

Memorandum

From [REDACTED]
To Dhr [REDACTED], Twence
Date 21-07-2026
Subject Rapportage inzake bodemdaling ten behoeve van de bouw van een ijzerwatertank op het terrein van Twence.
Checked and approved by [REDACTED]

Inleiding

In dit memo wordt een samenvatting gegeven van de rapportages (opgesteld door Reinvent¹ en K-Utec²) over de bodemdaling als gevolg van voormalige zoutwinning ter plaatse van de bouwlocatie van een ijzerwatertank op het terrein van Twence. Het betreft een ijzerwatertank van ca. 7 m hoogte op een funderingsplaat van ca. 5 x 5 m.

In artikel 14.2.1 van het bestemmingsplan Boeldershoeek 2018 is opgenomen dat de aanvrager van een bouwvergunning informatie moet inwinnen over de mogelijke bodemdaling op de bouwlocatie. Dit memo is de schriftelijke rapportage van de prognose van de bodemdaling en de bijbehorende scheefstelling, horizontale vervorming, kromming en relatieve rotatie die van de bodemdaling afgeleid zijn. Daarmee geeft dit memo de informatie die conform het bestemmingsplan benodigd is.

Nobian is bij het opstellen van dit memo uitgegaan van de gegevens en informatie die ze op dit moment tot haar beschikking heeft. Aan de uitkomsten kunnen geen rechten ontleend worden. De rapportages van Reinvent en K-utec en de onderliggende rekenmethoden die ten grondslag liggen aan deze prognoses zijn bekend bij het Staatstoezicht op de Mijnen (SodM).

Inherente veiligheid en stabiliteit van cavernes

Bij de bepaling van het risico op bodemdaling als gevolg van cavernemigratie zijn twee zaken van belang:

- 1) Stabiliteit van de caverne
- 2) Inherente veiligheid van de caverne

Een caverne is stabiel als het zoutdak over de gehele breedte van de caverne de voorgeschreven dikte van 5 m heeft. Als het zoutdak niet over de gehele breedte van de caverne de voorgeschreven dikte heeft, is er een verhoogde kans dat de caverne van de originele positie in het zout richting het maaiveld zal migreren. De caverne is in dat geval potentieel instabiel.

Een caverne is inherent veilig als de caverne, wanneer deze zou gaan migreren, diep in de ondergrond stopt met migreren. Tijdens het migratieproces vult een caverne zich met gebroken gesteente dat meer ruimte inneemt dan het intacte gesteente. Dit 'bulking effect'

¹Reinvent, 2024, Update migration study – Report part 4 – Subsidence predictions for potential future migration and recommendations on mitigative action by means of backfilling, version V1

²K-Utec & Reinvent, 2024, Update migration study – Report part 2 – The Bekendam-Jakob-Pinkse (BJP) subsidence prognosis algorithm for migrating salt caverns in a bedded stratigraphy, Rev. 05-final

zorgt ervoor dat de caverne zichzelf gaandeweg opvult en kleiner wordt. Wanneer dit proces zodanig effectief is dat het migratieproces stopt voordat de caverne de overgang van gesteente- naar grondlagen bereikt, dan blijft de bodemdaling beperkt en is de caverne inherent veilig. Wanneer het migratieproces doorgaat en de overgang van gesteente naar grond bereikt, kan er een sinkhole of een bodemdalingstrog ontstaan en is de caverne niet inherent veilig. Het verloop van het migratieproces is afhankelijk van de cavernehoogte en -vorm en de dikte en sterkte van de gesteentelagen tussen het zout en de ondiepere grondlagen. Door met deze factoren rekening te houden kan het migratiemodel berekenen hoe ver een caverne kan migreren en hoeveel bodemdaling hierbij te verwachten is.

Maatregelen om schade te voorkomen

Sinds 2017 hanteert Nobian het 'Beleid Monitoren en Vullen Cavernes Twente' dat de opvolger is van de Subsidence Management Policy uit 2008. Eind 2024 zijn de uitkomsten van het vernieuwde migratiemodel hierin opgenomen. In maart 2026 is het nog geactualiseerd met de laatste inzichten. In dit beleid staan de volgende generieke maatregelen om bodemdaling door caverne-migratie te voorkomen:

