



RISICOANALYSE TUNNELSTRAAT TE GELEEN

HAALBAARHEIDSONDERZOEK IN HET KADER VAN MIJNBOW

Opdrachtgever:	Gemeente Sittard-Geleen
Projectnr:	SIT193
Datum:	22 november 2024

RISICOANALYSE TUNNELSTRAAT TE GELEEN

HAALBAARHEIDSONDERZOEK IN HET KADER VAN MIJNBOUW

Opdrachtgever:	Gemeente Sittard-Geleen
Projectnr:	SIT193
Rapportnr:	20241122-SIT193-Risicoanalyse Tunnelstraat te Geleen
Status:	Definitief
Datum:	22 november 2024

Opsteller:
RRI

Verificatie:
GG

Validatie:
JSP

T 088 - 33 66 333
F 088 - 33 66 099
E info@kragten.nl

© 2024 Kragten
Niets uit dit rapport mag worden veeleenvoudigd en/of openbaar gemaakt door middel van druk, fotokopie, microfilm of op welke andere wijze dan ook zonder voorafgaande toestemming van Kragten. Het is tevens verboden informatie en kennis verwerkt in dit rapport ter beschikking te stellen aan derden of op andere wijze toe te passen dan waaraan in de overeenkomst toestemming wordt verleend.



INHOUDSOPGAVE

1	INLEIDING.....	5
1.1	Aanleiding	5
1.2	Doel	5
1.3	Leeswijzer	5
1.4	Beschikbare gegevens.....	5
2	GEOHYDROLOGISCHE SITUATIE	6
2.1	Projectgebied	6
2.2	Hoogtekaart.....	6
2.3	Bodem.....	7
2.4	Grondwaterstanden	9
3	MIJNBOWVERLEDEN	13
3.1	Na-ijlende effecten in het mijngebied.....	13
3.2	Na-ijlende effecten in relatie tot infiltratie en bebouwing	16
4	RISICOANALYSE.....	18
4.1	Risico's binnen het projectgebied.....	18
4.2	Verschillende soorten infiltratievoorzieningen	18
4.3	Aardwarmtesystemen.....	20
5	SAMENVATTING EN AANBEVELINGEN.....	21
5.1	Na-ijlende effecten.....	21
5.2	Constructies en infrastructuur.....	21
5.3	Infiltratievoorzieningen.....	21
5.4	Aardwarmtesystemen.....	22

TABELLEN

Tabel 1: Peilbuizen, ligging en filterstelling	9
Tabel 2: Overzicht potentiële na-ijlende effecten van de mijnbouw	13
Tabel 3: Overzicht potentiële na-ijlende effecten van de mijnbouw en relevantie voor infiltratie en constructie.....	16
Tabel 4: Overzicht van risico's per infiltratie systeem en advies	21

AFBEELDINGEN

Afbeelding 1	Ligging projectgebied en ligging hoofdbreukenN.....	6
Afbeelding 2	MaaiVELdnliveau rondom projectgebied.....	7
Afbeelding 3	Bodemkaart.....	8
Afbeelding 4	Geohydrologische doorsnede met de globale locatie van het projectgebied bij de verticale grijze lijnen.....	8
Afbeelding 5	Voorkomen van kleilaag uit de Formatie van Beegden (groene vlak)	9
Afbeelding 6	Grondwaterkaart van Nederland (1 ^e watervoerende pakket) met in de rode cirkel de globale locatie van het projectgebied, bron: TNO, 1977	10
Afbeelding 7	Peilbuizen in de omgeving.....	11
Afbeelding 8	Grondwaterstanden.....	11
Afbeelding 9	Ligging gemijnde gebieden rondom de projectlocatie (het kruisje). Bron: Gemeente Sittard-Geleen.	13
Afbeelding 10	Ligging potentiële invloedsgebieden (geel) langs breuken met het projectgebied bij het kruisje. De meettraaien zijn dwars op de breuk geprojecteerd (Bron: Gemeente Sittard-Geleen)	14
Afbeelding 11	Ligging EK3 (blauwe vlek) — EK1/EK2 gebieden 'ondiepe' mijngangen zijn niet aanwezig op deze kaart. De ligging van het projectgebied is aangeduid met het gele kruis (Bron: Gemeente Sittard-Geleen)	15
Afbeelding 12	Aanwezigheid van drempels, verzakkingen en neerwaartse boringen. Het projectgebied is aangeduid met het gele kruis. Bron: Gemeente Heerlen.	

Afbeelding 13 Beslisboom ondiepe infiltratie (via de onverzadigde zone in de bovengrond), bron: Na-ijlende effecten steenkoolwinning, onderzoek effecten en advies infiltratie, Kragten MJ002-001 van 4 oktober 2023.....	19
Afbeelding 14 Beslisboom diepinfiltratie (tot in de watervoerende laag in de ondergrond), bron: Na-ijlende effecten steenkoolwinning, onderzoek effecten en advies infiltratie, Kragten MJ002-001 van 4 oktober 2023.....	20

1 INLEIDING

1.1 Aanleiding

In het kader van de beoogde herhuisvesting van Vidar naar een locatie aan de Tunnelstraat in Geleen is aan Kragten gevraagd om de aanwezigheid van nadelende effecten te bepalen omdat de ontwikkeling in het voormalig steenkoolgebied ligt.

1.2 Doel

Doel van deze rapportage is te bepalen welke nadelende effecten van de steenkoolwinning aanwezig zijn en om aan te geven welke invloed dat heeft op deze ontwikkeling. Hierbij gaan we specifiek in op risico's rondom constructies en risico's rondom infiltratievoorzieningen.

1.3 Leeswijzer

Hoofdstuk 2 beschrijft de geohydrologische situatie van het projectgebied. Hoofdstuk 3 beschrijft de effecten van het mijnbouwverleden en hoofdstuk 4 analyseert vervolgens het risico voor deze locatie. Hoofdstuk 5 geeft een conclusie.

1.4 Beschikbare gegevens

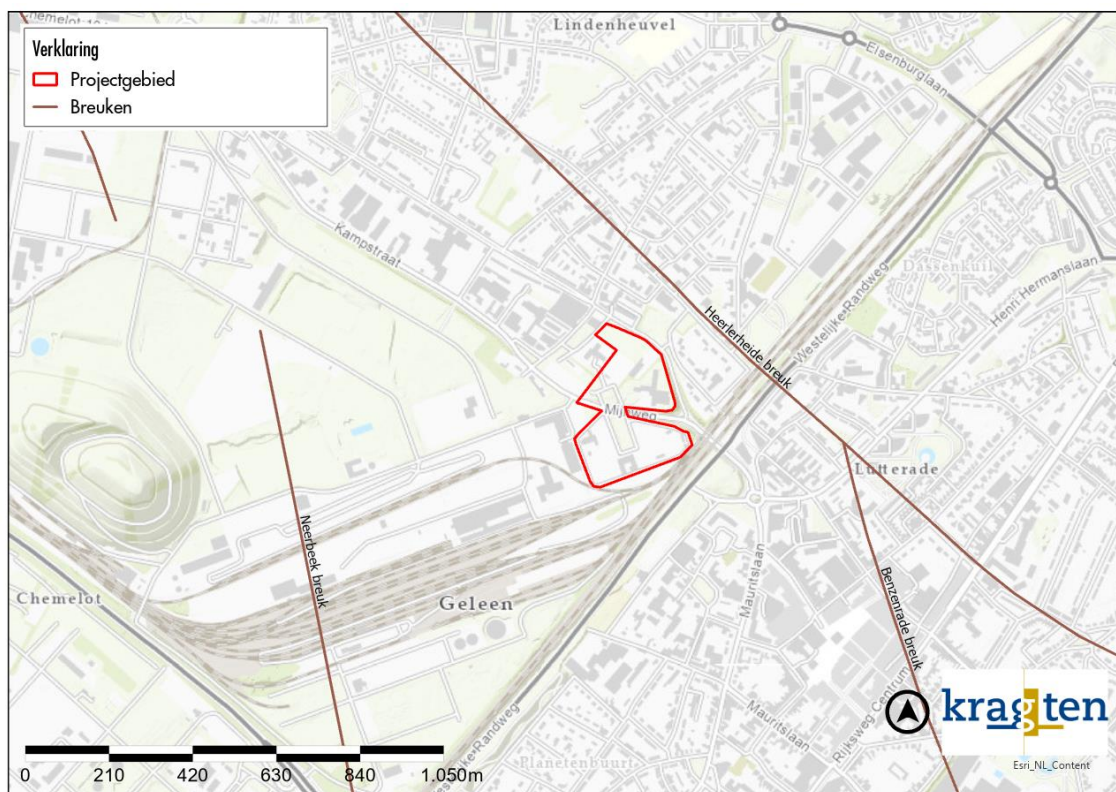
Voor het opstellen van deze rapportage zijn meerdere gegevensbronnen beschikbaar, zoals hieronder genoemd. Indien het documenten van externe oorsprong betreft is de versie gebruikt zoals beschikbaar op de datum van het opstellen van deze notitie.

