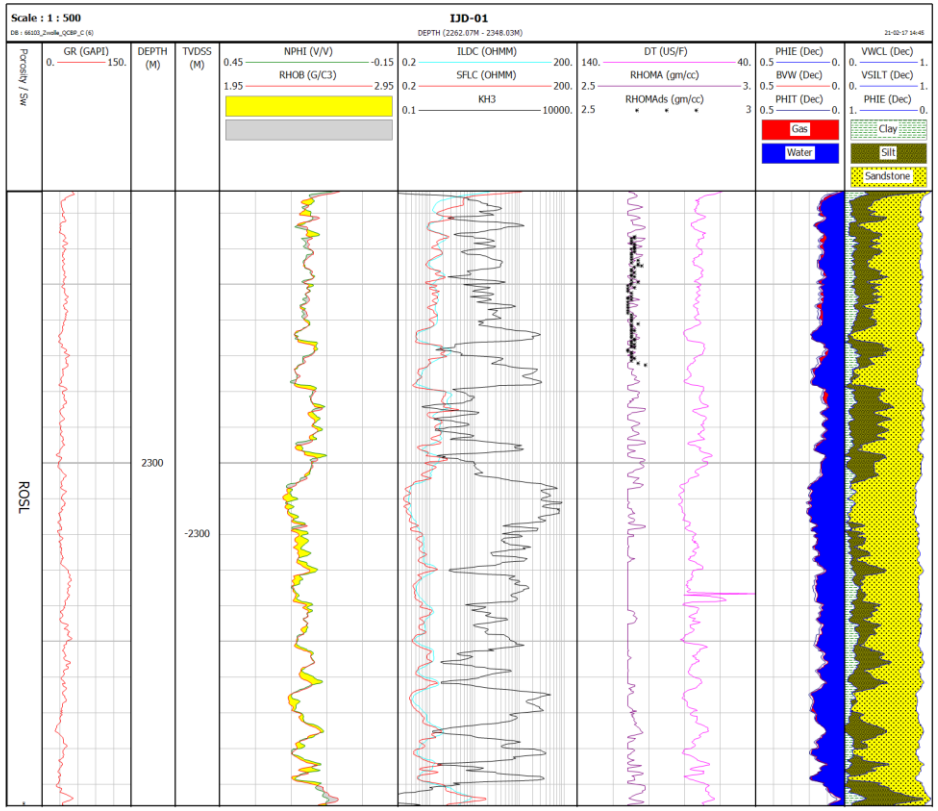
Doel:
Informeren en vergroten kennis van boorgatmetingen.



2. Boorgatmetingen - waarom?

Inzicht in de eigenschappen van het geothermische reservoir, het geothermische water en de integriteit van de put.

1. Geologische toepassingen
2. Drilling & completie engineering toepassingen
3. Reservoir engineering
4. Exploitatietoepassingen
5. Voordelen voor de geothermische industrie.