1. Monitoring van de stabiliteit van cavernes met behulp van een microseismisch meetnet. Dit meetnet registreert vanaf de eerste signalen dat een caverne begint met migreren. Daardoor is de reactietijd zo kort als mogelijk.
2. Vijfjaarlijkse sonarmonitoring van niet inherent veilige cavernes.
3. Preventief vullen van deze cavernes met kalkslurry uit de pekelszuivering van Nobian. Hierdoor worden de cavernes preventief kleiner gemaakt. Wanneer ze zouden gaan migreren stopt het migratieproces hierdoor dieper in de ondergrond. Zo wordt het ontstaan van een sinkhole of bodemdalingstrog voorkomen. Er treedt nog wel beperkte bodemdaling op als gevolg van de deformatie in de ondergrond. Deze bodemdaling treedt geleidelijk op in de tijd en verspreidt zich over een groter gebied.

Cavernes in de nabijheid van de bouwlocatie

In Bijlage 1 is te zien dat de bouwlocatie zich boven caverne 100 bevindt en omgeven wordt door een aantal andere cavernes. In Tabel 1 is samengevat of de cavernes geclassificeerd zijn als 'Stabiel' of 'Potentieel instabiel' en of de cavernes wel of niet inherent veilig zijn. Voor de cavernes die potentieel instabiel of niet inherent veilig zijn is bekeken of de bouwlocatie binnen de invloedszone³ van deze cavernes valt. Hierbij is er rekening mee gehouden dat een caverne schuin naar boven kan migreren met een maximale hoek van 20° van het migratietraject ten opzichte van verticaal.

Caverne nr.	Bijbehorende putten	Stabiel / Potentieel instabiel / gemigreerd	Wel / niet inherent veilig	Bouwlocatie binnen / buiten invloedszone
60	60-61-62-62A	Potentieel instabiel	Niet inherent veilig	buiten
88	88-89	Stabiel	Inherent veilig	n.v.t.
100	100-101	Potentieel instabiel	Inherent veilig	binnen
102	102-103	Potentieel instabiel	Inherent veilig	binnen
146	146-147-147A	Stabiel	Inherent veilig	n.v.t.

Tabel 1 Overzicht omliggende cavernes

De conclusie uit Tabel 1 is dat de bouwlocatie binnen de invloedszone van twee potentieel instabiele cavernes ligt, namelijk caverne 100 en 102. Beide cavernes zijn inherent veilig.

³ De invloedszone is het gebied waar bodemdaling, scheefstelling en horizontale vervorming kan ontstaan als een caverne migreert

Caverne 100 heeft zout geproduceerd in de periode 1965-1989 via de putten 100 en 101. Van 1979 tot 1989 is er afwisselend tussen beide putten kalkslurry in de caverne gebracht. Het zoutdak van deze caverne was destijds al niet meer aanwezig. De putten zijn afgesloten in 1990. Dankzij de opvulling is de caverne inherent veilig. Wanneer deze caverne in de toekomst nog zou gaan migreren dan stopt dit proces op grote diepte waardoor het niet kan leiden tot een sinkhole of bodemdalingstrog. Er is dan nog wel een beperkte hoeveelheid bodemdaling te verwachten als gevolg van de deformatie in de diepe ondergrond. Hierop wordt in de volgende paragraaf ingegaan.

Caverne 102 heeft zout geproduceerd in de periode 1965-1999 via de putten 102 en 103. In de periodes 1979-1984 en 1990-1999 is er afwisselend tussen beide putten kalkslurry in de caverne gebracht. Het zoutdak van deze caverne was destijds al niet meer aanwezig. Dankzij de opvulling met kalkslurry is deze caverne inherent veilig. Wanneer deze caverne in de toekomst nog zou gaan migreren dan stopt dit proces op grote diepte waardoor het niet kan leiden tot een sinkhole of bodemdalingstrog. Er is dan nog wel een beperkte hoeveelheid bodemdaling te verwachten als gevolg van de deformatie in de diepe ondergrond. Hierop wordt in de volgende paragraaf ingegaan. Beide putten zijn nog niet afgesloten. In put 103 bevindt zich een hydrofoon die deel uitmaakt van het microseismisch meetnet.

Bodemdalingsprognose

De bodemdalingsprognose voor de bouwlocatie bestaat uit twee componenten:

- De reguliere bodemdaling door kruip van zout (maximaal 5 cm in 100 jaar)
- De extra bodemdaling die kan ontstaan wanneer caverne 100 en/of 102 zou gaan migreren in de toekomst.