- Dinoloket, www.dinoloket.nl, TNO
- Grondwaterkaart van Nederland, TNO, 1977
- Landelijk Hydrologisch Model, <https://www.grondwatertools.nl/gwsinbeeld/>
- Bodemkaart van Nederland, www.bodemdata.nl
- Nadelende gevolgen steenkoolwinning Zuid-Limburg, Projectgroep GSZL december 2016
- Nadelende effecten steenkoolwinning, onderzoek effecten en advies infiltratie, Kragten M1J002-001 van 4 oktober 2023
- Onderzoek naar het verband tussen schade en de combinatie Breuken, drempels en stijgend mijnwater in Zuid-Limburg, Geocontrol rapport M02132 van februari 2022
- Kaartmateriaal betreffende de Nadelende Effecten Steenkoolwinning, beheerd door het Gegevenshuis en voor dit onderzoek ter beschikking gesteld door de gemeente Heerlen
- Grondwatermonitoringsronde 2012 behorende bij de sanering op de locatie "Onderdoorgang Westelijke Randweg" te Geleen, RoyalHaskoningDHV, 28 januari 2013
- Atlas Limburg, <https://portal.prvlimburg.nl/viewer/app/default>

2 GEOHYDROLOGISCHE SITUATIE

2.1 Projectgebied

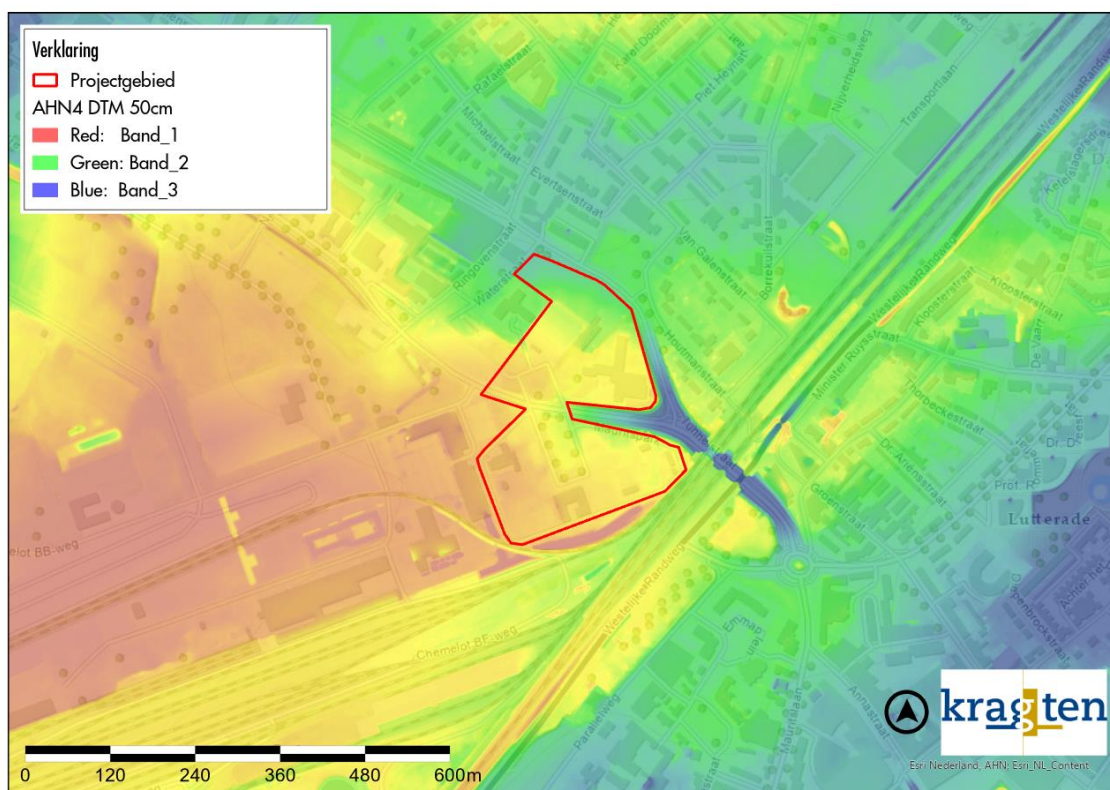
Het projectgebied ligt aan de Tunnelweg in Geleen. Ten oosten van het projectgebied ligt de Heerlerheide breuk, deze splitst ten zuidoosten van het projectgebied af in de Benzenrade breuk, en ten westen van het projectgebied ligt de Neerbeek breuk (Afbeelding 1).



Afbeelding 1 Ligging projectgebied en ligging hoofdbreuken.

2.2 Hoogtekaart

Met behulp van het AHN4 is het (maaiveldniveau) van het terrein in beeld gebracht (zie afbeelding 2). Het maaiveldniveau ter hoogte van het projectgebied varieert tussen circa NAP +69,5 m in het zuiden en NAP + 65 m in het noorden. Ten oosten van het projectgebied is de Tunnelstraat zichtbaar die onder het spoor doorloopt en lager gelegen is.

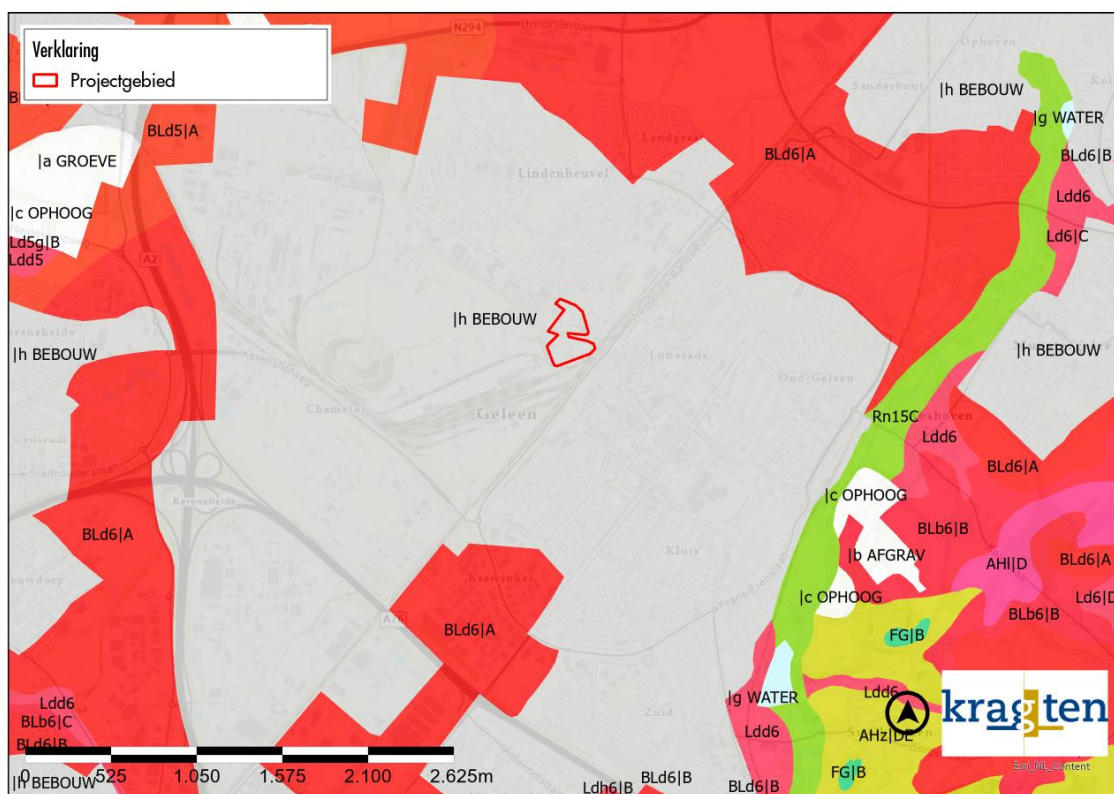


Afbeelding 2 Maaiveldniveau rondom projectgebied.

2.3 Bodem

2.3.1 Bodematlas

Met behulp van de Bodematlas is het bodemtype van de ondiepe bodem in beeld gebracht (Afbeelding 3). Het projectgebied heeft de code "Jh BEBOUW" wat inhoudt dat dit deel van de bodemkaart gekarteerd is als bebouwing. Wanneer er naar de bodemtypes in de omgeving wordt gekeken is het meest voor de hand liggend dat de oorspronkelijke bodem bestaat uit "Bld6JA". Dit zijn radebrikgronden die bestaan uit siltige leem. Dit bodemtype staat bekend om zijn slechte waterdoorlatendheid. Aangezien de lokale bodem in hoge mate geroerd is, kan niet met zekerheid vastgesteld worden of deze gronden daadwerkelijk aanwezig zijn in het projectgebied.

