

SEISMISCH RISICO BEHEERSPLAN

Aardwarmte Maasdijk

Documentnaam	Seismisch Risico Beheersplan – Aardwarmte Maasdijk
Auteur(s)	
Controle	
Versie	v_1.0
Datum	23-12-2021
Status	Compleet

Inhoudsopgave

1	Inleiding	3
2	Achtergrond	3
2.1	Historische seismiciteit	3
2.2	Mijnbouwactiviteit in de omgeving	3
3	Seismisch monitoring	3
3.1	Netwerk KNMI	3
3.2	Monitoring	4
4	SHA Level 2 Maasdijk	4
5	Damage State en relatie met magnitude	5
6	Seismisch Response Protocol	6
6.1	Seismisch Risico Coördinatie	7
6.2	Verkeerslichtsysteem (VLS)	7
6.3	Communicatie protocol	8
7	Bijlagen	10
7.1	SHA Panterra	10
7.2	Tektonische- en geïnduceerde bevingen KNMI	10

1 Inleiding

Aardwarmte Maasdijk (hierna MSD) is van plan 3 geothermische doubletten te ontwikkelen in Maasdijk. Bij dit project zal warmte worden geproduceerd uit aardlagen van de Schieland Groep. Als onderdeel van het pre-drill winningsplan is een seismisch risico analyse (SRA) volgens een Quick-Scan methode uitgevoerd. De uitkomst valt op het grensvlak van laag en medium seismisch potentieel. Als gevolg van deze uitkomst is er een locatie specifieke seismische dreigingsanalyse (SHA Level 2) uitgevoerd. Dit document beschrijft summier de resultaten van de studie en maatregelen om het seismisch risico te mitigeren.

Er vinden momenteel veel ontwikkelingen plaats met betrekking tot het beleid rondom seismisch risico. Als dit tot andere inzichten leidt zal MSD mogelijk een update indienen van dit beheersplan.

2 Achtergrond

2.1 Historische seismiciteit

Het overzicht van de tektonische- en geïnduceerde bevingen die door het KNMI zijn geregistreerd is opgenomen in bijlage 7.2. Zoals te zien is in dit overzicht is er nog nooit een beving geregistreerd in de buurt van de projectlocatie.

TNO AGE heeft in 2020 onderzoek gedaan naar de risico's van eventuele seismiciteit van geothermie¹. In deze studie is gekeken naar internationale analogen voor de Nederlandse situatie en wordt geconcludeerd dat er bij projecten met matrix gedomineerde stroming zoals het project Maasdijk, tot op heden geen seismiciteit ($M > 2,0$) is waargenomen. Ook bij Nederlandse systemen met matrix gedomineerde stroming zijn tot op heden geen bevingen ($M > 1,5$) geregistreerd.

2.2 Mijnbouwactiviteit in de omgeving

Binnen het bereik van de beoogde winningsvergunning van Maasdijk bevinden zich twee gasvelden; Maasdijk en Gaag. Deze gasvelden produceren uit het dieper gelegen Buntsandstein (Trias). Er wordt geen interferentie verwacht tussen deze velden en de geplande putten. De gasvelden vallen binnen een Seismisch Risico Categorie 2, voor deze categorie geldt dat er additionele monitoring wordt toegepast. De monitoring van deze velden geschiedt via het netwerk van KNMI.

Het Seismisch Risico Beheersplan voor deze velden is te vinden op de website van NAM², bij een beving van $M > 3$ is er verhoogde kans op schade en zal NAM stoppen met productie van het veld.