Door Reinvent en K-utec is de hoeveelheid extra bodemdaling door migratie van de genoemde cavernes berekend. Naast de maximale hoeveelheid bodemdaling is ook de maximale scheefstelling, horizontale vervorming, kromming en relatieve rotatie van belang voor constructies. In Tabel 2 zijn de resultaten samengevat.

Caverne	Maximale bodemdaling [mm]	Maximale scheefstelling [mm/m]	Maximale horizontale vervorming [mm/m]	Maximale kromming [‰]	Maximale relatieve rotatie [‰]
100	190	1,2	1,3 (compressie)	0,04 (concaaf)	0,18 (concaaf)
102	50	1,0	0,6 (rek)	0,015 (convex)	0,08 (convex)

Tabel 2 Berekende bodemdaling, scheefstelling, horizontale vervorming, kromming en relatieve rotatie per caverne ter plaatse van de bouwlocatie

In Bijlage 2 en 3 is aangegeven hoe de bodemdaling, scheefstelling, horizontale vervorming, kromming en relatieve rotatie is verdeeld boven de cavernes en hoe dit zich verhoudt tot de bouwlocatie. Indien de beoogde locatie gewijzigd wordt, wat betreft plaats, grootte en/of vorm, dan zal bekeken moeten worden wat de invloed hiervan is op de in Tabel 2 gerapporteerde hoeveelheden.

Tot slot moet er bij alle cavernes rekening worden gehouden met de bodemdaling door zoutkruip van maximaal 5 cm in 100 jaar die voor het hele veld geldt.

Nobian adviseert om bij het ontwerp en de uitvoering van de te bouwen ijzerwatertank rekening te houden met de maximale bodemdaling zoals gepresenteerd in dit memo. Het

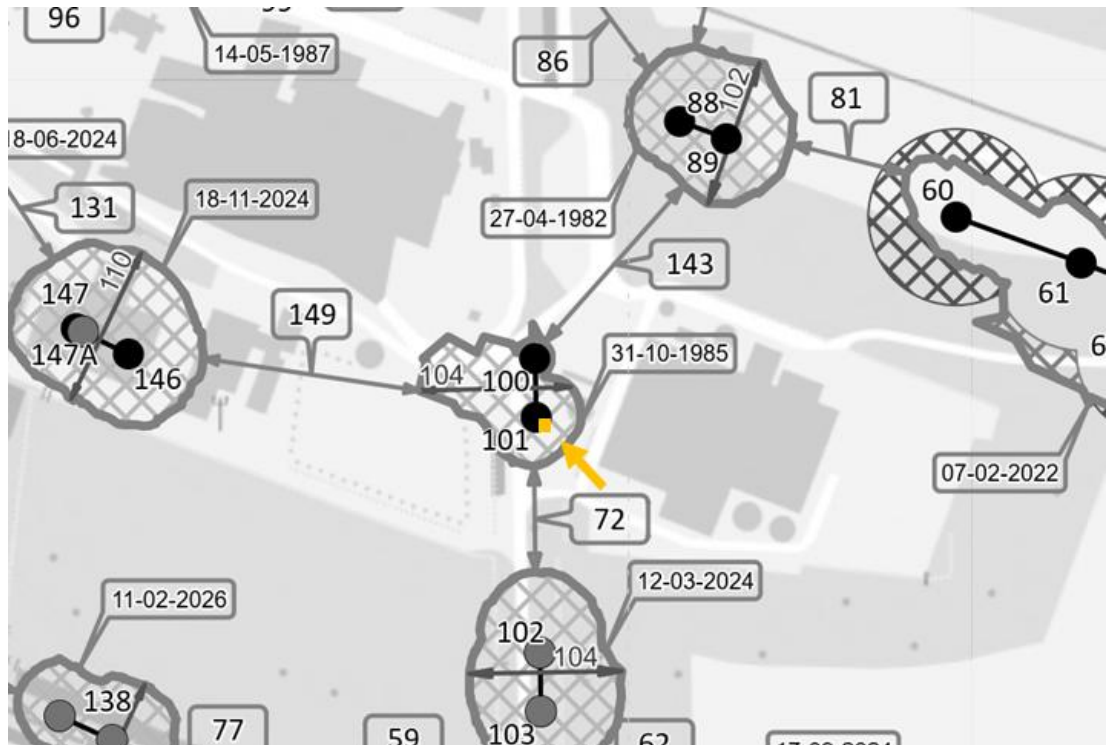
ontwerp en de constructie van de eventuele constructieonderdelen en/of installaties die gevoelig zijn voor verschilzakkingen vragen speciale aandacht.