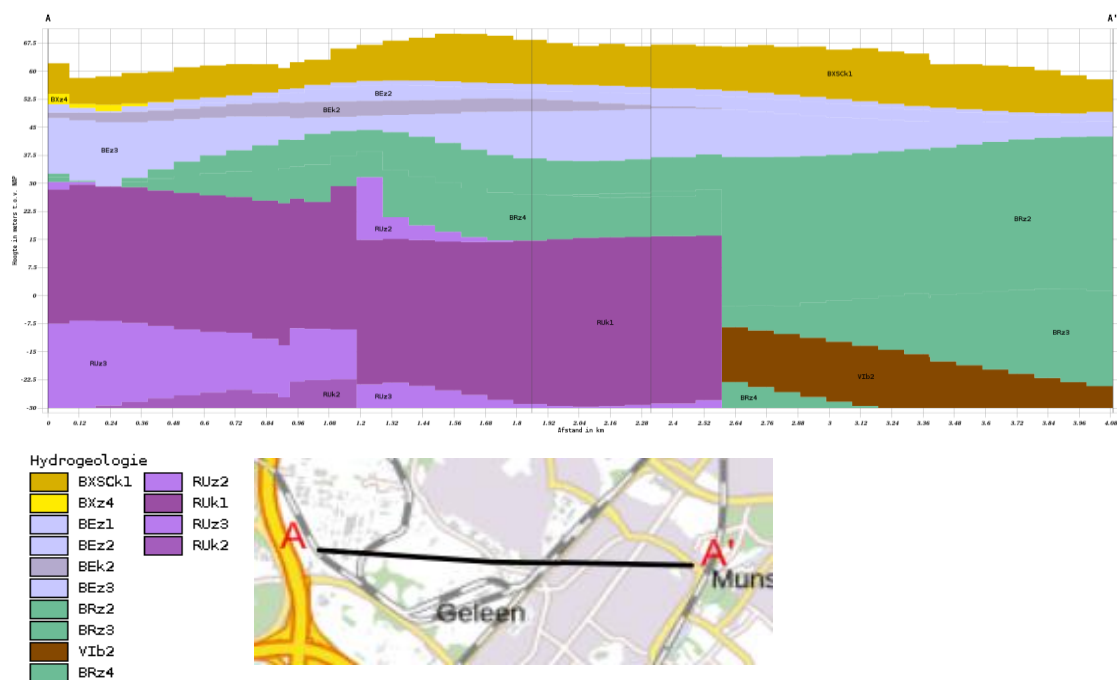


Afbeelding 3 Bodemkaart.

2.3.2

Bodemdoorsnede

Met behulp van Dinoloket is de bodemopbouw van de projectomgeving in beeld gebracht. Het geohydrologische model REGIS II v.2.2 biedt inzicht in de verschillende lagen in de ondergrond. Een doorsnede is opgenomen in Afbeelding 4.



Afbeelding 4

Geohydrologische doorsnede met de globale locatie van het projectgebied bij de verticale grijze lijnen.

De bovenste circa 10 m bestaat uit de kleiige Formatie van Boxtel. Hieronder zit een zandlaag uit de Formatie van Beegden van circa 5 m dik, gevolgd door een kleilaag uit dezelfde formatie van circa 1 tot 4 m dik. Hieronder zit weer een zandlaag uit de Formatie van Beegden van circa 12 m dik gevolgd door een zandlaag uit de Formatie van Breda van circa 15 m dik. De kleilaag uit de Formatie van Beegden sluit het 1^e watervoerende pakket niet af omdat deze 300 m ten oosten van het projectgebied niet meer aanwezig is. Verder is deze kleilaag wel in het noorden maar niet in het zuiden van het projectgebied aanwezig (zie Afbeelding 5). Boringen binnen het projectgebied kunnen hier meer informatie over geven. Boven deze kleilaag kan hangwater ontstaan. Onder de zandlaag uit de Formatie van Breda zit een dikke kleilaag (bijna 50 m dik) uit de Formatie van Rupel. In de doorsnede is ten westen de Neerbeek breuk zichtbaar en ten oosten de Heerlerheide breuk.

Formatie van Beegden, tweede kleiige eenheid (BRO REGIS II v2.2.2)



Afbeelding 5 Voorkomen van kleilaag uit de Formatie van Beegden (groene vlak).

2.4 Grondwaterstanden

2.4.1 Grondwaterstroming

Uit de grondwaterisohypsen ten tijden van het opstellen van de historische grondwaterkaart van Nederland (zie Afbeelding 6) valt op te maken dat de grondwaterstroming ter plekke van het projectgebied noordwestelijk gericht is. Verder lag de grondwaterstand ten tijden van het opstellen van de grondwaterkaart tussen NAP +25 m en NAP +30 m. Op deze kaart is zichtbaar dat er veel breuken in de omgeving liggen die het grondwater sterk beïnvloeden.

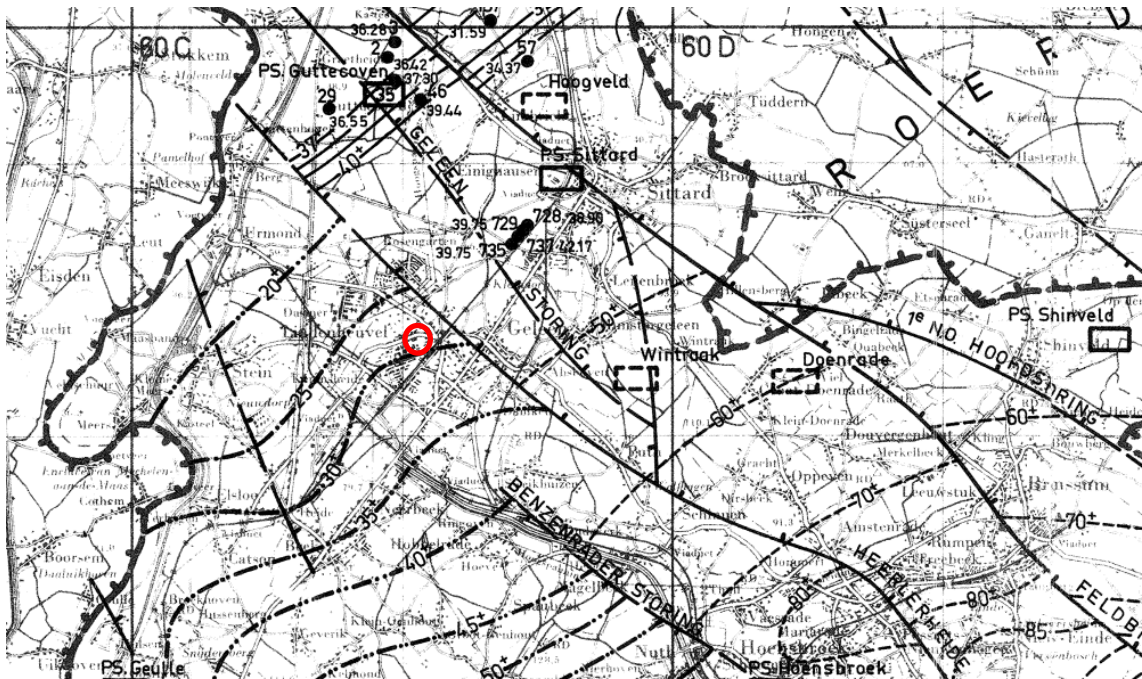
2.4.2 Dinoloket peilbuizen

Met behulp van Dinoloket is nagegaan waar zich in de omgeving peilbuizen bevinden. Hierbij is het zeer wenselijk dat de peilbuizen aan dezelfde kant van breuken ligt als het projectgebied. Echter zijn er weinig peilbuizen die tussen de Neerbeek breuk en de Heerlerheide breuk/ de Benzenrade breuk liggen. In historische grondwaterkaart van Nederland is de Neerbeek breuk niet zichtbaar, wat wellicht aantoont dat deze breuk geen tot weinig effect heeft op het grondwater (i.e., er is geen sprong van de grondwaterstand). Hierom zijn ook 2 peilbuizen meegenomen in de analyse die ten westen van de Neerbeek breuk liggen. In totaal zijn 3 peilbuizen meegenomen in de analyse (zie Tabel 1). De locaties van deze peilbuizen zijn weergegeven in Afbeelding 7. De gemeten grondwaterstanden van de peilbuizen zijn opgenomen in Afbeelding 8.

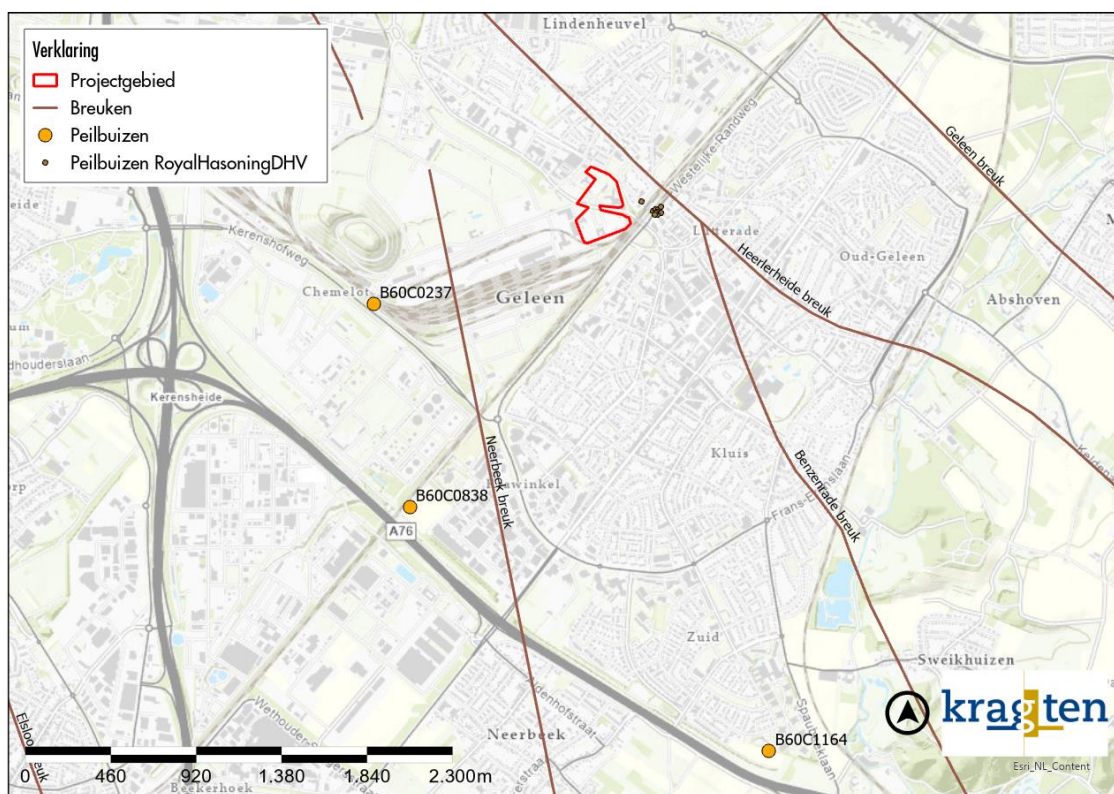
Tabel 1: Peilbuizen, ligging en filterstelling

