

Voorne Update Winningsplan

07-12-2022



Het winningsplan basis informatie

Mijnbouwwet / Wet algemene bepalingen omgevingsrecht /Waterwet

Ondergrond: i.v.m. tijdelijk beleidskader 2 jaar vergund met verlengingsmogelijkheid van 1 jaar

- Opsporingsvergunning
- Winningsvergunning
- Winningsplan

Bovengronds:

- Mer aanmeldingsnotitie boring
- Wabo aanleg boorlocatie
- Wabo boring
- Wabo productiefaciliteiten
- Waterwet vergunning

Doorlopen stappen rondom Voorne winningsplan

1. Eerste winningsplan ingediend in 2020 > uitgebreide procedure Awb > vergund
 - a) Aangevraagde injectiedruk* onduidelijk aangegeven
 - b) Misinterpretatie: hierdoor is door de vergunningverlener uitgegaan van de verkeerde injectiedruk* in het winningsplan
 - c) Als deze injectiedruk* wordt gebruikt als maximaal toelaatbaar, dan is de kans groot dat het Voorne doublet niet kan opereren.
2. Update winningsplan ingediend in 2022 > uitgebreide procedure Awb > ontwerp besluit ligt voor:
 - a) Aangevraagde injectiedruk* duidelijker aangegeven, inclusief extra onderbouwing door experts van Fenix
 - b) Deze keer is er naar de juiste injectiedruk* in het winningsplan gekeken
 - c) De aangevraagde injectiedruk* is toegekend en hiermee kan het Voorne doublet veilig en verantwoord opereren.
3. Update winningsplan met betrekking tot uitvoering side track > reguliere procedure Awb > vergund

* Het gaat hier om maximaal toelaatbare injectiedruk THP

Discussie over de adviezen

● Advies TNO (uittreksel)

- TNO adviseert om de aangevraagde verhoging van de THP injectiedruk, conform de door Aardyn in het gewijzigde winningsplan opgenomen tabel, op te nemen als begrenzing van de injectiedruk.
- Tevens adviseert TNO om als voorschrift op te nemen dat Aardyn een intensieve en gedetailleerde continue monitoring van druk, debiet en temperatuur uitvoert in de injectieput

● Advies SodM (uittreksel)

-SodM is van mening dat deze [SRIMA] methodiek daarom nog niet gebruikt kan worden voor onderbouwingen van de maximale injectiedrukken.
- SodM beoordeelt daarom dat scheurgroei in de afsluitende lagen niet toegestaan kan worden en adviseert om niet in te stemmen met de voorgestelde wijziging naar 70 bar verschildruk op reservoirniveau.....

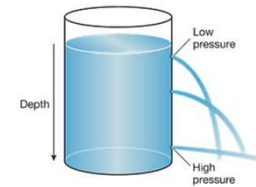
● Advies EZK (uittreksel)

- De staatssecretaris onderschrijft in dit verband echter niet het advies van SodM dat geen scheurgroei in de afsluitende laag kan worden toegestaan. De staatssecretaris stelt dat enige mate van scheurvorming in de afsluitende laag is toegestaan zolang de reservoirintegriteit en de integriteit van de afsluitende laag niet in het geding is.
- In dit verband wijst de staatssecretaris erop dat het advies van TNO gebaseerd is op conservatieve en locatie-specifieke geomechanische modelberekeningen van TNO. Verlies van de integriteit van de afsluitende laag acht de staatssecretaris op basis van het advies van TNO, zelfs in het conservatieve scenario onwaarschijnlijk, gezien de beperkte mate van scheurvorming die in dit scenario wordt verwacht.

● Reactie Aardyn:

- Vanuit de overheid **geen eenduidige methodiek** om maximaal toelaatbare injectiedrukken THP te bepalen.
- Voor het opstellen van de maximale toelaatbare injectiedrukken THP heeft Aardyn gebruik gemaakt van zowel het **SodM protocol** als de TNO **SRIMA methodiek** om aan te tonen dat er met de aangevraagde maximale THP injectiedruk vanuit het oogpunt van veiligheid en milieu geen onnodige risico's genomen worden.
- Daarnaast is de onafhankelijke **expertise van Fenix Delft** (Dr. de Pater, Dr. Berentsen, Dr. Park) ingeschakeld om de maximaal toelaatbare injectiedruk te funderen.
- Aardyn volgt het advies van EZK en zal een **monitorings- en actieplan** opstellen.