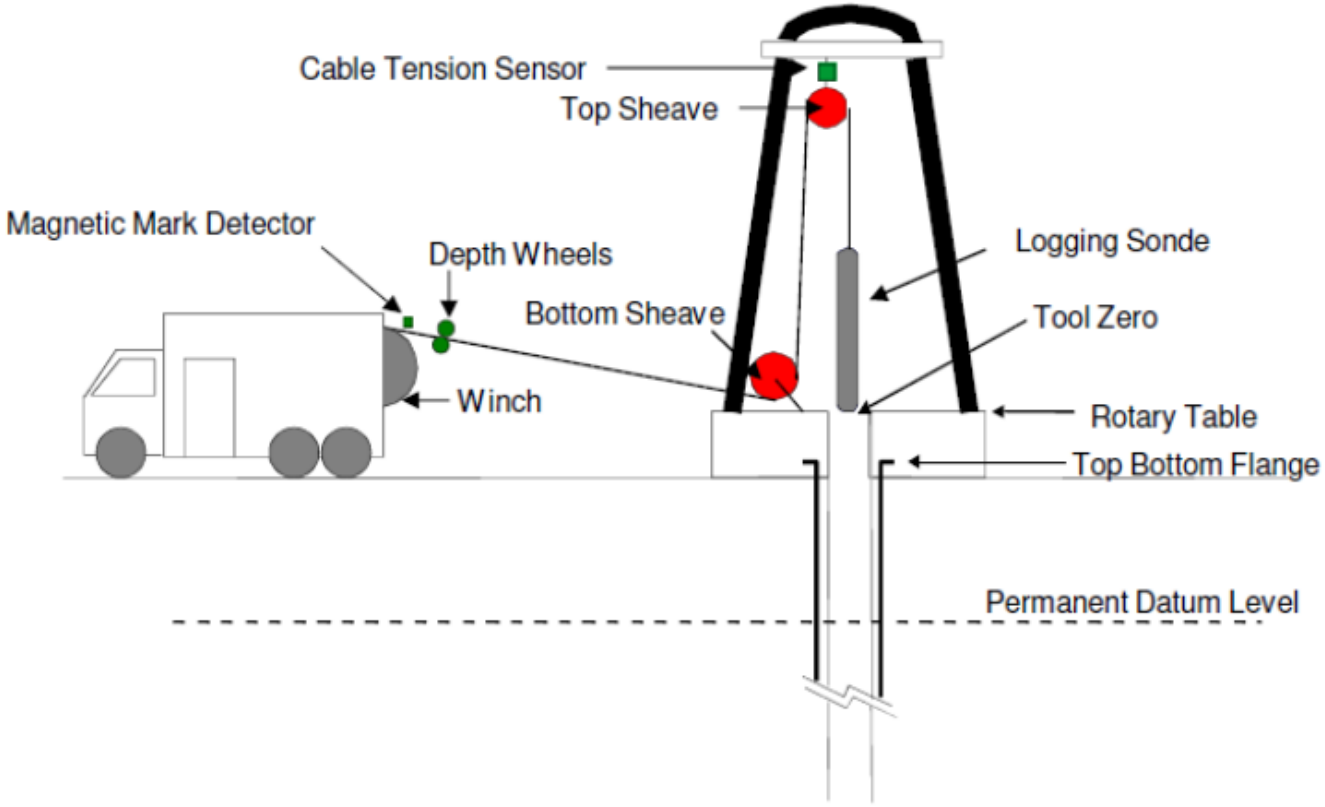
2. Boorgatmetingen - waarom?

Inzicht in de eigenschappen van het geothermische reservoir, het geothermische water en de integriteit van de put.

1. Geologische toepassingen
2. Drilling & completie engineering toepassingen
3. Reservoir engineering
4. Exploitatietoepassingen
5. Voordelen voor de geothermische industrie.

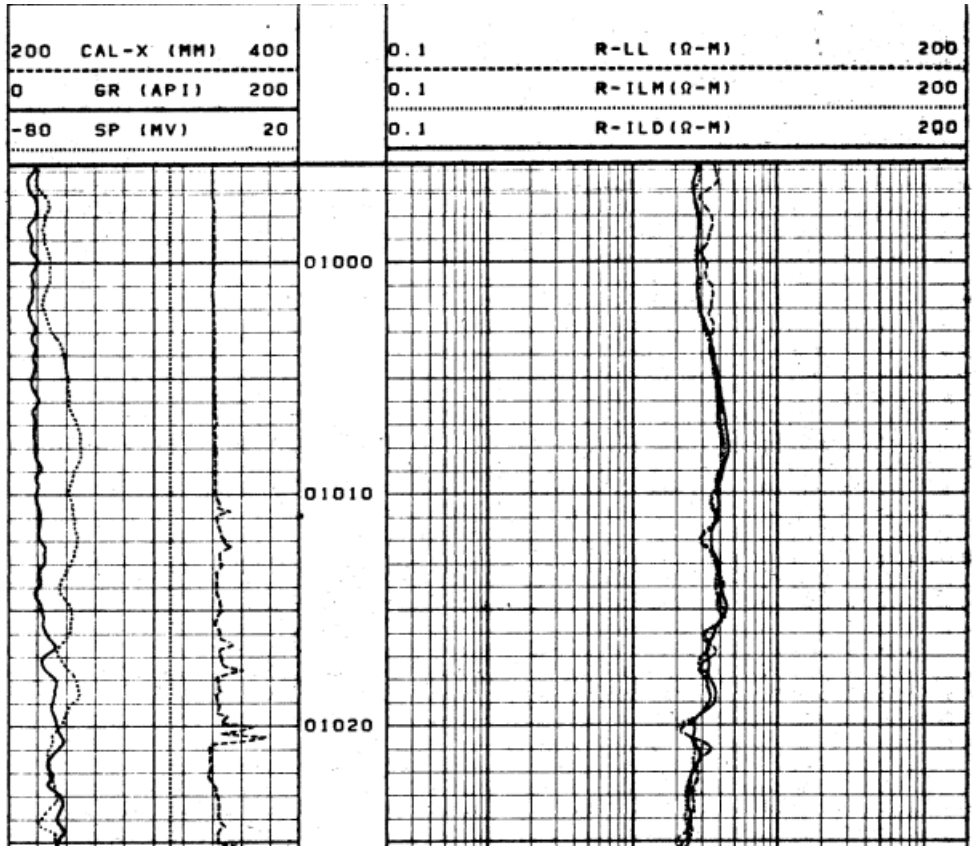
2. Boorgatmetingen - wat is het?