Peilbuis	Ligging	Filterstelling
B60C0237	Ten oosten van de Neerbeek breuk	NAP -71 m tot NAP -121 m in de Formatie van Houthem (diepe filterstelling)
B60C0838	Ten oosten van de Neerbeek breuk	NAP +47,9 tot NAP +42,9 m in de Formatie van Beegden
B60C1164	Tussen dezelfde breuken als het projectgebied	NAP +53,8 tot NAP +51,8 m in de Formatie van Beegden

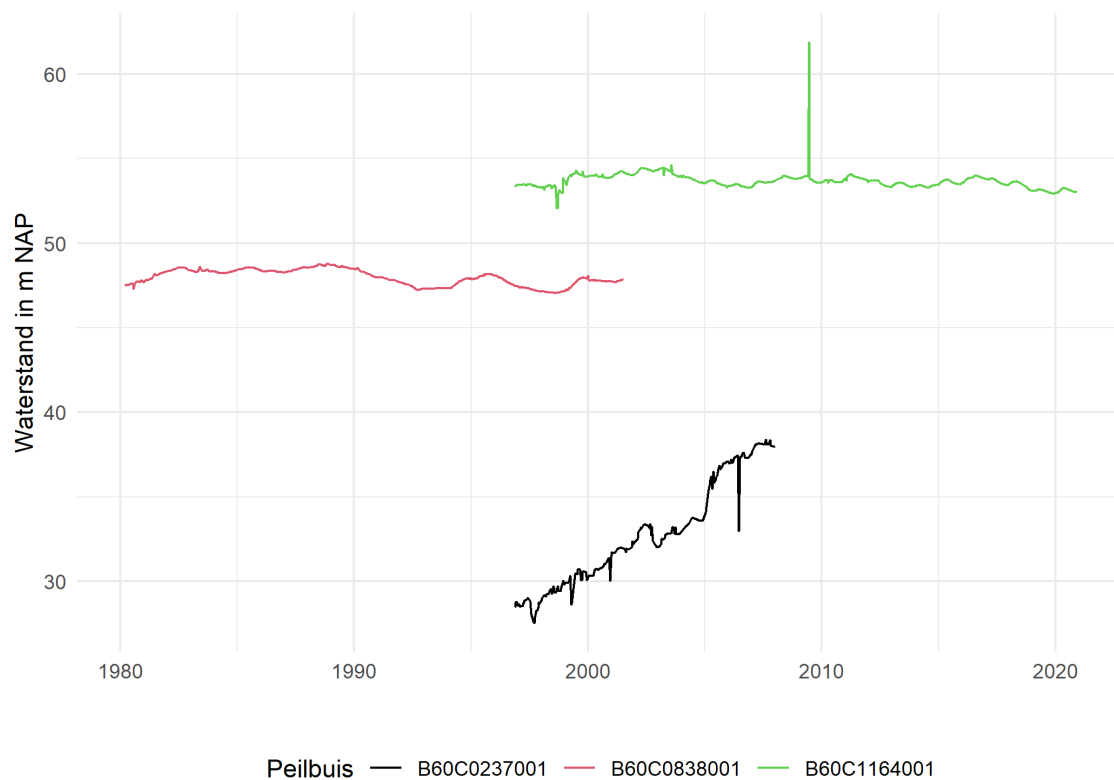
Uit de grafiek in Afbeelding 8 komt naar voren dat de grondwaterstand bij peilbuis B60C0237 tussen circa NAP +29 m en NAP +38 m ligt. Het grondwater stijgt elk jaar steeds verder en omdat het filter ook zeer diep ligt (zie Tabel 1), is deze peilbuis niet bruikbaar voor het bepalen van grondwater in het 1^e watervoerende pakket in het projectgebied. Deze stijging van het grondwater in een diep gelegen watervoerend pakket is een stijgend effect van de steenkoolwinning. Het gemiddelde grondwater bij peilbuis B60C0838 ligt rond NAP +47 m. Het gemiddelde grondwater bij peilbuis B60C1164 ligt rond NAP +53,5 m. De grote piek rond 2009 wordt als onbetrouwbaar geacht, omdat het grondwater daarna weer terugzakt naar de ordegrootte van NAP +53,5 m. Deze grondwaterstanden zijn qua ordegrootte hoger (ca. 15 m) dan de Grondwaterkaart van Nederland (Afbeelding 6).



Afbeelding 6 Grondwaterkaart van Nederland (1^e watervoerende pakket) met in de rode cirkel de globale locatie van het projectgebied, bron: TNO, 1977.



Afbeelding 7 Peilbuizen in de omgeving.



Afbeelding 8 Grondwaterstanden.

2.4.3 Grondwatermonitoring 2012

Aan de Westelijke Randweg te Geleen is ter plaatse van de 'onderdoorgang Geleen-Lutterade' door RoyalHaskoningDHV in opdracht van gemeente Sittard-Geleen een grondwateronderzoek uitgevoerd (Grondwatermonitoringsronde 2012 behorende bij de sanering op de locatie "Onderdoorgang Westelijke Randweg" te Geleen, RoyalHaskoningDHV, 28 januari 2013). In november 2012 is in 10 peilbuizen de grondwaterstand gemeten (Afbeelding 7). De grondwaterstand varieerde toen van 17,7 m onder maaiveld tot 21,6 m onder maaiveld. De peilbuizen liggen ongeveer gelijk aan de zuidgrens van dit projectgebied en geven hiermee een indicatie voor de ordegrootte van de grondwaterstand. In november ligt de grondwaterstand vaak tussen de GLG en de GHG in.

2.4.4 GHG en GLG

Enkel peilbuis B60C1164 heeft voldoende gegevens om een gemiddeld hoogste grondwaterstand (GHG) en gemiddeld laagste grondwaterstand (GLG) te bepalen. Voor peilbuis B60C0838 kan wel een inschatting gemaakt worden:

	GHG	GLG
- Peilbuis B60C1164	NAP +53,7 m	NAP +53,4 m
- Peilbuis B60C0838	NAP +48,0 m	NAP +47,3 m (schatting)

Hoewel de ordegrootte van het grondwater op de Grondwaterkaart van Nederland lager is dan de gemeten grondwaterstanden, kunnen de isohypselijnen wel gebruikt worden om de grondwaterstanden te extrapoleren. Volgens de Grondwaterkaart van Nederland (Afbeelding 6) ligt het grondwater bij peilbuis B60C0838 circa 2 m hoger dan het grondwater ter plekke van het projectgebied. Bij het projectgebied is de GHG en GLG dan ongeveer als volgt:

- GHG: NAP + 46,0 m
- GLG: NAP +45,3 m

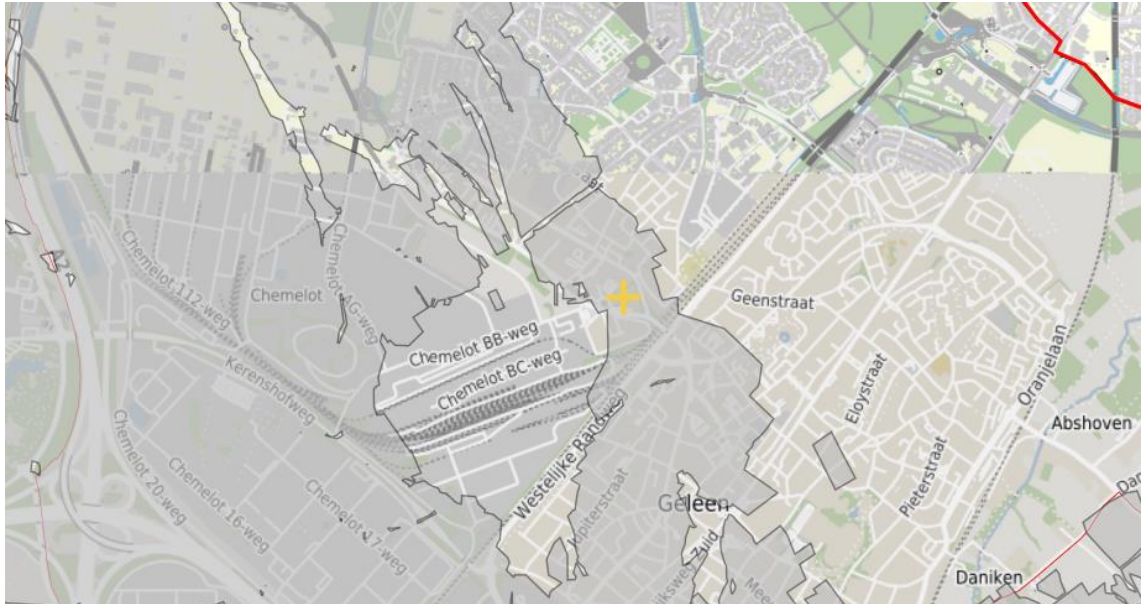
Het maaiveld ligt tussen NAP +69,5 m in het zuiden en NAP + 65,0 in het noorden. De GHG ligt dan circa 19 – 23,5 m onder maaiveld en de GLG circa 19,7 – 24,2 m onder maaiveld. Dit is ongeveer dezelfde ordegrootte als de eenmalig gemeten grondwaterstanden in november 2012 in de directe omgeving van het projectgebied.