3 Seismisch monitoring

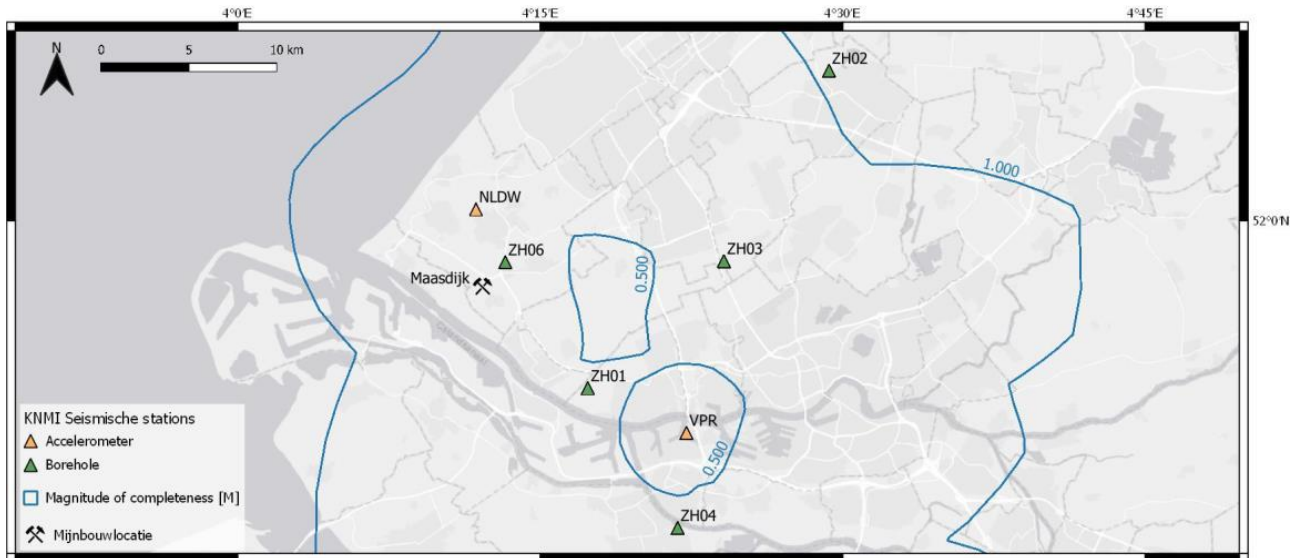
3.1 Netwerk KNMI

Het seismisch meetnetwerk van het KNMI³ in en nabij Westland bestaat momenteel uit vijf boorgatstations en twee versnellingsmeters aan het oppervlak (Figuur 1). Hiermee ligt de magnitude of completeness voor de mijnbouwlocatie Maasdijk tussen $M_{0,5}-1,0$.

¹ TNO (2020), Risico's van eventuele seismiciteit bij geothermie, AGE 20-10.036

² www.nam.nl

³ <https://www.knmi.nl/nederland-nu/seismologie/stations>



Figuur 1 Mijnbouwlocatie, de huidige distributie van KNMI seismisch meetstations, en de magnitude of completeness nabij Westland

3.2 Monitoring

Om een beeld te krijgen van de situatie voor de start van boren en exploitatie wordt voor het project “Maasdijk” sinds mei 2021 de seismische activiteit die is gemeten bij de regionale meetstations verwerkt. Hierbij gaat het met name om de data van de oppervlaktemeters en de diepste boorgatsensoren (-200 m diepte). Per meetsensor wordt de gemeten seismische activiteit voor de drie channels (meetrichting) geanalyseerd. Deze data worden vervolgens vergeleken door de tijd voor trendanalyse en naast de putactiviteitsdata gelegd voor potentiële correlatie. Daarenboven worden network coincidence triggers (waarbij op een kort interval, bij verschillende meetstations hoge waarden gemeten worden) gekarakteriseerd, en geëvalueerd of deze eventueel gerelateerd zijn aan activiteit nabij de mijnbouwlocatie.

De bevindingen worden maandelijks gesommeerd in het Veegeo Seismisch Monitoring Dashboard. Deze gaat gepaard met een toelichting waar de data en analyses in detail gerapporteerd en gedocumenteerd worden.

4 SHA Level 2 Maasdijk

Het project Maasdijk gaat in eerste instantie uit van exploitatie uit de Alblasserdam Member. De Delft Zandsteen zal alleen in gebruik worden genomen als de reservoir eigenschappen van de Alblasserdam Member significant lager zijn dan verwacht. De studie is voor beide scenario's uitgevoerd, dit beheersplan beperkt zich tot de Base Case; exploitatie van de Alblasserdam Member.

De studie zoals uitgevoerd door PanTerra voor het bepalen van de breukstabiliteit gebruikt twee geomechanische modellen; een analytisch 2D-model om de slipneiging (SCU) langs een breukvlak te berekenen, en een Stochastisch model (1D) gebaseerd op het Mohr-Coulombcriterium voor het berekenen van breukstabiliteit op het meest kritisch-gespannen punt op het breukvlak dat volgt uit de SCU. Samenvattend laat de model simulaties voor de Alblasserdam zien dat de breuken grenzend aan de drie doubletten onder de opgelegde temperatuurveranderingen na een periode van 30 jaar in 3-20% van de simulaties neiging hebben te gaan bewegen.