Hoe speelt injectiedruk een rol?

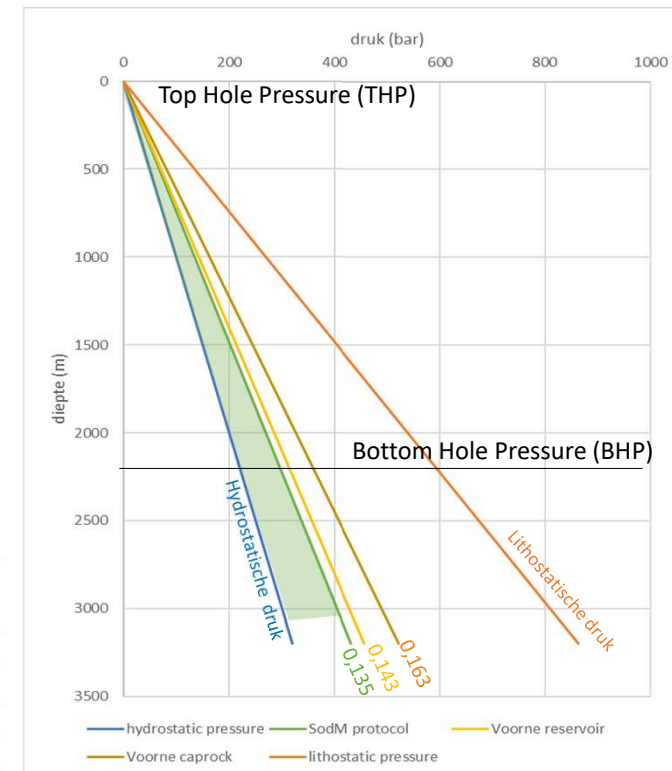


- Hoe dieper onder water / onder gesteente hoe hoger de druk
- Om veilig water te kunnen injecteren moet druk hoger zijn dan hydrostatische (water) druk, maar lager zijn dan de breuk-propagatie druk
- SodM protocol: gebruikt drukgradiënt van 0,135 bar/m voor de breuk-propagatiedruk.

Een richtwaarde voor een bij alle aanvragen acceptabele grenswaarde voor de vloeistofdruk ter hoogte van de top van het reservoir is een gradiënt van 0,135 bar/m * de diepte (van de injector) tot top reservoir. Deze waarde is gebaseerd op de verwachte ondergrens van de fracture propagation druk op dat niveau. De grenswaarde 0,135 bar/m is opgebouwd uit een schatting van de te verwachten laagste horizontale spanning in afsluitende lagen bij de geothermieprojecten. Daarnaast is er een correctie voor de invloed van thermische effecten op fracture propagatie en een veiligheidsmarge.

Als voldoende data beschikbaar zijn kan die ondergrens mogelijk verder gespecificeerd worden per regio. Ook bij individuele projecten, bij goede onderbouwing, afgeweken worden van de generieke grenswaarde.

- Deze conservatieve drukgradiënt (0,135 bar/m) is ook gebruikt voor het bepalen van de maximaal toelaatbare Voorne injectiedrukken (THP)
- NB ondergrens drukgradiënt Voorne ligt zelfs hoger: in reservoir 0,143 bar/m en in deklaag 0,163 bar/m.



$$\begin{aligned}
 \text{THP (statisch)} &= \text{BHP} && - (\text{dichtheid} * g * \text{diepte}) \\
 &= (0,135 * \text{diepte}) - (\text{dichtheid} * g * \text{diepte}) \\
 &= (0,135 * 2245) - (0,1091 * 0,981 * 2245) \\
 &= \mathbf{62,8\text{bar}}
 \end{aligned}$$

THP (dynamisch): Frictieverlies meegenomen voor hogere debieten

Q	Max THP dynamic
m ³ /h	bar
0	62.8
50	63.0
100	63.4
150	64.1
200	65.0
250	66.1
300	67.5

Invloed van temperatuur?

- Extra onderzoek: Fenix studie; bijlage bij Winningsplan
- Gekalibreerd op basis van werkelijke data uit de omgeving.
- Thermisch effect: deklaag 100m dik met maximaal 23,4m thermische krimp scheuren
 - Thermische krimp scheurvorming beperkt: alleen door thermische diffusie
 - Bij eventuele thermische krimp scheurvorming zal injectiedruk sterk afnemen
- Injectiedrukverschil op reservoirniveau van 70 bar kan veilig geadviseerd worden, maar zal niet gehaald worden debiet van 300m³/h (om 70 bar te halen zou er 1200 m³/h geproduceerd moeten worden)
- Injectiedrukverhoging wordt gedomineerd door toename in frictie (door skin / reservoir beschadiging in/rondom put), terwijl reservoir injectiedruk nagenoeg gelijk blijft.