Hoewel het grondwater ter plekke van het projectgebied circa 19 – 24 m onder maaiveld ligt, is er in een groot gedeelte van het projectgebied een kleilaag aanwezig vanaf circa 15 m onder maaiveld. Hierboven kan hangwater ontstaan.

3

3.1

De gemeente Sittard-Geleen ligt in het voormalige mijngebied van Limburg. Deze projectlocatie ligt binnen het gemijnde gebied van de concessie Maurits (zie Afbeelding 9).



Abbeiding 9 Liggig gemijnde gebieden rondom de projectlocatie (het kruisje). Bron: Gemeente Sittard-Geleen.

Door de mijnbouw zijn er in het gebied verschillende effecten waarmee rekening moet worden gehouden. De projectgroep GSZL heeft in 2016 een onderzoek uitgevoerd waarbij geconcludeerd is dat in het voormalige mijngebied rekening moet worden gehouden met tien verschillende categorieën van nadelige effecten (zie Tabel 2). Een aantal relevante effecten zijn in de volgende paragrafen verder toegelicht.

Tabel 2: Overzicht potentiële nadelige effecten van de mijnbouw

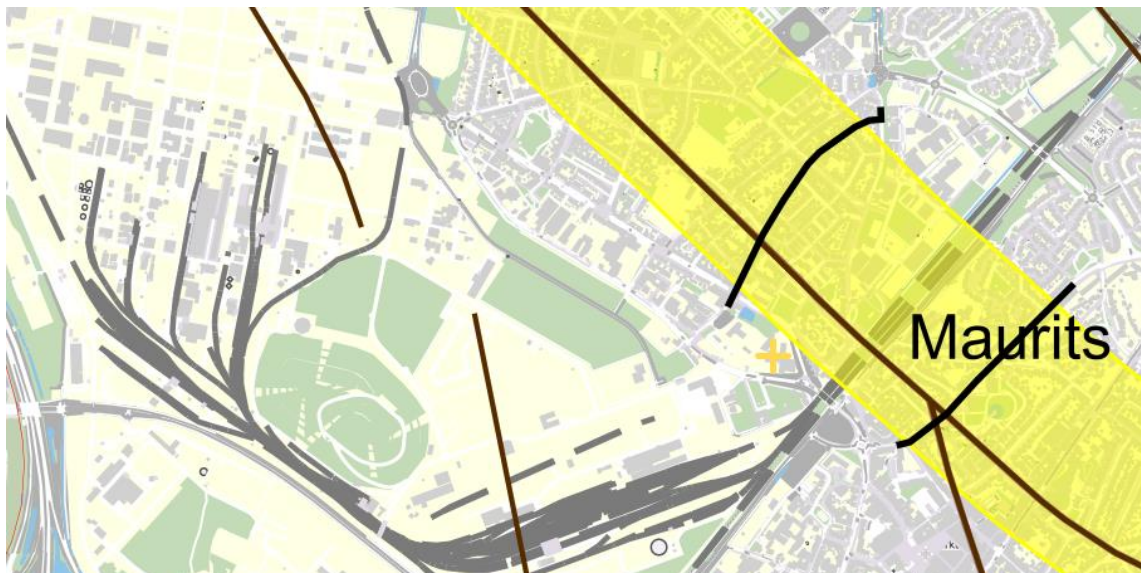
Effect	Korte beschrijving
Regionale bodemstijging	Door stijgend mijnwater stijgt de bodem in het mijngebied.
Differentiële bodemstijging	De bodem kan ongelijkmatig stijgen over tektonische breuken
Diep grondwater	Stijgend mijnwater kan leiden tot stijging van de diepe grondwaterstand en beïnvloeding van de waterkwaliteit
Ondiep grondwater	Stijgend mijnwater kan leiden tot stijging van de ondiepe grondwaterstand
Aardbevingen	Stijgend mijnwater kan aardbevingen triggeren
Winning steenkool dicht onder de deklaag	Hierdoor is in het verleden bodemmateriaal weggespoeld en ontstonden verzakkingen/sinkholes.
Scheuren, drempels verzakkingen en boringen	Dit zijn zwaktezones in de ondergrond, ontstaan tijdens de mijnbouwperiode
Historische schachten	Historische schachten kunnen instorten.
Industriële schachten	Er is een klein risico dat sommige schachten instabiel worden en verzakkingen optreden
Mijnogas	Door stijgend mijnwater kan mijnogas ontsnappen.

3.1.1 Differentiële bodemstijging bij breuken

In het gehele gemeente gebied is gemiddeld genomen sprake van bodemstijging. Zolang het maaiveld gelijkmatig stijgt is er in beginsel geen probleem met infiltratie van hemelwater of bij constructies en infrastructuur. Daar waar ongelijkmatige bodembeweging heeft plaatsgevonden of nog steeds plaatsvindt kan dit echter wel een aandachtspunt zijn. Wat betreft differentiële bodemstijging is er nog geen data om de ordegrrootte inzichtelijk te maken, maar overal in het gemeente gebied kan dit voorkomen. Om de ordegrrootte inzichtelijk te maken zijn lokale metingen, waterpas-analyses, en analyses van satellietbeelden nodig. Drie gebieden in Limburg, langs de Heerlerheidebreuk in Geleen en de Feldbissbreuk in Brunssum en Eygelshoven, zijn wel benoemd als potentieel effectgebied. Hier kunnen ongelijkmatige stijgingen met grote hoogteverschillen die plotseling, stapsgewijs optreden, niet worden uitgesloten. Vervolgens is het risico op schade door deze ongelijkmatige stijgingen weliswaar laag, maar kan ook niet worden uitgesloten. Dit projectgebied ligt tegen zo'n invloedsgebied rondom een breuk aan (zie Afbeelding 10). Vanwege de mogelijke schade die kan ontstaan door ongelijkmatige bodembeweging is met het ministerie EZK afgesproken dat er nader onderzoek wordt gedaan. Hiervoor zijn in de zone over de Heerlerheidebreuk twee meetraaien gemaakt, die tweemaal per jaar worden gewaterpast. De meetperiode is tot nu toe te kort om hier uitspraak over te kunnen doen.

In het Geocontrol rapport uit 2022 is nader onderzoek gedaan naar de mogelijke heractivatie van drempels door stijgend mijnwater. Geocontrol gaat daarbij in op twee fenomenen, namelijk drempels die ontstaan zijn door de mijnbouw en drempels die het gevolg zijn van tektonische beweging langs breuken. Van de eerste categorie heeft Geocontrol geen bewijs gevonden dat stijgend mijnwater kan leiden tot activatie. Schade door bodembeweging bij breuk gerelateerde drempels sluit Geocontrol niet uit.

Dit projectgebied ligt buiten het potentieel effectgebied van de Heerlerheidebreuk, dus er zijn in principe geen gevolgen voor constructies. Zoals bovenstaand beschreven kan overal in gemeente gebieden sprake zijn van differentiële bodembeweging. Het is belangrijk dat de constructeur het mechanisme van differentiële bodembeweging begrijpt en hiermee rekening houdt bij het ontwerp van de constructie. In voorliggend geval zijn door ligging buiten effectgebieden geen specifieke maatregelen ten aanzien van de constructies noodzakelijk.