Om een conservatieve inschatting te maken voor het scenario waarin Delft + Alblasserdam beiden worden geperforeerd is aangenomen dat al het geproduceerde water (325 m³/h) in de Delft Zandsteen Member wordt geïnjecteerd. Dit resulteert door de geringe dikte van deze laag in een snelle migratie van het koude front naar de omliggende breuken en daarmee overschrijdt een groter deel van simulaties de SCU grenswaarde van 1, variërend per breuk tussen 27-42%. Aangezien slipneiging niet direct te vertalen is naar seismiciteit geeft dit geen percentage van seismisch risico weer.

De kans op slipneiging (SCU) van breuken als gevolg van injectie in de Delft Zandsteen Member en daarmee het risico op potentiële seismiteit is na 30 jaar exploitatie dus hoger in het fall-back scenario. Seismiteit als gevolg van exploitatie dient vermeden te worden, in het putontwerp is rekening gehouden met de mogelijkheid de Delft Zandsteen af te sluiten in de productie- en injectie put.

Omdat niet kan worden uitgesloten dat nabijgelegen breukvlakken door afkoeling kritisch gespannen kunnen raken wordt er een stoplichtsysteem opgesteld dat wordt beschreven in de volgende paragraaf.

Opmerkingen op basis van de uitgevoerde studie:

- De Shear Capacity Utilization (SCU) is een model om te slipneiging langs een breukvlak te berekenen; het geeft een indicatie van de neiging van een breuk om te gaan bewegen onder de opgelegde temperatuurveranderingen. De slipneiging is geen directe indicatie van seismiteit.
- Omdat er geen meetbare bevingen hebben plaatsgevonden die gekoppeld kunnen worden aan geothermie systemen met matrix permeabiliteit in Nederland of vergelijkbare geologische settings in het buitenland is het SCU model vooralsnog niet gekalibreerd.
- De velden Gaag (productie sinds 01-10-1989) en Maasdijk (productie sinds 01-01-1999) produceren uit de dieper gelegen Bundsandstein. Als gevolg van de drukdaling door productie in een olie- of gasveld treden in het reservoirgesteente spanningsveranderingen op. Spanningsverandering op een ondergrondse breuk kunnen leiden tot geïnduceerde bewegingen van het gesteente langs deze breuk. Aangezien er al meer dan 30 jaar productie uit deze velden plaatsvindt is het aannemelijk dat er al beïnvloeding van de natuurlijke stress heeft plaatsgevonden. De SHA houdt geen rekening met eventuele spanningsveranderingen in relatie tot de omliggende velden.

5 Damage State en relatie met magnitude

TNO (2020)¹ beschrijft in haar rapport ook de relatie tussen seismiteit en schade. De vorm en mate van schade kan worden ingedeeld volgens de EMS-98 Europese Macroseismische Schaal. Deze schaal geldt alleen voor gebouwschade: voor schade aan bijvoorbeeld industrie is een dergelijke schaal nog niet beschikbaar. Op basis van deze schaal kunnen vijf categorieën (Damage States) worden onderscheiden:

- DS1: verwaarloosbare tot kleine schade (I-VI)
- DS2: beperkte, herstelbare schade (VI)
- DS3: substantiële tot zware schade (VII)
- DS4: zeer zware schade (VII-VIII)
- DS5: verwoesting (VIII-XII)

PGV [cm/s]	0.01-0.02	0.03-0.09	0.07-23	0.2-0.6	0.5-1.6	1.3-4.4	3.5-11.6	9-31	25-82	66-219	176-584	> 412
PGA [cm/s ²]	0.2-1.2	0.6-3.0	1.5-7.3	4-18	9-43	21-105	51-258	126-630	310-1540	750-3540	1830-9170	> 4470
EMS Intensity	I not felt	II scarcely felt	III weakly felt	IV largely observed	V strongly felt, hair cracks	VI slight damages	VII dama-ging	VIII heavy damages	IX destruc-tive	X very destruc-tive	XI devas-tating	XII complete devas-tating
Depth [km]												
D [cm]	0.2 - 0.6	0.6 - 1.9	1.9 - 5.9	5.9 - 18.6	18.6 - 59	59 - 184	184 - 583	> 583				
L [km]	0.01 - 0.04	0.04 - 0.16	0.16 - 0.64	0.64 - 2.6	2.6 - 10	10 - 40	40 - 160	> 160				
Energy	1	× 32	× 1000	× 32,000	× 1,000,000	× 32,000,000	× 1,000,000,000	× 32,000,000,000				