- Continue (geofysische) meting van een parameter langs het boorgat.



2. Boorgatmetingen - wat is het?

- Continue (geofysische) meting van een parameter langs het boorgat.
- De gemeten waardes worden geplot als een functie van de diepte langs het boorgat.
- De gemeten parameters worden vertaald naar (fysische) eigenschappen van de ondergrond.



3. Boorgatmetingen - methodes

Open hole en cased hole

Logging voor:	Open Hole	Cased Hole
Formatie evaluatie	Ja	Ja*
Reservoir monitoring	Nee	Ja
Productie-engineering	Nee	Ja
Putintegriteit	Nee	Ja

* Niet aanbevolen

'Geofysische' metingen en putintegriteit

Methode	Doel
Boorgatmetingen en boorgat 'imaging'	Reservoireigenschappen
	Waterkwaliteit
	Lithologie en geologie
	Spanningsveld
	Breukdetectie
	Stabiliteit van het boorgat
	Break-out analyse
Putintegriteit en productie-engineering	Cement bond
	Inspectie casing
	Debiet, druk, temperatuur

3. Boorgatmetingen - methodes

Logging while drilling (LWD)

- Meten tijdens het boren: real-time informatie.
- Altijd open hole.
- Tools aanwezig tijdens gehele boring.
- Geen extra tijd nodig voor metingen.
- Geschikt voor uitdagende putten (horizontaal, steil, instabiliteit).
- Directe meting van het reservoir.
- Gevoelig voor storingen van de boor.
- Niet alle tools zijn beschikbaar.

Wireline Logging

- Meten na afloop van het boren.
- Open hole en cased hole.
- Tools alleen aanwezig tijdens meting.
- Extra boortorentijd nodig na het boren.
- Door aanwezigheid van mud (of casing) zijn vaak correcties nodig.
- Toolstring specifiek geconfigureerd voor iedere klus.

Gebruik:
- kwalitatief
+ semi-kwantitatief en kwalitatief
* kwantitatief

Logging tool	Gebruik	Lithologie	Correlatie	Depositie	Breuken	Druk	Porositeit	Permeabiliteit	Kleivolume	Waterkwaliteit	Seismiek
Caliper			-		-			-			
SP			-	-				-	+	*	
Resistivity		-	-	-		+	+	-		-	
Gamma ray		+	-	-	-				+		
Sonic		+	-	-	*	+	*	-	+		*
Density		+	-	-	+	-	*	-	+		*
Neutron		+	-	-			*	-	+		
NMR		+	-	-			*	+	+		
Fluid testing and sampling						*		*		*	
Boorgat imaging				*	*						

4. Boorgatmetingen - Ervaringen in Nederland

Ervaringen van geothermie-operators in NL

Vier interviews afgenomen.

4. Boorgatmetingen - Ervaringen in Nederland

A. Is het voor de boring overwogen om boorgatmetingen uit te voeren?

- Alle operators hebben boorgatmetingen overwogen voor de boring werd uitgevoerd.
- Twee van de vier hebben een ‘base case’ voor boorgatintegriteit gemeten met een casing log en een cement bond log.
- Eén temperatuurmeting van het reservoir.
- Eén reservoirformatie-evaluatie (sonic, gamma ray, dichtheid, neutron porosity en NMR) met als doel de porositeit en permeabiliteit van het reservoir te bepalen.