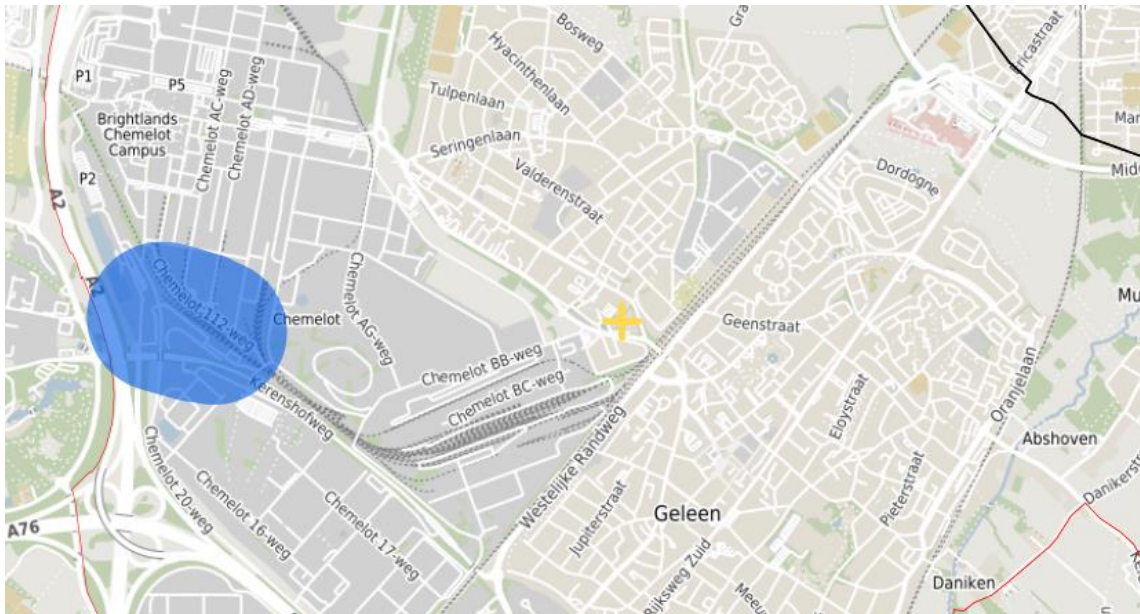


Afbeelding 10 Ligging potentiële invloedsgebieden (geel) langs breuken met het projectgebied bij het kruisje. De meetraaien zijn dwars op de breuk geprojecteerd (Bron: Gemeente Sittard-Geleen).

3.1.2 Ondiepe industriële winning en mijngangen

In delen van het mijngebied is steenkool tot dicht onder de bovenliggende deklaag gewonnen. In het rapport van de projectgroep GSZL is een onderscheid gemaakt in 3 gebieden: EK1, EK2 en EK3 gebieden. Dit zijn mogelijke effectgebieden (i.c. EK = Einwirkungsklasse). Bij een EK1 gebied is het risico aanwezig op bodembewegingen, verzakkingen en eventuele sinkholes. Een voorbeeld van een dergelijke gebeurtenis is

winkelcentrum 't Loon. Daar ontstond boven een ondiepe mijngalerij een sinkhole. In het onderzoek GS-ZL zijn 26 plaatsen in de Oostelijke Mijnstreek geïdentificeerd waar een zelfde situatie in de ondergrond bestaat en waar de kans bestaat op het ontstaan van een sinkhole. Mocht zo'n sinkhole ontstaan, dan kan dat in een zone erom heen ook leiden tot bodemdaling. Dit is aangeduid als EK2 gebied. Dit project ligt niet in een vergelijkbaar gebied. In Afbeelding 11 is dit weergegeven. Het projectgebied ligt bij het kruisje op de kaart; het ligt niet in een EK1,2 of 3 gebied.



Afbeelding 11 Ligging EK3 (blauwe vlek) – EK1/EK2 gebieden 'ondiepe' mijngangen zijn niet aanwezig op deze kaart. De ligging van het projectgebied is aangeduid met het gele kruis (Bron: Gemeente Sittard-Geleen)

Op Afbeelding 11 zijn geen mijngangen zichtbaar die relatief ondiep onder de deklaag zijn gemaakt (deze zijn normaliter in rood en blauwe dikke lijnen aangegeven). Dit zijn ook risicogebieden voor het ontstaan van kleinere sinkholes of verzakkingen; dit is een situatie dat de betreffende mijngang instort. In en rondom het projectgebied liggen geen ondiepe mijngangen.

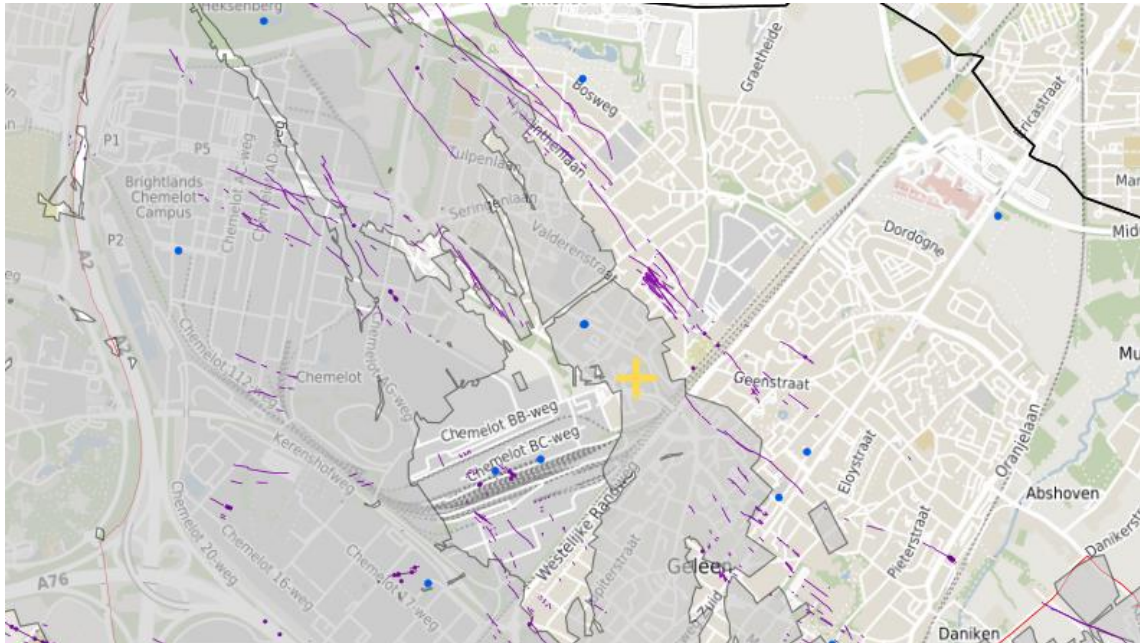
3.1.3 Scheuren, drempels, verzakkingen en boringen

Scheuren en drempels

Uit het GS-ZL onderzoek blijkt dat binnen het gemijnde gebied tijdens de mijntijd enkele 'drempels' zijn gekarteerd (Afbeelding 12). Drempels zijn zwaktezones in de ondergrond, ontstaan doordat de bodem tijdens de mijntijd, door het weghalen van de kolenlagen, flink is gezakt. Deze verzakkingen leidden tot horizontale 'rek' aan de randen van ontginningsgrenzen, waardoor scheuren ontstonden in de bovengrond. Deze scheuren zijn in het algemeen niet te diep. Uit referentie ("Onderzoek naar het verband tussen schade en de combinatie Breuken, drempels en stijgend mijnwater in Zuid-Limburg", Geocontrol rapport M02132 van februari 2022) blijken deze in het algemeen tot 8, maximaal 15 meter diep te zijn. Langs scheuren is vaak een verticale bodembeweging geweest, die aan maaiveld soms te zien was als een ware het een verkeersdrempel.

De scheuren en drempels werden tijdens de mijntijd gekarteerd door de mijnbedrijven, de mijn Willem-Sophia uitgezonderd. Deze kaarten geven een vrij goed beeld van de ligging van de drempels, het tijdstip waarop ze gekarteerd zijn en vaak ook over de hoek van de drempels ten opzichte van maaiveld. Scheuren en drempels werden daarentegen in het algemeen niet gekarteerd in destijds onbebouwd gebied. Dit omdat daar niet direct schade was te verwachten. Dit maakt dat de interpretatie van de drempelkaarten met enige voorbehoud moet worden gemaakt. Scheuren, drempels en verzakkingen ontstaan boven het gemijnde gebied, aan de randen daarvan, bij de zogenaamde afbouwgrenzen, in de buurt van tektonische breuken en op plekken waar op verschillende niveaus verschillende hoeveelheid steenkool werd weggehaald. Hoewel er in het projectgebied zelf

geen drempels zijn aangetroffen, zijn er in de directe omgeving wel veel drempels aangetroffen (zie Afbeelding 12). Een verklaring hiervoor is dat drempels en verzakkingen niet alleen boven het gemijnde gebied ontstaan, maar vooral ook aan de randen daarvan, bij de zogenaamde afbouwgrenzen, in de buurt van tectonische breuken en op plekken waar op verschillende niveaus verschillende hoeveelheden steenkool werd weggehaald. Dit projectgebied ligt op zo'n afbouwgrens (zie Afbeelding 9) en ligt bovendien dichtbij de Heerlerheidebreuk. Kijkend naar het patroon van drempels kan niet worden uitgesloten dat deze zich ook onder het projectgebied bevinden.



Afbeelding 12 Aanwezigheid van drempels, verzakkingen en neerwaartse boringen. Het projectgebied is aangeuid met het gele kruis. Bron: Gemeente Heerlen.

Verzakkingen en boringen

Uit de gegevens van de kaartviewer blijkt dat er zich in het projectgebied geen verzakkingen of oude neerwaartse boringen (blauwe cirkels) bevinden.

3.2 Na-ijlende effecten in relatie tot infiltratie en bebouwing

In Tabel 3 is wordt een overzicht gegeven van potentiële na-ijlende effecten van de mijnbouw en de relevante voor infiltratie en constructie.

