

Project	Duurzaam Putontwerp	Document Titel	Industriestandaard Duurzaam Putontwerp
Eigenaar	Geothermie Nederland	Document No.	
Date	01-01-2021	Revisie	0



**geothermie**  
nederland  
bron van energie

# Industriestandaard Duurzaam Putontwerp voor aardwarmteputten

---

**Publicatie: Januari 2021**

For further information contact: **Geothermie Nederland**

Gardens Business Centre New Babylon • Anna van Buerenplein 41 • 2595 DA Den Haag

T +31 88 030 7063 • [www.geothermie.nl](http://www.geothermie.nl) • [info@geothermie.nl](mailto:info@geothermie.nl)

Project	Duurzaam Putontwerp	Document Titel	Industriestandaard Duurzaam Putontwerp
Eigenaar	Geothermie Nederland	Document No.	
Date	01-01-2021	Revisie	0

# Inhoudsopgave

<b>Toelichting bij de industriestandaard duurzaam putontwerp .....</b>	<b>5</b>
<b>Leeswijzer bij de industriestandaard duurzaam putontwerp .....</b>	<b>7</b>
<b>Code of Practice Geothermal Well Design .....</b>	<b>10</b>
<i>Legislation, Standards and Guidelines.....</i>	<i>10</i>
<i>Terms and definitions.....</i>	<i>11</i>
<i>Abbreviations .....</i>	<i>13</i>
<i>The use of 'Shall', 'Should' &amp; 'Could' .....</i>	<i>15</i>
<b>1 Introduction .....</b>	<b>16</b>
1.1 Purpose.....	16
1.2 Scope .....	16
1.3 Overview.....	17
<b>2 Health, Safety and Environment.....</b>	<b>18</b>
<b>3 Well Integrity .....</b>	<b>19</b>
3.1 Purpose.....	19
3.2 Well barrier philosophy .....	19
3.2.1 General principles.....	19
3.2.2 Well barrier schematics.....	20
3.3 Risk assessment of well barrier philosophy .....	21
3.3.1 General principles.....	21
3.3.2 Risk assessment methodology .....	21
3.4 Corrosion .....	22
3.4.1 Chloride .....	23
3.4.2 CO <sub>2</sub> .....	23
3.4.3 H <sub>2</sub> S .....	24
3.4.4 Oxygen.....	24
3.4.5 Microbiology .....	24
3.4.6 Scale .....	25
3.4.7 Lead .....	26
3.4.8 NORM .....	26
3.4.9 Associated (hydrocarbon) gas .....	26
3.5 Erosion.....	26
3.6 Well Integrity Management System (WIMS).....	27

Project	Duurzaam Putontwerp	Document Titel	Industriestandaard Duurzaam Putontwerp
Eigenaar	Geothermie Nederland	Document No.	
Date	01-01-2021	Revisie	0

3.7	<i>Well Integrity Management Plan (WIMP)</i> .....	27
3.8	<i>Well integrity monitoring</i> .....	27
<b>4</b>	<b>Basis of Design</b> .....	<b>29</b>
4.1	<i>Purpose</i> .....	29
4.2	<i>Well objectives</i> .....	29
4.3	<i>Location and target details</i> .....	30
4.3.1	Location and subsurface targets .....	30
4.3.2	Targets - minimum horizontal separation .....	30
4.4	<i>Offset well analysis</i> .....	30
4.5	<i>Geological prognosis</i> .....	31
4.5.1	Depth and lithology of geological formations .....	32
4.5.2	Reservoir characterization.....	32
4.5.3	Wellbore stability analysis.....	32
4.5.4	Pore pressure and formation fluids prediction .....	33
4.5.5	Fracture pressure prediction .....	33
4.5.6	Formation fluid .....	33
4.5.7	Temperature profile .....	33
4.6	<i>Geological hazard assessment</i> .....	33
4.6.1	Presence of hydrocarbons or other fluids other than formation water.....	34
4.6.2	Shallow gas assessment .....	34
4.6.3	Salt sections (squeezing & kicks) .....	35
4.6.4	Chalk sections.....	35
4.6.5	Loss zones.....	36
4.6.6	Unstable formations .....	36
4.6.7	Formation over- and underpressures and reduced fracture gradients.....	36
4.6.8	Induced seismicity .....	36
4.7	<i>Hydro-geological situation</i> .....	36
4.8	<i>Formation evaluation</i> .....	37
4.9	<i>Stimulation requirements</i> .....	37
4.10	<i>Site specific survey</i> .....	37
4.11	<i>Operational parameters</i> .....	38
4.11.1	Lifetime.....	38
4.11.2	Operational limits.....	38
4.11.3	Maximum injection pressure protocol .....	38
<b>5</b>	<b>Well design</b> .....	<b>39</b>