Table 1: Resultaten afkomstig uit de SRIMA tool (v0.9) voor de base case (BC) en variaties zoals aangegeven in tabel 2. Treedt er wel of niet fracturing op in het reservoir. Hoever wordt de deklaag gepenetreerd en welke druk is benodigd om deklaag indringing te voorkomen. (<0) geeft aan dat de indringing puur thermisch van aard is.

Case		BC	Tinj=45C	Tinj=25C	DP=33bar	DP=70bar	Gmin=15.3
Thermal fracturing in reservoir		yes	yes	yes	yes	yes	yes
Caprock penetration	m	9.3	none	17	5	23.4	19.8
Max excess pressure without caprock penetration	bar	27	63	<0	27	27	<0

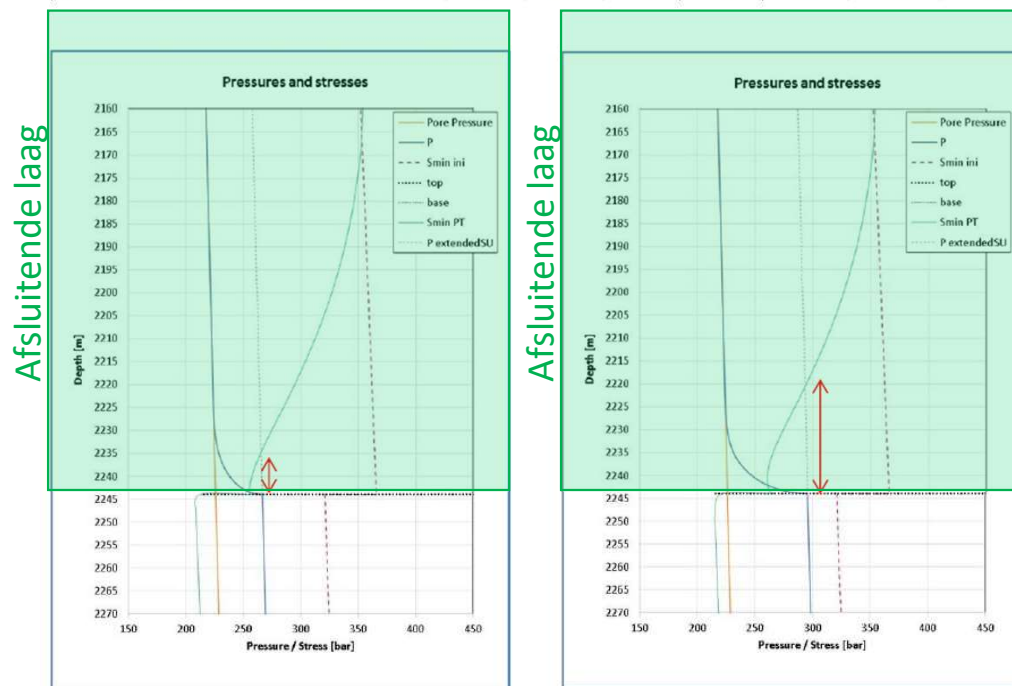
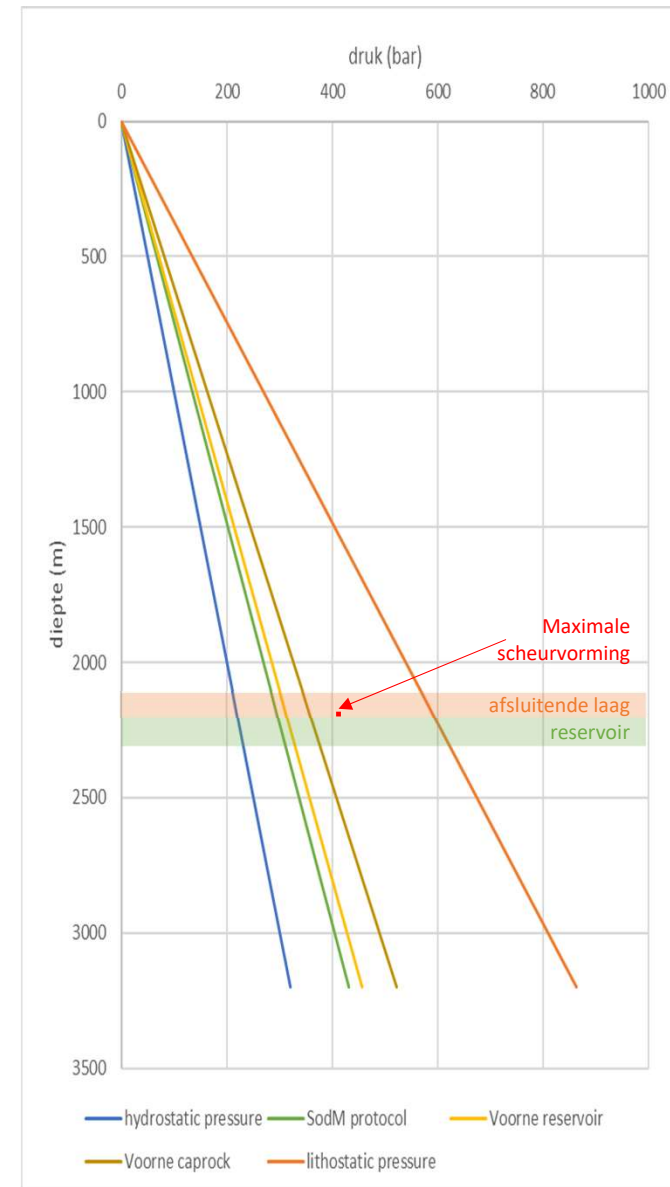