B. Welke eigenschappen van de ondergrond (of put) waren het doel van de metingen?

- LWD gamma ray metingen zijn uitgevoerd voor de correlatie op diepte en om te bepalen of het reservoir is bereikt.
- Cement bond log and casing log omdat het een vereiste is van SODM.

4. Boorgatmetingen - Ervaringen in Nederland

C. Wat waren de ingeschatte kosten van de geplande metingen?

- k€ 110 – k€160

D. Voor welke methode is gekozen (LWD of wireline)?

- Gamma ray met LWD
- Boorgatintegriteit met wireline, cased hole
- Formatie-evaluatie met wireline, open hole

E. Zijn tijdens het loggen onvoorziene, kostenverhogende zaken opgetreden als gevolg van het loggen?

- Geen onvoorziene zaken zijn opgetreden.
- Zorgen waren er om de radio-actieve bron gebruikt bij een van de logging tools.
- Verzekering voor ‘lost-in-hole’ van de tool in het boorgat kost ongeveer k€4.

4. Boorgatmetingen - Ervaringen in Nederland

F. Hadden de meetresultaten een meerwaarde voor het succes van het project?

- In geval van monitoring was waarde van de metingen niet relevant.
- De resultaten van de formatie-evaluatie kwamen niet overeen met de resultaten van de puttest.
- Suggestie voor de formulering van een duidelijke standaard voor boorgatmetingen.

G. Is tijdens of na afloop besloten om (alsnog) te loggen? En waarom?

- Na afloop zijn puttesten uitgevoerd, en op een visuele inspectie na, geen boorgatmetingen uitgevoerd.

Conclusie

Alleen gedaan wat echt moet.
Toegevoegde waarde van boorgatmetingen voor geologie en reservoir engineering zijn onduidelijk.
Kosten zijn k€110 – k€160.
Er zijn geen onvoorziene gebeurtenissen opgetreden.

4. Boorgatmetingen - Ervaringen in Nederland

Veldcode	Aantal putten	Spudjaar	Boorgatmetingen (juli 2017)
BRI-GT	2	2015	Nog niet publiek beschikbaar
CAL-GT	5	2012	Gamma ray, Sonic, Image, Cement bond, Resistivity en NMR log, kernen
HAG-GT	2	2010	Gamma ray (LWD)
HEK-GT	2	2013	Nog niet publiek beschikbaar
HON-GT	2	2011	Gamma Ray, Density, Sonic, PEF (wireline); Cement bond and Casing log
KHL-GT	2	2016	Nog niet publiek beschikbaar
KKP-GT	2	2011	NMR, Gamma Ray, Density, Neutron Porosity, Sonic (wireline); cement bond log
LIR-GT	2	2014	Nog niet publiek beschikbaar
MDM-GT	6	2013	In MDM-GT-5: Gamma Ray, Sonic, Density and Neutron logs (wireline, open hole).
PLD-GT	2	2016	Nog niet publiek beschikbaar
PNA-GT	4	2010	Gamma Ray (LWD); Cement bond log
VDB-GT	4	2007	Gamma Ray (LWD); Cement bond en Casing log

4. Boorgatmetingen - Ervaringen Duitsland

- Data worden niet publiek na 5 jaar. Verkrijgen van oude data via federale geologische dienst is kostbaar en kost veel tijd. Toch een belangrijke bron van informatie.
- Verschillen in wetgeving per federale staat.
- Gewoonlijk een putintegriteitsmeting met cement bond log en casing log.
- Vaak deviatie-survey van het puttraject vanwege wettelijke voorschriften.
- Vaak visuele inspectie met een camera in het boorgat.
- Gebruikelijke logs: gamma ray, druk-temperatuur, sonic en density, en image logs.
- Bijna altijd wireline operatie.
- Risico's als gevolg van open hole logging worden zoveel mogelijk gemitigeerd in het ontwerp en de planning van de put.
- **Kosten: k€6 - k€40 plus €3 - €80 per meter.**

5. Economie en risico's - kosten

Uitvraag serviceproviders*

Uitgangspunten:

- Diepte: put met een reservoir op 1500-2500 m diepte
- Doelen:
  1) Porositeit en permeabiliteit bepalen;
  2) Identificatie van de producerende zones;
  3) Waterkwaliteit;
  4) Temperatuur van het water;
  5) Druk;
  6) Stressveld.