Project	Duurzaam Putontwerp	Document Titel	Industriestandaard Duurzaam Putontwerp
Eigenaar	Geothermie Nederland	Document No.	
Date	01-01-2021	Revisie	0

5.1	<i>Purpose</i> .....	39
5.2	<i>Well design maturation process</i> .....	39
5.2.1	Main phases of the well design maturation process.....	39
5.2.2	Verification of geothermal well design.....	40
5.3	<i>Well profile</i> .....	41
5.4	<i>Casing point selection</i> .....	42
5.4.1	Kick tolerance.....	42
5.4.2	Conductor setting depth.....	42
5.4.3	Surface casing point selection.....	42
5.4.4	Intermediate / production casing point selection.....	43
5.5	<i>Material selection</i> .....	43
5.5.1	Corrosion threat mitigation.....	43
5.5.2	Erosion threat mitigation.....	44
5.6	<i>Casing design</i> .....	45
5.7	<i>Drilling fluids design</i> .....	45
5.8	<i>Cement design</i> .....	46
5.9	<i>Wellhead</i> .....	48
5.10	<i>X-mas Tree</i> .....	49
5.11	<i>Completion design</i> .....	50
5.11.1	Barriers.....	50
5.11.2	Production tubing design.....	50
5.11.3	ESP.....	51
5.11.4	Completion hanger.....	51
5.11.5	Sand control.....	51
5.12	<i>Stimulation design</i> .....	52
5.13	<i>Well testing</i> .....	52
5.13.1	Production test.....	53
5.13.2	Sand-pack around the screen.....	53
5.13.3	Confirmation of productivity and injectivity.....	53
5.14	<i>Well decommissioning</i> .....	53
<b>6</b>	<b>Appendices</b> .....	<b>55</b>
6.1	<i>Appendix I: Bow-Tie example</i> .....	56
6.2	<i>Appendix II: Well barrier schematics</i> .....	58
6.3	<i>Appendix III: Hydrogeology</i> .....	60

Project	Duurzaam Putontwerp	Document Titel	Industriestandaard Duurzaam Putontwerp
Eigenaar	Geothermie Nederland	Document No.	
Date	01-01-2021	Revisie	0

# Toelichting bij de industriestandaard duurzaam putontwerp

---

De aardwarmtesector is een jonge sector met een kansrijke toekomst. Warmte uit de ondergrond maakt het mogelijk om gebouwen en kassen op een duurzame manier te verwarmen. Omdat het belangrijk is dat aardwarmte veilig en verantwoord wordt gewonnen, heeft de aardwarmtesector een industriestandaard ontwikkeld voor het ontwerpen van aardwarmteputten.

## Wat is het doel van de industriestandaard?

Na ongeveer tien jaar ervaring met aardwarmtewinning in Nederland, is gebleken dat een deel van de eerste generatie aardwarmteputten te maken heeft met corrosie of andere putintegriteitsproblemen. Deze ervaring en de recent doorgevoerde innovaties vormen het uitgangspunt van de industriestandaard. Deze industriestandaard beschrijft het proces om te komen tot een zo veilig mogelijk en verantwoord putontwerp over de volledige levenscyclus, van ontwerp tot en met ontmanteling. Op deze manier garandeert de sector de putintegriteit van aardwarmteputten en wordt het risico verkleind op het lekken van formatievloeistoffen naar de ondergrond en het vermengen van ondiepe waterlagen buiten de putten. De industriestandaard speelt daarom een belangrijke rol in de verdere professionalisering van de aardwarmtesector. Putontwerpen die vanaf januari 2021 worden gemaakt, moeten aan deze standaard voldoen.

## Voor wie is de industriestandaard bedoeld?

De industriestandaard is in de eerste plaats opgesteld voor specialisten die betrokken zijn bij het ontwikkelen van Nederlandse aardwarmteputten. Denk aan een multidisciplinair team van technisch ingenieurs, reservoir engineers, well engineers en geologen. Daarnaast kan de industriestandaard worden toegepast door uitvoerders die opdracht verlenen tot het ontwerpen en aanleggen van putten. De standaard biedt ook inzicht aan belanghebbenden binnen bijvoorbeeld het ministerie van Economische Zaken en Klimaat (EZK), het ministerie van Infrastructuur en Waterstaat (IenW), Staatstoezicht op de Mijnen (SodM), provincies, gemeenten, drinkwaterbedrijven en waterschappen.