Figure 1: Druk en spanningsprofielen uit het SRIMA tool (v0.9) ingezoomd rond de bovenkant van het reservoir. Deklaag penetratie vindt plaats als de geextrapoleerde fracture druk (blauw gestippelde lijn) hoger uitvalt dan de minimum horizontale spanning (groen). (Links) de base case en (rechts) de casus met een excess injectie druk van 70bar

Mogelijke vragen

- Is er doorbraak naar de oppervlakte mogelijk?
 - Zeer onwaarschijnlijk / onmogelijk; zie figuur rechts.
 - Zal gemonitord worden.
- Is het mogelijk dat scheurvorming trillingen veroorzaakt?
 - Zeer onwaarschijnlijk / onmogelijk
 - Bovendien:
 - Seismisch risico bij dit project is laag.
 - Seismiciteit wordt gemonitord.
 - Seismisch Risico Beheersplan is opgesteld en in gebruik.
- Is het mogelijk dat scheurvorming verzakkingen veroorzaakt?
 - Zeer onwaarschijnlijk / onmogelijk.
 - Zal gemonitord worden.

Zowel seismiciteit, integriteit van de afsluitende laag, als bodemdaling zullen gemonitord worden.



Hazard	Consequence	Mitigation	Threshold	Monitoring	Reference																
Caprock/ Baserock integrity loss	Loss of containment	BHP < minimal horizontal stress	Minimal horizontal stress = 0,135 bar/m	<p>Continuous pressure/ temperature monitoring</p> <p>Max THP = f(max BHP, Q, T_{injection})</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>Q m3/hr</th> <th>Max THP Bar</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>0</td><td>62,8</td></tr> <tr><td>50</td><td>63,0</td></tr> <tr><td>100</td><td>63,4</td></tr> <tr><td>150</td><td>64,1</td></tr> <tr><td>200</td><td>65,0</td></tr> <tr><td>250</td><td>66,1</td></tr> <tr><td>300</td><td>67,5</td></tr> </tbody> </table> <p>T_{injection} >30C</p>	Q m3/hr	Max THP Bar	0	62,8	50	63,0	100	63,4	150	64,1	200	65,0	250	66,1	300	67,5	Fenix study 2020 0,143-0,163 bar/m*
Q m3/hr	Max THP Bar																				
0	62,8																				
50	63,0																				
100	63,4																				
150	64,1																				
200	65,0																				
250	66,1																				
300	67,5																				
Seismic event	Damage / impact on license to operate	$\Delta P_{\{NWRP-RP\}} <$ SHRA 2016 threshold	$\Delta P_{\{NWRP-RP\}} <$ 70 bar	<p>RP = constant NWRP = f(Q) **</p> <p>Continuous flow monitoring Q < 1200m³/h (WP < 300m³/h) → $\Delta P_{\{NWRP-RP\}} <$ 70bar</p>	SHRA Voorne																
Seismic event	Damage / impact on license to operate	Q < SHRA 2016 threshold	Q < 360m ³ /h	<p>Continuous flow monitoring Q < 360m³/h (WP < 300m³/h)</p>	SHRA Voorne																