*Baker-Hughes, Halliburton en Schlumberger

5. Economie en risico's - kosten

Opties:		Doel:	Geschatte kosten	Opmerkingen / voorbeelden
Cased hole	Wireline	Formatie evaluatie		Niet aanbevolen, veel invloed van casing, cement en boorgat. Hogere kosten.
Open Hole	LWD	Formatie evaluatie NMR	k€12-14/dag k€12-14/dag	100 dagen boren: k€1200
	Wireline	Formatie evaulatie NMR	k€25 to k€150 k€45 to k€75	4 secties, 5 dagen: k€210

Enkele aanbevelingen naar aanleiding van de uitvraag:

- Combineer NMR en formatie evaluatie voor maximaal resultaat (k€60 to k€200)
- Temperatuur en flowmeter survey (+/~ k€15)
- Baseline voor putintegriteit: k€35 - k€40

5. Economie en risico's – risico-analyse

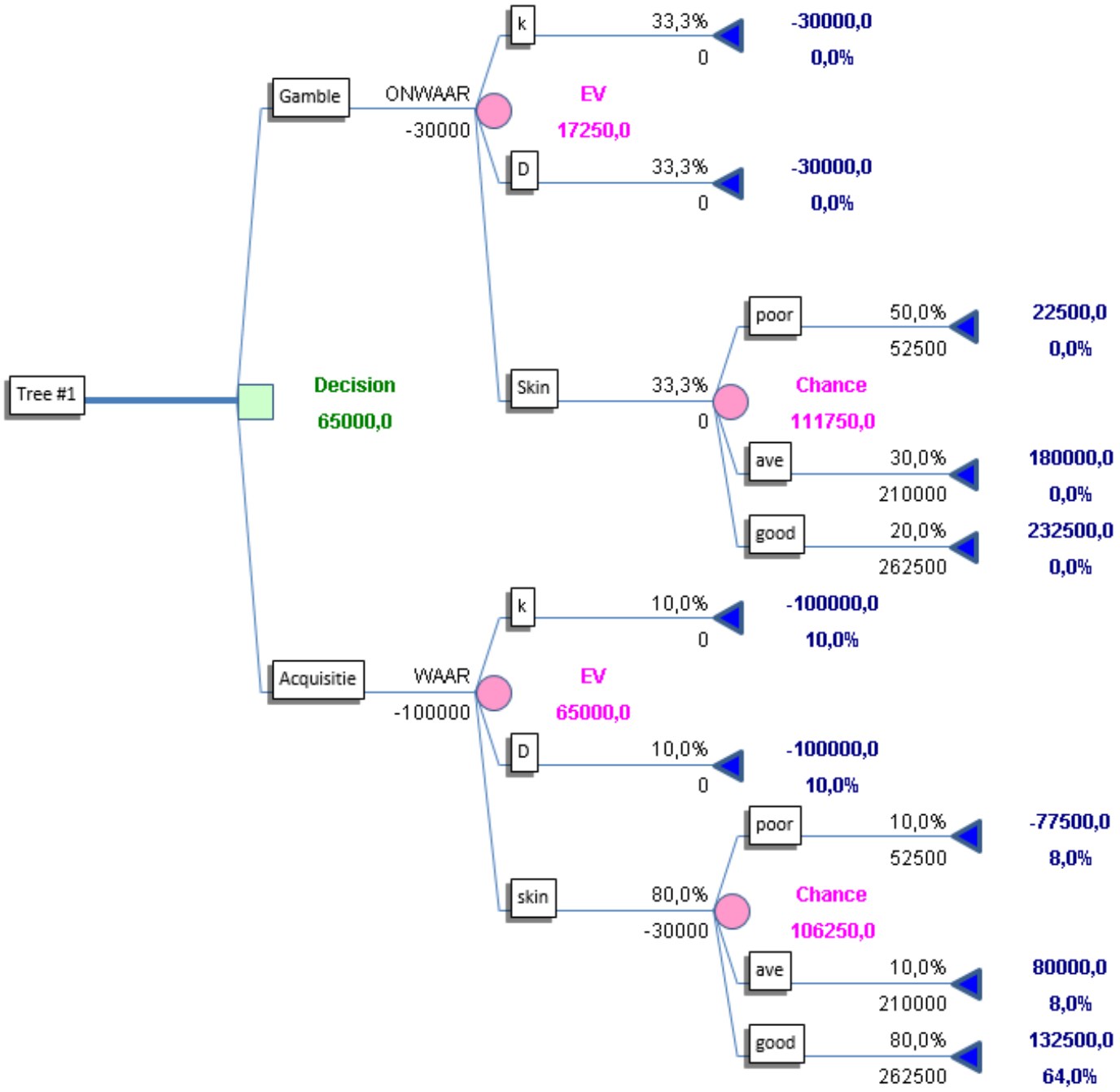
- **Sommige tools maken gebruik van een radio-actieve bron.**
  Mitigatie: splitsing van toolstring of gebruikmaken van 'source-less' porosity
- **Lost-in-hole of beschadigen van het wand van het boorgat.**
  Mitigatie: goede voorbereiding en risico-mitigatie. Op basis van gevoerde gesprekken lijken deze risico's goed gecontroleerd.
- **De operator is verantwoordelijk voor de gevolgen van de risico's veroorzaakt door een boorgatmetingoperatie.**
  Klein risico, maar wel erg kostbaar. Kenmerkend voor de geothermische industrie is dat de operator via de service company een verzekering hiervoor kan afsluiten.