## Welke status heeft de industriestandaard?

De industriestandaard geldt als de norm voor het ontwerp van aardwarmteputten. Alle leden van Geothermie Nederland (*voorheen DAGO*) zijn verplicht deze industriestandaard te gebruiken bij het ontwerpen van nieuwe putten. Operators die de standaard aanhouden, werken veilig en voldoen aan de Nederlandse wet- en regelgeving.

Project	Duurzaam Putontwerp	Document Titel	Industriestandaard Duurzaam Putontwerp
Eigenaar	Geothermie Nederland	Document No.	
Date	01-01-2021	Revisie	0

### **Hoe wordt de industriestandaard gehandhaafd?**

Nieuwe putontwerpen moeten onder andere worden voorgelegd aan SodM, zij toetst of de ontwerpen voldoen aan de Nederlandse wet- en regelgeving en houdt blijvend toezicht gedurende de gehele levensduur van de aardwarmteput. Door zich aan de industriestandaard te houden voldoen operators aan de Nederlandse wet- en regelgeving, houden zij rekening met hun omgeving & milieu en hebben zij een duurzaam putontwerp voor de gehele levensduur van de put.

### **Hoe is de industriestandaard tot stand gekomen?**

De industriestandaard is opgesteld door een multidisciplinair team van specialisten op het gebied van putontwerp, zoals technisch ingenieurs, reservoir engineers, well engineers en geologen. Hun inzichten en ervaringen zijn in de standaard verwerkt. De standaard is getoetst door experts van onder andere Geothermie Nederland leden en EBN. Het ministerie van EZK en SodM zijn geïnformeerd over het proces van de totstandkoming van de industriestandaard.

### **Wat is de kern van de industriestandaard?**

De industriestandaard beschrijft een ontwerpproces om te komen tot een ontwerp van veilige aardwarmteputten (voor een diepte tot 4.000 meter beneden maaiveld) over de volledige levenscyclus. Het uitvoeren van een gedegen risicoanalyse maakt onderdeel uit van dit proces. Tevens omschrijft het de minimale eisen voor het ontwerp van veilige aardwarmteputten en een geheel aan maatregelen die gedurende de volledige levenscyclus van een put – van ontwerp tot en met abandonnering – worden genomen om lekkage van formatievloeistoffen naar de ondergrond te allen tijde te voorkomen. Nederlandse wet- en regelgeving ligt ten grondslag aan deze industriestandaard.

### **Hoe wordt de ondiepe ondergrond beschermd door de industriestandaard?**

In de nieuwe putontwerpen wordt de bovenste sectie zodanig uitgevoerd dat een dubbele barrière ontstaat, waardoor het corrosieve formatiewater van diepe watervoerende lagen fysiek gescheiden wordt van de buitenste verbuizing van de put. Door continue monitoring van de ontstane annulaire ruimte wordt de integriteit van zowel de binnenste als de buitenste verbuizing bewaakt.

Van deze barrière filosofie mag een operator uitsluitend onder strikte voorwaarden afwijken, wanneer aangetoond kan worden dat de kans op verontreiniging van ondiepe waterlagen daardoor niet toeneemt. Deze afwijking zal onderbouwd moeten worden door een gedocumenteerde risico analyse.

### **Wat zijn de volgende stappen?**

De industriestandaard is januari 2021 goedgekeurd door de leden van Geothermie Nederland. Op basis van praktijkontwikkelingen en nieuwe innovaties zal Geothermie Nederland de standaard regelmatig actualiseren.

Januari 2021

Project	Duurzaam Putontwerp	Document Titel	Industriestandaard Duurzaam Putontwerp
Eigenaar	Geothermie Nederland	Document No.	
Date	01-01-2021	Revisie	0

# Leeswijzer bij de industriestandaard duurzaam putontwerp

---

De industriestandaard opent met een Nederlandstalige toelichting en leeswijzer. Dan volgt de Engelstalige 'Code of Practice Geothermal Well Design'. De 'Code of Practice' is in het Engels opgesteld, omdat dit de breed geaccepteerde voertaal is in de sterk internationaal georiënteerde aardwarmtesector.