*Threshold stress gradiënt hoger dan die van SodM protocol met in acht name van de afkoeling tot 30°C→
Stress gradient uit SodM protocol wordt aangenomen: conservatieve minimale horizontale stress.
** Onder aanname dat reservoir eigenschappen gelijk blijven (k, H, RP etc = constant)

SodM en besluitvorming

Oorspronkelijk Besluit

Artikel 2

In verband met de debiet afhankelijke weerstand in de injectieput dient Hydreco de maximale injectiedrukken (g) aan maaiveld (THP) volgens onderstaande tabel aan te houden:

Debiet (m ³ /uur)	Max. THP (bar)
0-50	38,6
51-100	39,0
101-150	39,7
151-200	40,6
201-250	41,7
251-300	43,1

Wijzigingsbesluit

Artikel 1

In verband met de debiet afhankelijke weerstand in de injectiedruk dienen Aardyn B.V. en Duurzaam Voorne Holding B.V. de maximale injectiedruk aan maaiveld (THP) volgens onderstaande tabel aan te houden. Deze tabel vervangt de in artikel 2 van het instemmingsbesluit aardwarmte winningsplan Oostvoorne (kenmerk: DGKE-WO / V-3201) opgenomen tabel met betrekking tot de maximale injectiedruk (THP).

Q	Max THP
m ³ /h	bar
0	62.8
50	63.0
100	63.4
150	64.1
200	65.0
250	66.1
300	67.5

SodM en besluitvorming EZK

Artikel 2

- a. Aardyn B.V. en Duurzaam Voorne Holding B.V. dienen met betrekking tot de reservoirintegriteit binnen drie maanden na inwerkingtreding van dit besluit een monitorings- en actieplan in bij de staatssecretaris. Voorafgaand aan zijn beoordeling legt de staatssecretaris het monitorings- en actieplan ter advisering voor aan de Inspecteur-generaal der Mijnen.
- b. Het monitorings- en actieplan, bedoeld onder a, dient in elk geval de volgende elementen te bevatten:
 - Welke gegevens er worden gemonitord en hoe dit gebeurt. Deze gegevens dienen minimaal betrekking te hebben op de monitoring van injectiedruk, injectietemperatuur, debiet en (verandering van) injectiviteit. Ook is de frequentie van monitoring van belang en dat dit geautomatiseerd gebeurt;
 - Wat de alarmniveaus zijn voor het overschrijden van de grenswaarden, hoe Aardyn B.V. en Duurzaam Voorne Holding B.V. constateren of deze alarmniveaus overschreden worden en welke acties er volgen uit een overschrijding;
 - Bij welke afwijkingen de Inspecteur-generaal der Mijnen wordt geïnformeerd.

Artikel 3

- a. Aardyn B.V. en Duurzaam Voorne Holding B.V. voeren een interferentie- of pulsetest uit om aan te tonen dat tussen de productieput en de injectieput hydraulische communicatie plaatsvindt.
- b. Aardyn B.V. en Duurzaam Voorne Holding B.V. overleggen de resultaten van het onderzoek, bedoeld onder a, binnen drie maanden na ingebruikname van de sidetrack aan de staatssecretaris.

om SodM tegemoet te komen acht de staatssecretaris het wel noodzakelijk om het systeem en het gedrag van het reservoir goed te monitoren en neemt daarom een aanvullend voorschrift

Tijdelijk beleidskader, na max 3 jaar update gebaseerd op opgedane ervaring

De staatssecretaris onderschrijft de opvatting van SodM, zoals opgenomen in haar advies, dat Aardyn en DVH na realisatie van de sidetrack middels een interferentietest moeten aantonen dat er drukcommunicatie is tussen de productie- en injectieput.

SodM Protocol 1

Protocol bepaling maximale injectiedrukken bij aardwarmtewinning – versie 2

Samengesteld door SodM en TNO-AGE

23 november 2013

Inhoudsopgave

Dit concept protocol bevat:

1. Richtlijnen voor het bepalen van de maximale injectiedruk bij een aardwarmte injectieput:
 - Uitgangspunten voor het veiligstellen van de omgeving van de put
 - Vastlegging van de maximale injectiedruk in WABO omgevings-vergunning (en winningsplan)
2. Richtlijnen voor het beperken van seismiciteit ten gevolge van de winning van aardwarmte [wordt nog verder uitgewerkt]

Inleiding

Deze richtlijnen zijn geschreven voor vergunninghouders aardwarmte en hun adviseurs.