Figuur 2 Relatie tussen breuklengte L, verplaatsing D, magnitude en diepte van bevingen en de macro-seismische intensiteit conform EMS-98, met bijbehorende bandbreedtes van Peak Ground Acceleration (PGA) en Peak Ground Velocity (PGV). Geselecteerde bevingen bij EGS operaties (groene sterren) en natuurlijke bevingen (rode sterren) zijn

weergegeven op hun diepte (bron: Zang, 2014). De relatie tussen magnitude en intensiteit is representatief voor gebieden met EGS systemen. De magnitudes van bevingen in het Groningen veld worden over het algemeen gekenmerkt door een hogere intensiteit dan de relatie in deze tabel, vanwege afwijkende lokale condities (b.v. door relatief grote kwetsbaarheid van huizen).

De nadelige effecten van eventuele aardbevingen bij geothermie verschillen qua aard niet van andere geïnduceerde bevingen, zoals bijvoorbeeld ten gevolge van gaswinning. Relatief kleine bevingen, tot ongeveer $M=2,5$, leiden volgens de EMS98 schaal niet tot nadelige effecten in termen van materiële schade en tot $M=3,5$ zijn de nadelige effecten beperkt tot eenvoudig herstelbare schade (meestal DS1, beperkt DS2).

De kans op het optreden van seismiteit met $M>3,5$ is zeer gering voor de reservoirs met matrix gedomineerde stroming zonder kritisch voorgespannen breuken. Dit wordt ondersteund door de beschikbare kennis met betrekking tot de mechanismen die leiden tot spanningsveranderingen op breuken en de afwezigheid van waargenomen bevingen bij vergelijkbare projecten¹.

Uit onderzoek naar bevingen als gevolg van hydraulisch stimuleren voor schaliegas⁴ en Enhanced Geothermal System (EGS) in Basel⁵ kan worden afgeleid dat er voor dit soort operaties een “trailing effect” bestaat. Dit houdt in dat er na de initiële beving nog een serie aan bevingen kan volgen. De magnitude van deze bevingen verschilt. In Basel was de sterkste beving $M_{0,8}$ hoger dan de initiële beving. Het “trailing effect” van bevingen als gevolg van hydraulisch stimuleren bij schaliegas was lager dan $M_{1,0}$ in 60% van de gevallen, in 23% van de gevallen $M_{1,0-2,0}$ en in 11% van de gevallen groter dan $M_{2,0}$. Hierbij moet voorop gesteld worden dat deze systemen geen goede analoog zijn voor een geothermische system met matrix permeabiliteit, en dat er geen gebruik gemaakt zal worden van hydraulische stimulatie in Maasdijk. De mogelijkheid van een “trailing effect” kan op dit moment echter niet uitgesloten worden. Aangezien er überhaupt nog geen bevingen als gevolg van geothermie exploitatie in geothermie systemen met matrix permeabiliteit is waargenomen en er dus ook geen data is om dit “trailing effect” beter te kwantificeren wordt er voor dit Seismisch Risico Beheersplan een “trailing effect” van maximaal $M_{1,0}$ aangenomen.

MSD stopt met productie als er een beving met magnitude van 2,0 of groter plaatsvindt in de directe omgeving van het project en als deze redelijkerwijs gekoppeld kan worden aan het geologisch model. Als er met een “trailing effect” van $M_{1,0}$ rekening wordt gehouden zullen deze bevingen een $M_{3,0}$ niet overschrijden en zal er volgens de EMS-98 richtlijn geen materiele schade plaatsvinden. Deze waarde sluit enigszins aan bij het beleid voor de omliggende velden Gaag en Maasdijk die worden ingesloten bij $M_{3,0}$.

6 Seismisch Response Protocol

Uit de SHA Level 2 is gebleken dat kritisch gespannen breuken als gevolg van afkoeling niet uitgesloten kunnen worden. Ondanks de kleine kans moet een beving die kan leiden tot schade nadrukkelijk vermeden worden. Dit Seismisch Risico Beheersplan beschrijft welke maatregelen genomen worden om de mogelijke consequenties van de winning van geothermie zo veel mogelijk te beperken. Dit kunnen maatregelen zijn waardoor bodembeweging voorkomen of beperkt kan worden, of maatregelen waarmee negatieve gevolgen voorkomen, beperkt of verzacht worden.