De 'Code of Practice', gaat onder andere in op de volgende onderwerpen:

## Het effect van aardwarmteprojecten op veiligheid, gezondheid, en milieu

De Industriestandaard behandelt:

- het veiligheid-, gezondheid- en milieu-managementsysteem (VGM) dat Geothermie Nederland heeft ontwikkeld;
- de methode voor het inschatten en classificeren van risico's die deel uitmaken van het VGM;
- de verplichte risico-inschatting die moet worden gemaakt voor elke fase van de levenscyclus van een aardwarmteput;
- maatregelen voor het inschatten en verlagen van risico's (denk aan het vastleggen van risico's in een register; het omschrijven van risico's in termen van mensen, middelen, milieu en reputatie; en het uitvoeren van een zogeheten BowTie-analyse voor de grootste risico's);
- het samenstellen van een multidisciplinair team voor het maken van de risico-inschatting;
- het inzetten op een geïntegreerd multidisciplinair team dat het putontwerp van alle technische kanten belicht;
- het vastleggen, waarborgen en monitoren van maatregelen voor het verlagen van de risico's;
- de aspecten die moeten worden behandeld in een risico-inschatting (denk aan de bescherming van watervoerende lagen en aan de effecten van corrosie en erosie);
- de verantwoordelijkheid van de operator voor het beoordelen van de controleprocedures van de aannemer.

## Putintegriteit

Uit het verleden is gebleken dat een deel van de eerste generatie aardwarmteputten in Nederland te maken heeft met corrosie. Een aantal putten is daarop tijdelijk gesloten voor nader onderzoek en het opstellen van werkprogramma's voor het herstel van de integriteit van de put. Dit heeft niet alleen financiële gevolgen voor de betreffende operators, maar ook een negatief effect op de sector en mogelijk op het animo voor nieuwe aardwarmteprojecten.

De industriestandaard gaat uitvoerig in op de afwegingen en omstandigheden die een effect kunnen hebben op de integriteit van een put. Zo vermeldt de standaard:

Project	Duurzaam Putontwerp	Document Titel	Industriestandaard Duurzaam Putontwerp
Eigenaar	Geothermie Nederland	Document No.	
Date	01-01-2021	Revisie	0

- dat operators de integriteit van hun putten goed moeten beheren, zodat de putten te allen tijde veilig en zonder schade voor het milieu kunnen worden gebruikt;
- dat de omstandigheden waaronder een put veilig kan worden gebruikt bekend moeten zijn en worden vastgelegd, voordat de put in gebruik wordt genomen;
- dat de documentatie gedurende de levenscyclus van de put regelmatig moet worden beoordeeld en geactualiseerd.

Verder beschrijft de industriestandaard:

- het beheersysteem voor putintegriteit (WIMS), dat operators helpt te voldoen aan de criteria en dat verwijzingen bevat naar het VGM-Zorgsysteem en de ISO 16530-1, met bijbehorende tabellen en richtlijnen;
- het beheerplan voor putintegriteit (WIMP), waarin operators per put beschrijven hoe zij de integriteit ervan waarborgen en hoe, wanneer en door wie de integriteit wordt geverifieerd.

Tot slot benoemt de industriestandaard de voornaamste aandachtspunten van het WIMS en WIMP, zoals:

- putbarrière-elementen (well barrier elements, WBE);
- controle van putbarrières;
- het basislogboek;
- monitoring van de putintegriteit.

## Putbarrières

De industriestandaard gaat in op de noodzaak om bij het ontwerpen van een put aandacht te besteden aan putbarrières voor alle fasen van de levenscyclus:

- de fase van het boren, testen en voltooiën van de put;
- de fase van exploitatie (productie/injectie) van de put;
- de fase van ingrepen in de put;
- de fase van (en na) ontmanteling van de put.

De industriestandaard beschrijft daarnaast de eisen die aan putbarrières worden gesteld. Zo wordt verwacht dat de barrières:

- bestand zijn tegen de geochemische en mechanische omstandigheden waaraan ze mogelijk worden blootgesteld (corrosie en erosie);
- het maximale druk- en temperatuurverschil aankunnen waaraan ze mogelijk worden blootgesteld;
- getest kunnen worden en gemonitord waar mogelijk;
- te allen tijde betrouwbaar functioneren in de omgeving waaraan zij worden blootgesteld.

Ook geeft de industriestandaard een toelichting op het barrièreplan en op barrièreplanning.