Partijen die een aardwarmteproject ontwikkelen, willen op een zo efficiënt en effectief mogelijke manier warmte onttrekken aan de ondergrond. Afhankelijk van de warmtevraag, zijn er momenten in het jaar waarop de operator zo veel mogelijk warmte wil produceren. Dit heeft tot gevolg dat hij al het geproduceerde water snel daarna moet injecteren. Over het algemeen geldt dat er meer druk nodig is op de boosterpomp om meer water in de ondergrond geïnjecteerd te krijgen.

Het verhogen van de injectiedruk kan gevolgen hebben voor de ondergrond. Vooral omdat het water geïnjecteerd wordt met een temperatuur die lager is dan de omgeving, kunnen er in de ondergrond scheuren ontstaan. Deze scheurvorming kan onschuldig zijn, maar kan ook vergaande gevolgen hebben. Bijvoorbeeld als er breuken gereactiveerd worden of als afsluitende lagen naar drinkwaterlagen, doorbroken worden. Het mag duidelijk zijn dat deze gevolgen vermeden dienen te worden.

SodM Protocol 2

Vastleggen maximale injectiedruk (THP) in Wabo-omgevingsvergunning en winningsplan

De maximaal vastgestelde injectiedruk wordt vastgelegd in de (aanvraag) Wabo-omgevingsvergunning. Met het ministerie van EZ is afgesproken dat de maximale injectiedruk ook vastgelegd wordt in de instemming met het winningsplan. De invloedssfeer van de injectie (en productie) bepaalt overigens de driedimensionale afbakening van de aardwarmte-winningsvergunning.

Een richtwaarde voor een bij alle aanvragen acceptabele grenswaarde voor de vloeistofdruk ter hoogte van de top van het reservoir is een gradiënt van 0,135 bar/m * de diepte (van de injector) tot top reservoir. Deze waarde is gebaseerd op de verwachte ondergrens van de fracture propagation druk op dat niveau. De grenswaarde 0,135 bar/m is opgebouwd uit een schatting van de te verwachten laagste horizontale spanning in afsluitende lagen bij de geothermieprojecten. Daarnaast is er een correctie voor de invloed van thermische effecten op fracture propagatie en een veiligheidsmarge.

Als voldoende data beschikbaar zijn kan die ondergrens mogelijk verder gespecificeerd worden per regio. Ook bij individuele projecten, bij goede onderbouwing, afgeweken worden van de generieke grenswaarde.

Opmerking over het gebruik van Formation Integrity Tests (FIT's):

Een FIT wordt gezien als een puntwaarde. De Laagste horizontale spanning in een gebied is niet met één test te bepalen maar wel af te leiden uit de 'lower bound' van een serie tests in een regio. Een enkele FIT is dus niet geschikt om de laagste horizontale spanning of fracture propagationdruk in te schatten in een regio; helemaal niet i.v.m. de verlaging van de spanningen door tientallen jaren uitkoeling.

De maximale injectiedruk, de max. Tubing Head Pressure (THP) op de injectieput is:

$$THP_{max} = Dt * (0,135 - Grad. inj. water) \text{ bar}$$

Dt = diepte van injectieput van maaiveld tot de top van het reservoir (m, TVD)

Grad. inj. water = Hydraulische Gradiënt van het lokale injectiewater als functie van het zoutgehalte (0,103-0,108 bar/m) * zie opmerking 2

Dt	2245 m		
Grad inj water	0,1091 bar/m		
THPmax	"= 2245 x (0,135-0,1091) =		58,1
THPmax	58,1 bar		

In onderstaande Aardyn berekening is gecorrigeerd voor g = 0,981, dan wordt 58,1 bar 62,8 bar

$$\begin{aligned}
 THP \text{ (statisch)} &= BHP && - (\text{dichtheid} * g * \text{diepte}) \\
 &= (0,135 * \text{diepte}) - (\text{dichtheid} * g * \text{diepte}) \\
 &= (0,135 * 2245) - (0,1091 * 0,981 * 2245) \\
 &= \mathbf{62,8bar}
 \end{aligned}$$