In dit plan wordt vastgelegd wat er met seismische gegevens wordt gedaan en welke situaties aanleiding geven tot het nemen van een mitigerende actie. In dit beheersplan is gekozen voor de aanpak met het zogenaamde verkeerslichtsysteem (VLS), waarbij per kleur wordt beschreven wat de mogelijke acties zijn en hoe er intern en extern wordt gecommuniceerd.

In overleg met SodM worden eventueel maatregelen op productie genomen om de kans op nieuwe bevingen te beperken.

⁴ Verdon, J.P. and Bommer, J.J. (2021). *Green, yellow, red, or out of the blue? An assessment of Traffic Light Schemes to mitigate the impact of hydraulic fracturing-induced seismicity.* *J Seismol* (2021) 25:301–326.

⁵ S. Baisch, P. Carstens, R. Vörös, K. Wittmann (2021). *(When) do earthquakes respect traffic lights?* QCon. 82nd EAGE Annual Conference & Exhibition.

6.1 Seismisch Risico Coördinatie

Integraal onderdeel van de exploitatiefase van MSD is het VG zorgsysteem. In het VG zorgsysteem voor de exploitatiefase is een Crisis Communication Plan (CCP) gedefinieerd. Hierin is het Crisis Team (CT) beschreven. In het kader van seismisch risico heeft MSD tevens een Seismisch Risico Coördinatie Team (SRCT) benoemd. De leden vormen het eerste contactpunt voor alles wat te maken heeft met seismiciteit. Bij seismische activiteit volgt het SRBT het escalatieproces zoals beschreven in het seismisch risicobeheerssysteem in het onderstaande verkeerslichtsysteem (Tabel 1).

6.2 Verkeerslichtsysteem (VLS)

Om materiële schade als gevolg van het optreden van seismiciteit te voorkomen moet het tempo van de aardwarmtewinning mogelijk worden aangepast of zelfs worden gestopt als bepaalde grenswaarden worden overschreden. Hiervoor is allereerst een continue monitoring voor seismische activiteit nodig, deze wordt geleverd door het KNMI. Naast de monitoring zelf is vervolgens van groot belang dat geregistreerde seismische activiteit in het gebied aan Maasdijk wordt gerapporteerd, dit wordt gedaan met het Veegeo Dashbord. Indien er een beving wordt gerapporteerd zal deze vergeleken worden met het geologisch model, de locatie van putten en breuken.

Indien er een beving wordt geregistreerd met een magnitude groter dan 2,0 zal de productie worden stopgezet. Een beving van M2,0 kan mogelijk gevoeld worden maar het is niet aannemelijk dat dit schade aan gebouwen kan veroorzaken.

Hierbij dient te worden benadrukt dat er in de buurt van de Maasdijk meerdere aardwarmtewinningen actief zijn in de diepe ondergrond als ook producerende koolwaterstof-voorkomens. Het vaststellen van een causaal verband tussen een geregistreerde aardbeving en exact welke winning dit heeft veroorzaakt is daarmee gecompliceerd en mogelijk niet onomstotelijk vast te stellen.

Tabel 1 Risicobeheerssysteem: communicatie- en actieplan bij een waargenomen beving

Magnitude	Escalatie	Interne communicatie	Acties	Externe communicatie
$M \leq 1,0$ <i>Doorgaan</i>	Normaal werkgebied <i>Kans dat er vragen komen</i>	Indien er een beving wordt gemeten komt SRCT op de eerste werkdag nadat de aardbeving is gecommuniceerd bijeen.	Indien er een beving wordt gemeten vergelijkt SRCT de plaats van de aardbeving met het geologische model, de locatie van putten en breuken.	- MSD informeert B&W van gemeente Westland. - MSD belt met SodM.
$1,0 < M < 2,0$ <i>Evalueren</i>	Seismische activiteit <i>Kans dat er vragen komen en dat de beving gevoeld is</i>	SRCT komt binnen 48 uur of op de eerste werkdag nadat de aardbeving is geregistreerd bijeen.	- SRCT vergelijkt de plaats van de aardbeving met het geologische model, de locatie van putten en breuken. - Herziening van aannames in het geologisch- en geomechanisch model en SHA. - MSD overlegt met toezichthouder (SodM).	- MSD belt met SodM. - MSD informeert B&W van gemeente Westland.
$M \geq 2,0$ <i>Stop</i>	Seismische activiteit <i>Kans dat de beving gevoeld is, kans op schade</i>	Het CT en SRCT komen direct gezamenlijk bijeen.	- MSD stopt productie. - SRCT vergelijkt de plaats van de aardbeving met het geologische model, de locatie van putten en breuken. - Herziening van aannames in het geologisch- en	- MSD belt met SodM. - MSD belt B&W van de gemeente Westland om afspraken te maken over schadeafhandeling en externe communicatie. - CT belt de veiligheidsregio Haaglanden voor