- In het **barrièreplan** moeten voor elke fase van de levenscyclus van een put de mogelijke stroompaden worden benoemd en de barrières die stroming via die paden voorkomen.
- Bij **barrièreplanning** wordt vastgesteld aan welke omstandigheden putbarrières gedurende hun levenscyclus zullen worden blootgesteld. Het barrièresysteem moet op die



Project	Duurzaam Putontwerp	Document Titel	Industriestandaard Duurzaam Putontwerp
Eigenaar	Geothermie Nederland	Document No.	
Date	01-01-2021	Revisie	0

omstandigheden worden afgestemd. Verder is het belangrijk dat voor alle mogelijke stroompaden een risico-inschatting wordt gemaakt en dat voorgestelde barrières worden beoordeeld op duurzaamheid. Op basis van de risico-inschatting hoort een lijst te worden opgesteld van preventieve en reactieve maatregelen om de integriteit van de put zeker te stellen. Preventieve maatregelen, die de vorm kunnen krijgen van bijvoorbeeld passende boormaterialen, gepaste toediening van corrosieremmers en doeltreffende monitoring, verdienen daarbij de voorkeur. Speciale aandacht hoort hierbij uit te gaan naar het beschermen van ondiepe grondwaterlagen en huidige en toekomstige drinkwatervoorraden.

### **Verificatie van het putontwerp**

De industriestandaard vereist dat in verschillende fasen van het ontwerpproces verificatie van het ontwerp plaatsvindt. Dit gebeurt onder meer in de vorm van peer reviews, Completing the well on paper (CWOP's = voltooiing van de put op papier), Drilling the Well On Paper (DWOP's = putboring op papier), onafhankelijke review door een independent well examiner en toetsing van SodM.

Januari 2021

Project	Duurzaam Putontwerp	Document Titel	Industriestandaard Duurzaam Putontwerp
Eigenaar	Geothermie Nederland	Document No.	
Date	01-01-2021	Revisie	0

# Code of Practice Geothermal Well Design

## Legislation, Standards and Guidelines

The documents listed below were used as source of inspiration when developing this Code of Practice. Except for the Dutch Mining Legislation, these documents are non-binding for geothermal operators in the Netherlands. Although the ‘SodM documents’ in this list are not strictly legally binding, operators are expected to follow the requirements mentioned in these documents.

### Dutch Mining Legislation

Mijnbouwwet	(Mining Act)
Mijnbouwbesluit	(Mining Decree)
Mijnbouwregeling	(Mining Regulations)

### SodM documents

Toezietsarrangement	Toezietsarrangement geothermie
Zelfevaluatie geothermie	Samengevoegde zelfevaluaties opgedeeld naar mijnbouwkundige processen
Toezietsignaal	Toezietsignaal integriteit geothermieputten
Inspectie putintegriteit	Inspectie putintegriteit geothermie 2020

### Related standards

NOGEP A Standard 41	Well Engineering and Construction Process
NOGEP A Standard 43	Surface BOP
NOGEP A Standard 45	Well Decommissioning
NOGEP A Standard 50	Kick Tolerances for Well Design and Drilling Operations

### API documents

API Specification 6A	Specification for wellhead and X-mas tree equipment
API Specification 6D	Specification for pipeline and piping valves
API Standard 65 Part 2	Isolating potential flow zones during well construction

### NORSOK documents

NORSOK standard D-010	Well Integrity in drilling and well operations
-----------------------	--

### Material specification

ANSI / NACE MR 0175 / ISO 15156-1	Materials for use in H <sub>2</sub> S containing environments in oil and gas production
-----------------------------------	---

### ISO documents

ISO 16530-1	Petroleum and Natural gas – Well Integrity part 1: Life Cycle governance
-------------	--

### Geothermie Nederland documents

GNL zorgsysteem	(formerly known as DAGO)
GNL WIMS	VGM (Veiligheid, Gezondheid en Milieu) referential
GNL WIMP	Well Integrity Management System
	Well Integrity Management Plan

### Geothermal sector documents

Richtlijn geothermie Brabant	Richtlijn aanv. maatregelen geothermie Brabant
New Zealand Standard	Code of practice for deep geothermal wells

Project	Duurzaam Putontwerp	Document Titel	Industriestandaard Duurzaam Putontwerp
Eigenaar	Geothermie Nederland	Document No.	
Date	01-01-2021	Revisie	0

## The use of ‘Shall’, ‘Should’ & ‘Could’

In this CoP references are made to legislative requirements, but also to industry guidelines and best practices.