5. Economie en risico's – Value of Information (VoI)

VoI is een methode om de waarde van (extra) informatie te bepalen. Bijvoorbeeld voor een tegenvallend geothermisch vermogen.

Voorbeeldberekening: 'tegenvallend geothermisch vermogen'.

1. Lager dan verwachte permeabiliteit;
2. Lager dan verwachte reservoirdikte;
3. Een skin.



Uitvoering van een ‘acid job’ om de putperformance te verbeteren.

Waardevermeerdering van:

- k€17 zonder extra data-acquisitie.
- k€65 met extra data-acquisitie.

6. Stakeholder analyse

Het maken van een overzicht van de stakeholders en hun rol in het nemen van beslissingen gedurende een geothermisch project om ze tijdig te betrekken.

Op basis van type boorgatmeting zijn stakeholder-matrices opgesteld:

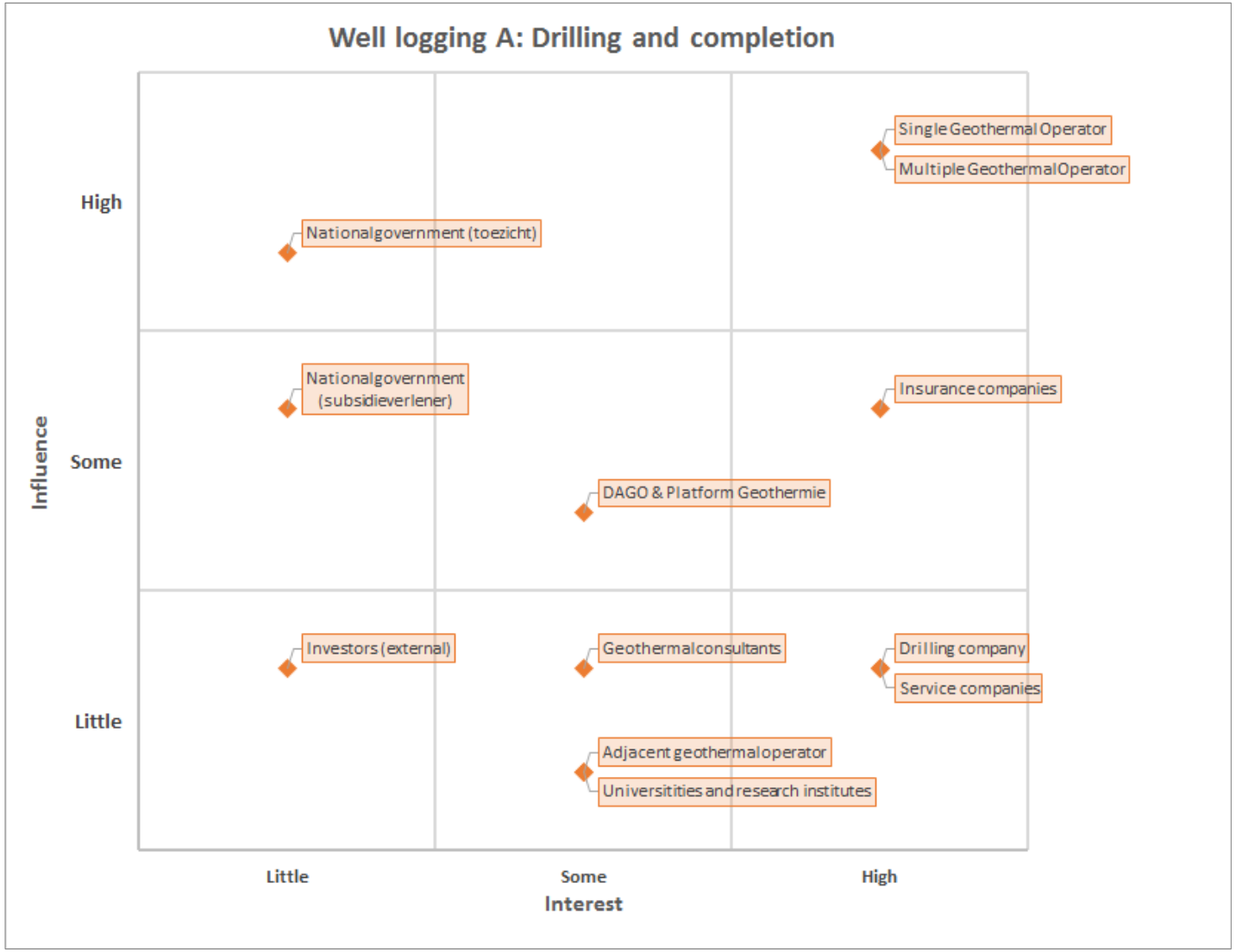
A. Drilling en completie (geologie en waterkwaliteit)