			geomechanisch model en SHA. • MSD zal productie pas hervatten na overleg met de toezichthouder (SodM) en communicatie met de omgeving. • MSD creëert capaciteit om meldingen van schade goed te behandelen.	afstemming crisis management.
--	--	--	---	-------------------------------

Een herhaling van kleinere bevingen kan zorgen voor een escalatie in het risicobeheerssysteem, deze escalatie is weergegeven in onderstaande tabel 2.

Tabel 2 Escalatie bij meer dan een enkele beving

Magnitude	Aantal bevingen in één jaar			
		1 beving	2 bevingen	3 bevingen en meer
	$M \leq 1,0$			
	$1,0 < M < 2,0$			
	$M \geq 2,0$			

6.3 Communicatie protocol

MSD heeft een communicatie protocol vastgesteld dat is verbonden aan het VLS zoals hierboven aangegeven. In geval er een status rood ontstaat is het communicatie protocol als volgt:

- **Binnen 12 uur na melding van een aardbeving:**
 - o MSD SRCT wordt door KNMI geïnformeerd en het SRCT informeert direct het CT;
 - o MSD belt met SodM;
 - o Contact met NAM en de omliggende aardwarmtewinningen (Trias Westland, Geothermie de Lier, Geopower Oudcamp, Green Well Westland, Nature's Heat en Aardwarmte Vogelaer) wordt gelegd;
 - o MSD belt het college van B&W van de gemeente Westland om afspraken te maken over schadeafhandeling en externe communicatie;
 - o CT belt de veiligheidsregio Haaglanden voor afstemming crisis management;
 - o MSD publiceert de aardbeving op haar website;
 - o De aardbeving wordt gecommuniceerd naar de omwonenden van de aardwarmtewinning via email en/of whatsapp;
 - o MSD informeert de aandeelhouders.
- **Binnen 48 uur na melding van een aardbeving:**
 - o MSD CT stelt een nader communicatieplan op en stelt nadere acties vast in overeenstemming met het CCP, in samenspraak met het SRCT en het bevoegd gezag.
- **Verdere acties die na 48 uur plaatsvinden:**
 - o MSD start met onderzoek van eventuele schadeclaims via aan te stellen onafhankelijke schade experts.
 - o Op de website zal informatie worden geplaatst omtrent het verwijzen naar mogelijkheden om een schadeclaim in te dienen als MSD wordt verbonden aan de opgetreden aardbeving.
 - o De aardbeving wordt nader toegelicht aan de omwonenden van de aardwarmtewinning via een inloopsessie.

De contactlijst voor de opvolging van een aardbeving is hieronder aangegeven en is toegevoegd aan het Maasdijk CCP. De lijst geeft aan wie contact heeft met welke personen en organisaties.

Organisatie	Persoon	Telefoonnummer	Verantwoordelijk
College B&W	(Burgemeester)		
Gemeente Westland		/	
SodM	Calamiteiten nummer		
NAM			
Geothermie de Lier			
Geopower Oudcamp			
Green Well Westland			
Nature`s Heat			
Aardwarmte Vogeleer			
Stareholders MSD:			
Cooperation MSD	Voorzitter		
HVC groep			
Capturam			
Omwonenden	Meerdere personen	Contact lijst omwonenden	

Contact informatie van de verantwoordelijke Maasdijk stafleden:

Marco van Soerland (directeur) –

Nico Tielens (exploitatie manager) –

7 Bijlagen

7.1 SHA level 2 (Panterra, 2021)

7.2 Tektonische- en geïnduceerde bevingen KNMI