To make a clear distinction between what is required according to legislation and what is classified as guideline or best practice, this document uses the qualifications ‘shall’, ‘should’ and ‘could’. The fundamental philosophy behind the selected qualification is as follows:

[shall]:	Mandatory
[should]:	Good operating practice
[could]:	Recommendation / example

Further definition of these qualifications is provided in the table below:

[shall]	<p>Reflects a mandatory provision of law (in Dutch: dwingend recht).</p> <p>If an operator cannot comply for technical, operational or HSE-related reasons, an exempt shall be requested. A risk assessment shall then be prepared and shall include mitigations to reduce the risks to acceptable levels.</p> <p>An exception is made for the SodM directive on the maximum injection pressure protocol. Although not strictly qualifying as a provision of the law, this directive shall be adhered to and is therefore included in the [shall] category.</p>
[should]	<p>Reflects a good operating practice.</p> <p>An operator is generally expected to apply such method or practice, unless specific circumstances require an alternative solution. The operator documents the rationale for the alternative.</p>
[could]	<p>Indicates an advice or an example.</p> <p>An operator is not obliged to comply nor to justify non-compliance.</p>

If at any place in the document ‘shall’, ‘should’ or ‘could’ is used without brackets and colour, this is a grammatically used verb and shouldn’t be construed as a requirement.

Project	Duurzaam Putontwerp	Document Titel	Industriestandaard Duurzaam Putontwerp
Eigenaar	Geothermie Nederland	Document No.	
Date	01-01-2021	Revisie	0

# 1 Introduction

---

## 1.1 Purpose

The main purpose of this Code of Practice (CoP) is to provide guidance to well engineers and other professionals involved in the process of designing geothermal wells in the Netherlands. It [should] be used as the principle guiding document for geothermal well design, by engineers with and without any previous experience in geothermal well design.

The CoP is inspired by the standards and practices that have been developed by the oil and gas industry, whereby it intends to specifically address and highlight the subjects that are pertinent to geothermal well design. It incorporates the previous learnings and the most recent insights related to geothermal well design, construction and exploitation in the Netherlands. This will increase the operator's awareness and encourage the sector to share their learnings in order to ensure that relevant advice is incorporated in future geothermal well designs.

The CoP defines the minimum requirements for the design of geothermal wells, with a view to achieve high quality well designs in compliance with the Dutch legislation and integrating the latest insights on geothermal well design challenges. Considering the recent issues with corrosion in geothermal wells, one of the key deliverables of this document is to ensure well integrity in all operational phases, from initial design to final abandonment.

The CoP will further support the ongoing effort by the geothermal industry to design the geothermal wells in such a way that they enable optimum protection of the fresh water aquifers above the geohydrological groundwater base in the present and future drinking water reserves. This protection [should] be achieved by the introduction of a well barrier redundancy between the geothermal reservoir and the fresh water aquifer and the creation of an annulus space enabling continuous pressure monitoring. The operator is only allowed to deviate from this requirement if he can demonstrate through a documented risk assessment that the alternative well design does not increase the risk of contaminating fresh ground- and drinking water aquifers.

## 1.2 Scope

This CoP considers the full lifecycle of the well, from the early steps in well design down to the well abandonment. However, it has no intention to describe the full processes required in drilling, completing, testing, operating, repairing and abandoning the well, which are way beyond the scope of this CoP.

The CoP is applicable to wells with a total depth ranging from 500 to 4000m TVD. This depth range covers past, current and future conventional geothermal projects in the Netherlands.

Shallow geothermal wells with a total depth ranging from surface to 500m TVD do not fall within the scope of this CoP.

Project	Duurzaam Putontwerp	Document Titel	Industriestandaard Duurzaam Putontwerp
Eigenaar	Geothermie Nederland	Document No.	
Date	01-01-2021	Revisie	0

Wells with a total depth deeper than 4000m TVD require additional considerations and possible safeguards and are therefore considered outside the scope of this document. Although all principles stated in this document also apply to wells deeper than 4000m TVD and should ensure a safe well design, no specific deliberations for designing these wells are stated in this CoP. A generic hazard inventory for drilling so-called Ultra-Deep Geothermal has been compiled as part of the SCAN program<sup>1</sup>.

## 1.3 Overview

The Code of Practice for geothermal well design is founded on the principles of:

- Ensuring health, safety and environment (chapter 2);
- Ensuring the integrity of a well throughout its entire lifecycle (chapter 3), with special consideration to fresh and groundwater layers (see also chapter 4.7);
- Implementing a well barrier philosophy based on a risk assessment (chapter 3.2 and chapter 3.3);
- Implementing a well integrity management system (chapter 3.6) and plan (chapter 3.7), which includes the monitoring of the well for integrity threats;
- Stating the well objectives clearly (chapter 4.2);
- Using the most accurate envelope of input parameters, both subsurface and operational (chapter 4);
- Using an integrated multi-disciplinary approach (chapter 3.3.2 and chapter 4) in order to be able to create a fit for purpose well design (chapter 5).