Tabel 3: Overzicht potentiële na-ijlende effecten van de mijnbouw en relevantie voor infiltratie en constructie

Effect	Korte beschrijving	In welke mate relevant voor infiltratie
Regionale bodemstijging	Door stijgend mijnwater stijgt de bodem in het mijngebied.	Gelijkmatige bodemstijging is op zich geen belemmering voor infiltratie
Differentiële bodemstijging	De bodem kan ongelijkmatig stijgen over tektonische breuken	Binnen Sittard-Geleen liggen enkele risicogebieden. Het projectgebied ligt tegen een risicogebied aan. Bij het maken van constructies of infrastructuur moet met dit fenomeen rekening worden gehouden al is deze beweging beperkt. Voor infiltratie van hemelwater is differentiële bodembeweging niet beperkend.
Diep grondwater	Stijgend mijnwater kan leiden tot stijging van de diepe grondwaterstand en beïnvloeding van de waterkwaliteit	Niet van belang; met diepe grondwaterstand wordt het tweede watervoerende pakket bedoeld. Infiltratie vindt voornamelijk plaats in daarboven gelegen ondiepe bodemlagen.

Ondiep grondwater	Stijgend mijnwater kan leiden tot stijging van de ondiepe grondwaterstand	Bij infiltratie moet rekening worden gehouden met een ondiepe grondwaterstand die op termijn (beperkt) kan stijgen. De GHG op deze projectlocatie is ingeschat op circa 19 – 23,5 m onder maaiveld. Het ondiepe grondwater zal in de toekomst, als het mijnwater maximaal gestegen is, maximaal tussen 0,1 en 0,5 m gestegen zijn. Dit betekent dat de GHG dan ook potentieel mee kan stijgen. De GHG ligt zo ver onder maaiveld dat de bodem van eventuele infiltratievoorzieningen hier nog steeds ruim boven ligt. Dit aspect is dus niet relevant voor deze locatie.
Aardbevingen	Stijgend mijnwater kan aardbevingen triggeren	Ten opzichte van het natuurlijke aanwezige aardbevingsrisico geen aandachtspunt
Winning steenkool dicht onder de deklaag	Hierdoor is in het verleden bodemmateriaal weggespoeld en ontstonden verzakkingen/sinkholes.	EK1/EK2/EK3 gebieden Infiltratie van hemelwater kan het proces van wegspoelen van bodemmateriaal in de EK1 gebieden versnellen. Geadviseerd wordt om in EK1 gebieden geen infiltratie van hemelwater toe te staan. Hoewel in de literatuur geen gegevens bekend zijn over eventuele risico's van infiltratie in EK2 gebieden, wordt geadviseerd om ook in EK2 gebieden geen diepe infiltratie van hemelwater toe te staan. Ondiepe infiltratie kan wel. Voor EK3 gebieden zijn er geen belemmeringen. Dit projectgebied ligt niet in een EK1/EK2/EK3 gebied en er is dus geen belemmering voor infiltratie. Ondiepe mijngangen Daar waar in de ondergrond ondiepe mijngangen liggen waarbij eventuele instorting van de gang zich kan doorzetten naar het maaiveld moet ook worden afgezien van infiltratie van hemelwater. Voor deze gebieden wordt een veiligheidszone van > 10 meter aanbevolen. In dit projectgebied liggen geen relevante ondiepe mijngangen en er is dus geen belemmering voor infiltratie.
Scheuren, drempels verzakkingen en boringen.	Dit zijn zwaktezones in de ondergrond, ontstaan tijdens de mijnbouwperiode	Onder specifieke omstandigheden kan hemelwater-infiltratie leiden tot schade. Kijkend naar het patroon van de drempels kan niet uitgesloten worden dat deze niet in het projectgebied aanwezig zijn. Bij diepte-infiltratie dient hiermee rekening gehouden te worden. Boringen zijn geen risicofactor voor ondiepe of diepe infiltratie. Diepinfiltratie bij voorkeur wel op enige afstand van aanwezige oude neerwaartse boringen plaatsen. In dit projectgebied zijn geen oude neerwaartse boringen aangetroffen.
Industriële schachten	Er is een klein risico dat sommige schachten instabiel worden en verzakkingen optreden	Infiltratie van hemelwater kan dit proces versnellen. Geadviseerd wordt om geen infiltratie van hemelwater toe te staan binnen de schachtprotectiezones. Het projectgebied ligt niet in het invloedsgebied van een industriële schacht.
Mijngas en historische schachten	Door stijgend mijnwater kan mijngas ontsnappen. Historische schachten kunnen instorten.	Dit speelt alleen in Kerkrade. Voor de projectlocatie is dit niet relevant.

4 RISICOANALYSE

4.1 Risico's binnen het projectgebied

4.1.1 Constructies en infrastructuur

Het projectgebied ligt buiten het potentieel effectgebied van differentiële bodembeweging rondom de Heerlerheidebreuk, dus er zijn in principe geen gevolgen voor constructies. Omdat overal in gemijnde gebieden sprake kan zijn van differentiële bodembeweging is het belangrijk dat de constructeur het mechanisme van differentiële bodembeweging begrijpt en hiermee rekening houdt bij het ontwerp van de constructie.

4.1.2 Infiltratievoorzieningen

Ten aanzien van risico's voor infiltratiemogelijkheden zijn de aspecten differentiële bodembeweging en verzakkingen en boringen niet relevant maar kijkend naar het patroon van de scheuren en drempels kan niet uitgesloten worden dat deze niet in het projectgebied aanwezig zijn. In het geval van diepte-infiltratie zal hiermee rekening moeten worden gehouden, zie onderstaand.

4.2 Verschillende soorten infiltratievoorzieningen

In opdracht van de gemeente Heerlen is door Kragten een rapport opgesteld waarbij de nadelige effecten van de steenkoolwinning in relatie tot hemelwaterinfiltratie nader is beschreven (Nadelige effecten steenkoolwinning, onderzoek effecten en advies infiltratie, Kragten MIJ002-001 van 4 oktober 2023). Gezien de historie van steenkoolwinning binnen de gemeente Heerlen is er sprake van verzakkingen, stijgingen, drempels en scheuren. De gemeente Heerlen heeft, met het oog op de hemelwaterverordening, gevraagd om mogelijke gevolgen van deze effecten in relatie tot infiltratie van hemelwater in beeld te brengen. Deze conclusies kunnen ook gebruikt worden in de gemeente Sittard-Geleen.

In de voor de gemeente Heerlen opgestelde rapportage wordt geconcludeerd dat infiltratie van hemelwater veelal zonder risico's kan plaatsvinden. In enkele gevallen wordt afgeraden om hemelwater te infiltreren. Het betreft:

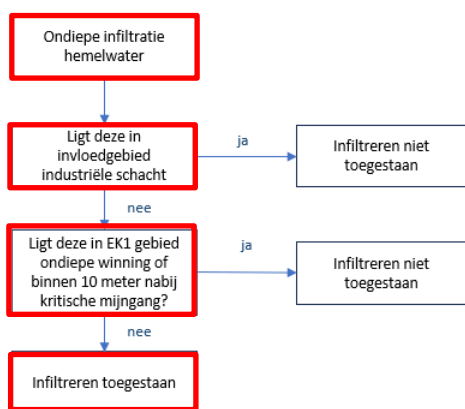
- infiltratie (diep en ondiep) in de zogenaamde EK1 gebieden;
- diepte infiltratie in de EK2 gebieden, ondiepe infiltratie in deze gebieden kan wel;
- infiltratie waar ondiepe mijngangen aanwezig zijn (de risicovolle mijngangen), inclusief een veiligheidszone van 10 meter;
- diepte-infiltratie ter plaatse van drempels;
- geen infiltratie ter plaatse van de schachtprotectiezones rondom de industriële schachten.

In deze studie maken wij onderscheid tussen:

1. ondiepe infiltratie van hemelwater (i.c. via ondiepe voorzieningen waarbij bodempassage plaats vindt via de onverzadigde zone)
2. diepinfiltratie

4.2.1 Ondiepe infiltratie van hemelwater

Ondiepe infiltratie van hemelwater refereert naar ondiepe voorzieningen (tot circa 5 m diep) waarbij bodempassage plaats vindt via de onverzadigde zone. Voor dit projectgebied brengt ondiepe infiltratie geen bijzondere risico's met zich mee (zie de beslisboom in Afbeelding 13). Het projectgebied ligt niet in het invloedsgebied van een industriële schacht, het ligt niet in een EK1 gebied en in of nabij het projectgebied zijn er geen ondiepe mijngangen aanwezig.