B. Reservoir engineering (A + reservoir-eigenschappen en geomechanische eigenschappen)

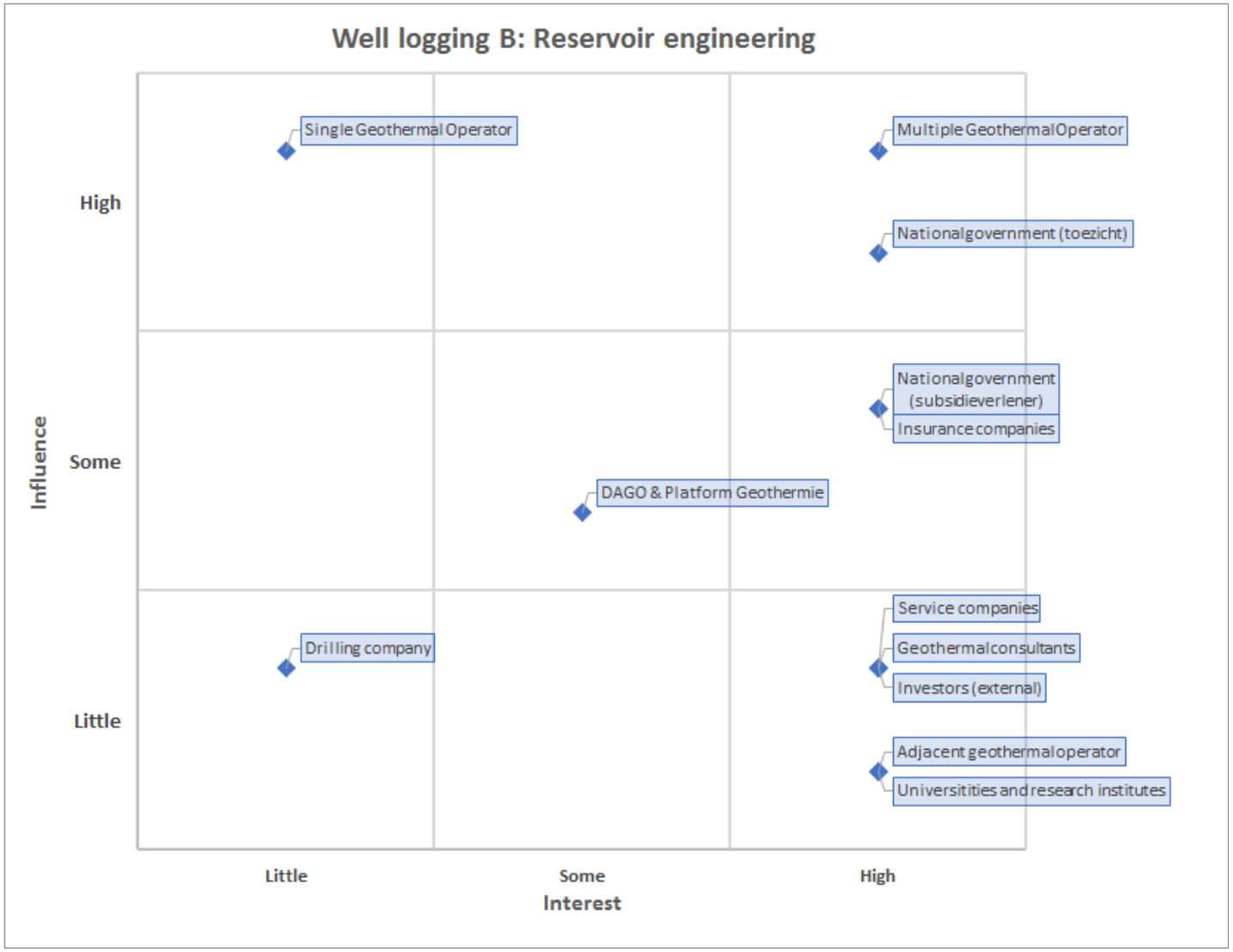
C. Exploitatie (A en/of B + monitoring)