Special attention will be given to threats from corrosion (chapter 3.4) and erosion (chapter 3.5) to well integrity and how to prevent and mitigate against corrosion (chapter 5.5.1) and erosion (chapter 5.5.2).

---

<sup>1</sup> Middelburg, M. & Drenth, D. (2019) A generic Hazard Inventory for Drilling Ultra-Deep Geothermal. Report by SCAN. 26pp. Utrecht. [https://www.nlog.nl/sites/default/files/2019-12/scan\\_dinantian\\_generic\\_hazard\\_inventory\\_for\\_drilling\\_udg\\_report.pdf](https://www.nlog.nl/sites/default/files/2019-12/scan_dinantian_generic_hazard_inventory_for_drilling_udg_report.pdf)

Project	Duurzaam Putontwerp	Document Titel	Industriestandaard Duurzaam Putontwerp
Eigenaar	Geothermie Nederland	Document No.	
Date	01-01-2021	Revisie	0

## 2 Health, Safety and Environment

---

Throughout the development process of a geothermal project, Health, Safety and Environmental (HSE) aspects need to be considered to determine the potential effects of the planned operations on people and environment.

Geothermie Nederland has developed a VGM ('Veiligheid, gezondheid en milieu')<sup>2</sup> system specific for geothermal operations, which has been adopted by all geothermal operators in the Netherlands and which provides guidance and support for HSE matters during all phases of geothermal developments.

The SodM self-assessment (zelfevaluatie) for geothermal operators<sup>3</sup> also provides several considerations regarding HSE that [should] to be adequately addressed in all phases of a geothermal project.

As stated in the scope of the document, this CoP does not intend to describe the full processes required in drilling, completing, testing, operating, repairing and abandoning the well. It will therefore not cover all the HSE procedures that the operator [shall] implement throughout the full well lifecycle (e.g. well control procedures, rig HSE case), nor elaborate on non-well design related equipment specifications (e.g. BOP configuration). The CoP will focus on the HSE aspects to be implemented when designing geothermal wells (e.g. material selection to guarantee well integrity), depending on the objectives of the wells (e.g. exploration well with heavy data acquisition program).

---

<sup>2</sup> Available for Geothermie Nederland members upon request

<sup>3</sup> Staatstoezicht op de Mijnen (2020) Zelfevaluatie geothermie: Samengevoegde zelfevaluaties opgedeeld naar mijnbouwkundige processen. Publicatie-nr. 20403161. SODM, Den Haag. 22 p.

<https://www.SodM.nl/documenten/publicaties/2020/07/01/toezichtarrangement-geothermie>

Project	Duurzaam Putontwerp	Document Titel	Industriestandaard Duurzaam Putontwerp
Eigenaar	Geothermie Nederland	Document No.	
Date	01-01-2021	Revisie	0

## 3 Well Integrity

---

### 3.1 Purpose

The first generation of geothermal wells in the Netherlands experience corrosion issues and in several cases the well integrity degradation has led to an immediate shut-in of the wells.

Corrosion can cause loss or reduction of well integrity, leading to an increased risk of losing pressure control or leaks to the environment, which is always to be prevented. Shallow water reservoirs **[shall]** be protected against potential influx of saline water or any other foreign fluids, and deeper reservoirs **[shall]** be sealed off to prevent any undesired flow to surface, either inside or outside the well architecture.

The importance of the above is underlined in this document by the inclusion of a dedicated chapter addressing well integrity. This chapter will first define and describe the principles governing the well barrier philosophy. It will then dive into the risk assessment that **[should]** be performed by the operator to ensure that the well design and its barrier philosophy will guarantee well integrity throughout the full well life cycle. The end of the chapter will cover the main threats to well integrity that should be considered when risk assessing the well design and its barrier philosophy. It will focus on the exploitation phase to reflect the well integrity failures experienced in the first generation of geothermal wells which are documented in the SodM inspection report “Inspectie putintegriteit geothermie 2020”<sup>4</sup>. However, the well construction phase should not be neglected as well integrity can also be breached when drilling and testing the well.

### 3.2 Well barrier philosophy

#### 3.2.1 General principles

The well barriers **[shall]** be defined prior to commencement of an activity or operation by identifying the required well barrier elements (WBE) to be in place, their specific acceptance criteria and monitoring method. This applies to the full well lifecycle:

- During drilling, logging, testing and completing the well;
- During the exploitation period (production / injection);
- During well interventions;
- During and after well abandonment.