Afbeelding 13 Beslisboom ondiepe infiltratie (via de onverzadigde zone in de bovengrond), bron: Na-ijlende effecten steenkoolwinning, onderzoek effecten en advies infiltratie, Kragten M/J002-001 van 4 oktober 2023

4.2.2 Diepinfiltratie

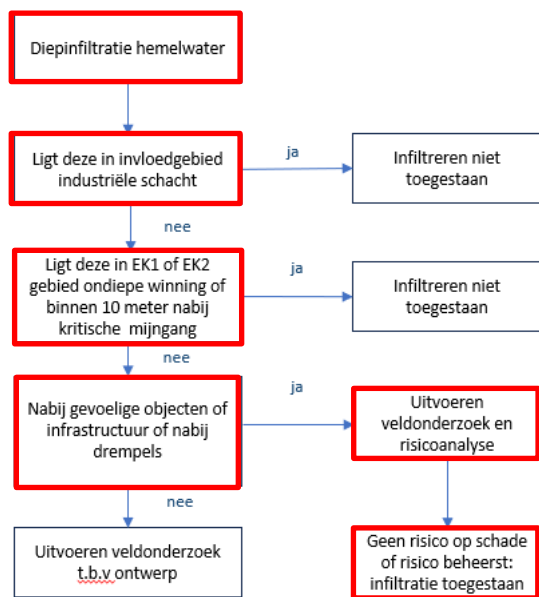
4.2.2.1 Via de onverzadigde zone

Net als ondiepe infiltratie dat via de onverzadigde zone loopt, kan diepinfiltratie (vanaf circa 5 m diep) via de onverzadigde zone op deze locatie ook, afhankelijk van de locatie van de infiltratievoorzieningen en de diepte van de palen. De bovenste circa 10 m bestaat uit de kleiige Formatie van Boxtel en de GHG ligt op circa 19 – 23,5 m onder maaiveld (zie paragraaf 2.3). Een aandachtspunt is de kleilaag uit de Formatie van Beegden die begint op circa 15 m onder maaiveld. Hierboven kan hangwater ontstaan waardoor dit een verzadigde zone kan zijn. Voor dit projectgebied is diepinfiltratie via de onverzadigde zone toegestaan (in relatie tot de na-ijlende effecten) en schatten we in dat er geen risico's zijn (zie de beslisboom in Afbeelding 13).

4.2.2.2 Rechtstreeks in de watervoerende laag

Voor diepinfiltratie rechtstreeks in de watervoerende laag geldt dat voor dit projectgebied enkel het voorkomen van scheuren en drempels een obstakel voor diepinfiltratie is (zie de beslisboom in Afbeelding 14). In dit geval beschouwen we als watervoerende laag het hangwater dat boven de kleilaag kan ontstaan op circa 15 m onder maaiveld. Het projectgebied ligt niet in het invloedsgedebied van een industriële schacht, het ligt niet in een EK3 zone, en in het projectgebied zijn er geen kritische mijngangen aanwezig. Hoewel er geen scheuren en drempels gekarteerd zijn, is het niet uit te sluiten dat deze niet in het projectgebied aanwezig zijn.

Dat we kritisch zijn op diepinfiltratie heeft ermee te maken dat er één casus bekend is waarbij infiltratie leidde tot scheurvorming en schade. Dit was daarbij ook nog eens een situatie waarbij geen hemelwater werd geïnfilteerd maar boorspoeling tijdens het maken van een diepe boring. De situatie is dus niet helemaal vergelijkbaar, maar het ging wel om infiltratie in een aanwezige drempel (Onderzoek naar het verband tussen schade en de combinatie Breuken, drempels en stijgend mijnwater in Zuid-Limburg, Geocontrol rapport M02132 van februari 2022). Naar analogie van deze gebeurtenis is het niet uit te sluiten dat er schade ontstaat als diepinfiltratie (direct in de watervoerende laag) toegepast wordt in een gebied waar drempels in de directe omgeving aangetroffen zijn. In het algemeen adviseert Kragten dan ook om door middel van veldonderzoek, zoals proefsleuven, de ligging van eventuele drempels te karteren. Worden drempels aangetroffen dan wordt geadviseerd om infiltratiepalen niet direct in de drempels te plaatsen.



Afbeelding 14 Beslisboom diepinfiltratie (tot in de watervoerende laag in de ondergrond), bron: Na-ijlende effecten steenkoolwinning, onderzoek effecten en advies infiltratie, Kragten M1J002-001 van 4 oktober 2023

4.3 Aardwarmtesystemen

Er zijn verschillende vormen van aardwarmtesystemen. Provincie Limburg heeft kansencarten voor gesloten Warmte Koude Opslag (WKO-) systemen en voor open WKO-systemen. Op deze locatie is de bodem goed geschikt voor gesloten WKO-systemen, deels goed en deels ongeschikt voor open WKO-systemen in het 1^e watervoerende pakket, en goed geschikt voor open WKO-systemen in het 2^{de} watervoerende pakket (zie Atlas Limburg). Het feit dat deze projectlocatie in voormalig steenkoolgebied ligt verandert die conclusies niet. Bij de aanleg van dit soort systemen dient wel altijd rekening gehouden te worden met de ligging van breuken. In dit geval is de ligging van de Heerlerheidebreuk een aandachtspunt bij het ontwerp van eventuele aardwarmtesystemen.

Hele diepe systemen rondom breuken zijn risicovol in verband met de opwekking van aardbevingen. We gaan ervanuit dat van dit soort systeem hier geen sprake is.

5 SAMENVATTING EN AANBEVELINGEN

In het kader van de beoogde herhuisvesting van Vidar naar een locatie aan de Tunnelstraat in Geleen is aan Kragten gevraagd om de aanwezigheid van na-ijlende effecten te bepalen omdat de ontwikkeling in het voormalig steenkoolgebied ligt.

5.1 Na-ijlende effecten

Het projectgebied ligt niet in het invloedsgebied van een industriële schacht, het ligt niet in een EK1,2 of 3 zone, en in of nabij de projectlocatie zijn geen ondiepe mijngangen aanwezig. Hoewel er in het projectgebied zelf geen scheuren en drempels zijn aangetroffen, zijn er in de directe omgeving wel drempels aangetroffen. Kijkend naar het patroon van de scheuren en drempels kan niet uitgesloten worden dat deze niet in het projectgebied aanwezig zijn. Verder ligt het projectgebied tegen een potentieel effectgebied van differentiële bodembeweging rondom de Heerlerheidebreuk aan.

5.2 Constructies en infrastructuur

Dit projectgebied ligt buiten het potentieel effectgebied van de Heerlerheidebreuk, dus er zijn in principe geen gevolgen voor constructies. Overal in gemeente gebieden kan sprake zijn van differentiële bodembeweging. Het is belangrijk dat de constructeur het mechanisme van differentiële bodembeweging begrijpt en hiermee rekening houdt bij het ontwerp van de constructie. In dit projectgebied zijn, door de ligging buiten effectgebieden, geen specifieke maatregelen ten aanzien van de constructies noodzakelijk.

5.3 Infiltratievoorzieningen

Ten aanzien van risico's voor infiltratiemogelijkheden is het aspect verzakkingen en boringen en differentiële bodembeweging niet relevant maar kijkend naar het patroon van de scheuren en drempels kan niet uitgesloten worden dat deze niet in het projectgebied aanwezig zijn.

De bovenste circa 10 m bestaat uit de kleiige Formatie van Bortel en het grondwater ligt diep onder maaiveld (GHG vanaf circa 19 – 23,5 m-mv). Omdat boven de kleilaag uit de Formatie van Beegden (die begint op circa 15 m onder maaiveld) hangwater kan ontstaan, beschouwen we dit als een verzadigde zone. We adviseren het volgende voor de verschillende opties van infiltratie:

Tabel 4: Overzicht van risico's per infiltratie systeem en advies

Type infiltratie systeem	Risico's	Advies
Ondiepe infiltratie van hemelwater	Weinig tot geen risico	Er is geen belemmering om hemelwater via de onverzadigde zone te infiltreren.
Diepinfiltratie via de onverzadigde zone		
Diepinfiltratie rechtstreeks in de watervoerende laag (in hangwater wat boven de leemlaag op ca. 15 m onder maaiveld kan ontstaan)	Potentieel risico door de mogelijke aanwezigheid van drempels	Ter plaatse van drempels wordt diepinfiltratie via infiltratiepalen afgeraden.

Alle vormen van diepinfiltratie beginnen bij circa 10 m onder maaiveld omdat de kleiige deklaag zo dik is. We adviseren vooraf te bespreken of het gewenst is om vanaf deze diepte hemelwater te infiltreren. Gemeente Heerlen stelt in hun hemelwaterverordening dat diepinfiltratie slechts tot 10 m diep gewenst is. Deze grens van 10 m komt waarschijnlijk voort uit een combinatie van praktische, ecologische, en juridische overwegingen (denk aan

drinkwaterbescherming, wet- en regelgeving rondom bevoegd gezag, financiële consequenties en technische uitvoerbaarheid).

Mocht besloten worden een infiltratievoorziening aan te leggen met infiltratiepalen tot direct in de watervoerende laag, dan adviseren wij om een aantal proefsleuven te graven, in oost-west ligging, dit gelet op de noord-zuid oriëntatie van de drempels. Zijn er in de proefsleuf aanwijzingen voor drempels (zwaktezones, verspringing in hoogteligging van bodemlagen) dan adviseren we om op die plaats geen diepinfiltratie rechtstreeks in de watervoerende laag toe te passen.

5.4 Aardwarmtesystemen

Het feit dat deze projectlocatie in voormalig steenkoolgebied ligt, verandert de conclusies van de kansenkaarten rondom WKO systemen niet. Bij de aanleg van dit soort systemen dient wel altijd rekening gehouden te worden met de ligging van breuken. In dit geval is de ligging van de Heerlerheidebreuk een aandachtspunt bij het ontwerp van eventuele aardwarmtesystemen.