Invloed	Rank	Stakeholder
Veel	1	Single Geothermal Operator
		Multiple Geothermal Operator
	3	Nationale overheid (supervisie en inspectie)
		Vezekeringsmaatschappijen
	5	Nationale overheid (subsidies)
	6	DAGO & Platform Geothermie
	7	Boormaatschappijen
		Service companies
		Investeerders (externe)
		Geothermie-adviseurs
	11	Universiteiten en onderzoeksinstituten
Weinig		Nabije geothermische operator

6. Stakeholder analyse



6. Stakeholder analyse



6. Stakeholder analyse

Recente ontwikkelingen

- Staat van de Sector van SODM
  “Onveilig”
  En reactie van de geothermische industrie.
  “Samenwerking en kennisdeling neemt toe.”
- ‘Opschalen’ van geothermische operators.

Conclusies

- Belang in boorgatmetingen is groot, maar invloed is klein.
- Belangen van toekomstige geothermische operators zijn matig behartigd.
- Overheidsinvloed is significant, maar wordt slechts ten dele benut.
- Invloed kost geld.

7. Conclusies

- Verschillen tussen de Nederlandse en Duitse situatie zit met name in de publieke beschikbaarheid van (oude) boorgatmetingen.
- Op basis van de schattingen van de service companies, is wireline logging het meest kosteneffectief.
- In de meeste geothermische projecten worden boorgatmetingen uitgevoerd ten behoeve van de boring of putintegriteit.
- De gerelateerde risico's zijn beperkt en goed te controleren, maar de gevolgen zijn kostbaar.
- De VoI-analyse laat zien dat boorgatmetingen toegevoegde waarde kunnen hebben bij bv productieproblemen.
- De stakeholder analyse laat zien dat ondanks dat de belangen van de stakeholders in boorgatmetingen over het algemeen hoog zijn, de invloed van stakeholders vaak beperkt is. Dit komt omdat de geothermische operator de kosten draagt.
- Het is de verwachting dat de interesse in boorgatmetingen toe zal nemen als gevolg van recente ontwikkelingen.

Aanbevelingen

Een beter begrip van het geothermische reservoir.

- *Individuele operator*. Gedetailleerde reservoireigenschappen voor betere putcompletie en mitigatie maatregelen van mogelijke productieproblemen. Uitvoeren van een formatie evaluatie in tenminste de eerste put.
- *Individuele operator.* Resitivity log om de aanwezigheid van olie of gas te meten.
- *Geothermische regio / grote operator:* Gedetailleerde kennis van het reservoir op regionale schaal voor optimale productie en voorkomen van interferentie tussen projecten.
- *Geothermische regio / grote operator:* Verbetering van regionaal tijd-diepte model (density, sonic en check-shot survey) en dieptevoorspelling. Dit leidt tot een betere voorspelling van de boorkosten.
- *Geothermie NL:* Vergroten van de kennis van de geothermische reservoirs verkleint de onzekerheid in de voorspelde reservoireigenschappen op een locatie. Dit beïnvloed de nauwkeurigheid van het voorspelde geothermische vermogen.

Delen van de kosten voor boorgatmetingen?

IF Technology **Creating energy**