---

<sup>4</sup> Staatstoezicht op de Mijnen (2020) Inspectie putintegriteit geothermie 2020. SODM, Den Haag. 18pp.  
<https://www.SodM.nl/documenten/rapporten/2020/10/26/inspectie-putintegriteit-geothermie-2020>

Project	Duurzaam Putontwerp	Document Titel	Industriestandaard Duurzaam Putontwerp
Eigenaar	Geothermie Nederland	Document No.	
Date	01-01-2021	Revisie	0

Well barriers **[shall]** adhere to certain criteria and principles:

- Withstand the maximum differential pressure and temperature it may become exposed to;
- Be able to be pressure tested, function tested or verified by other means;
- Ensure that no single failure of a well barrier or WBE can lead to an uncontrolled flow of wellbore fluids to the external environment or vice versa;
- Operate reliably in the environment to which it may be exposed to over time;
- Be independent of each other and avoid having shared WBEs to the extent possible;
- Always determine the physical position/location and integrity status when such monitoring is possible.

### 3.2.2 Well barrier schematics

Potential flow paths and the well barriers preventing flow along each path **[should]** be identified and captured in a well barrier schematic.

A well barrier schematic should be made:

- for each step during the well construction phase;
- for illustration of the completed well with Xmas tree in place;
- for recompletions and workovers;
- for the final status of permanently abandoned wells.

It is not necessary to make a new schematic for different types of running assemblies when the well barrier elements are not affected.

The well barrier schematic **[should]** consist of:

- A drawing illustrating the well barriers planned / in place and showing the different WBE's that make up the well barrier(s).
  - A specific colour **[should]** be used per well barrier to help graphically distinguishing between the different barriers;
  - Each component **[should]** be shown in the correct position relative to all others;
  - Reservoirs, other potential sources of inflow and loss zones should be highlighted in the drawing;
- A tabulated listing of WBE's with their acceptance criteria, initial verification and monitoring requirements. This includes formation integrity when the formation is part of a well barrier.

A possible representation of the well barrier schematics is given in Appendix II: Well Barrier schematics.

The requirements regarding well control barriers may be relaxed under some circumstances, e.g. when a well is proven to be non-flowing, after full displacement to reservoir brine. It is the responsibility of the geothermal operator to request the necessary exemption(s) for this situation, according to the relevant provisions in the Dutch legislation, and before implementation.



Project	Duurzaam Putontwerp	Document Titel	Industriestandaard Duurzaam Putontwerp
Eigenaar	Geothermie Nederland	Document No.	
Date	01-01-2021	Revisie	0

### 3.3 Risk assessment of well barrier philosophy

#### 3.3.1 General principles

A risk assessment of the well design and its barrier philosophy [should] be performed when designing a geothermal well. All possible flow paths leading to a loss of well integrity situation during the different phases of the well lifecycle [should] be risk assessed, considering the probability of well barrier failure and its consequence. The risk assessment [should] be updated prior to the commencement of an activity in order to reflect the well barrier(s) status at that stage. Risk assessment updates [should] be done the following steps:

- Prior to well construction to reflect the latest well design / planned operating philosophy
- Prior to well testing
- Prior to well start-up / exploitation
- Prior to a well intervention
- Prior to permanent abandonment of the well

Risk assessment updates [should] also be performed during the above-mentioned phases in case of deviation from the planned well barrier philosophy due to operational complications.

#### 3.3.2 Risk assessment methodology

The main steps to risk assess the well design and its barrier philosophy are described hereafter:

- Identify and log the risks generated by the selected well design in a risk register
- Describe those risks in view of People (health and safety), Environment, Assets (economics), and Reputation (public acceptance)
- Rank the risks, based on likelihood and consequence criteria
- Select the high risks and take each of them through a bow-tie type of risk assessment
- Define mitigations to bring down those risks to as low as reasonably practicable (ALARP)

Geothermie Nederland has developed a risk assessment methodology based on a 5x5 risk matrix, which is described in the Geothermie Nederland VGM system and which [should] be used to create an overview of the risks identified and their classification, based on likelihood and potential consequence.

A risk assessment is only useful if properly done. This can be achieved by doing the assessment with an experienced and skilled multi-disciplinary team). A multi-disciplinary team [could] consist of (a selection of) the following subject matter experts:

- Well engineer;
- Production engineer;
- Geologist;
- Reservoir engineer;
- .....

For further information contact: **Geothermie Nederland**  
 Gardens Business Centre New Babylon • Anna van Buerenplein 41 • 2595 DA Den Haag  
 T +31 88 030 7063 • [www.geothermie.nl](http://www.geothermie.nl) • [info@geothermie.nl](mailto:info@geothermie.nl)