Mocht u over dit alles nog vragen hebben, neemt u dan contact op met [REDACTED]
(E: [REDACTED] T: [REDACTED] .

Bijlagen

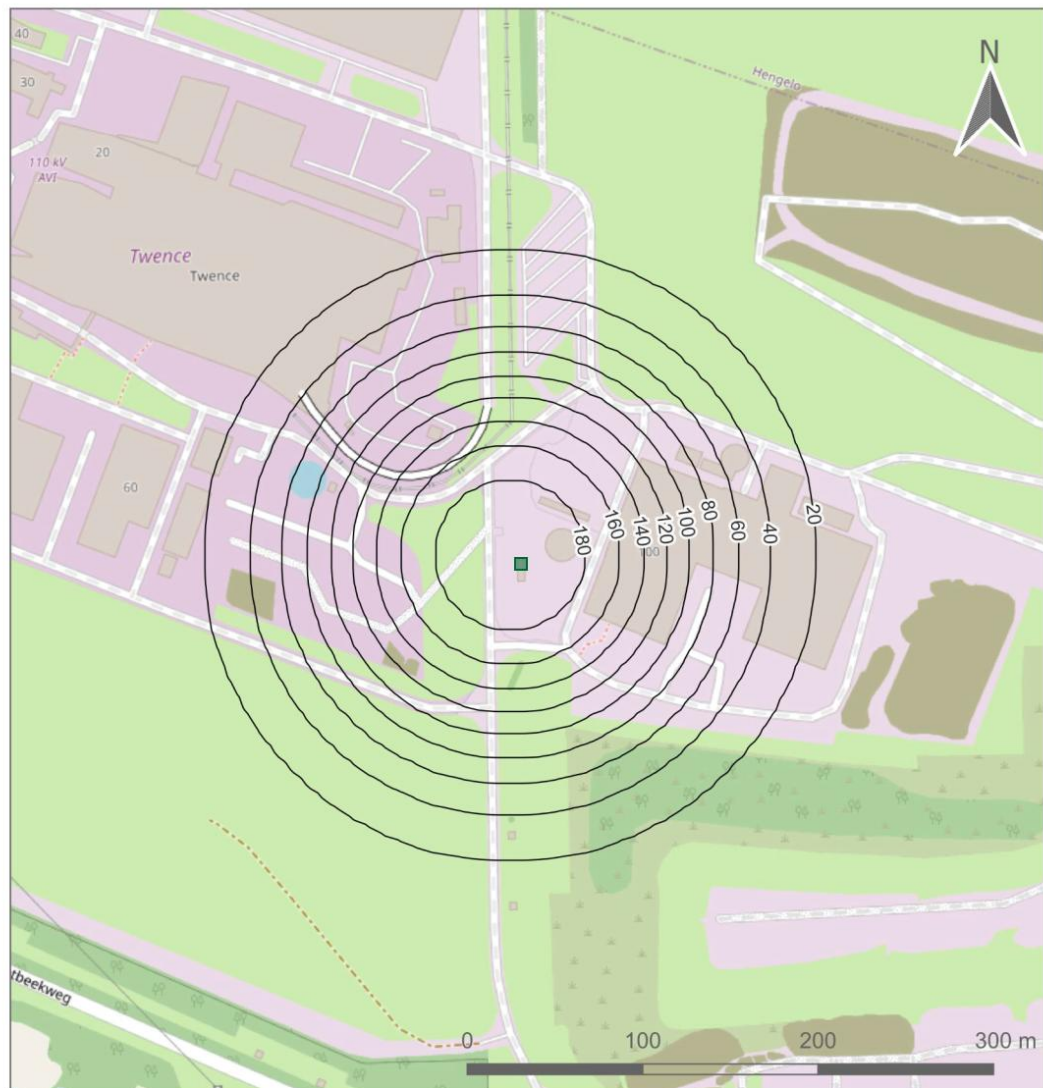
Bijlage 1:	Locatie van de te bouwen ijzerwatertank
Bijlage 2:	Worst-case prognoses van bodemdaling bij migratie van caverne 100
Bijlage 3:	Worst-case prognoses van bodemdaling bij migratie van caverne 102

Bijlage 1: Locatie van de te bouwen ijzerwatertank



Locatie te bouwen ijzerwatertank in geel, afgeleid uit tekening verstrekt door aanvrager

Bijlage 2: Worst-case prognoses van bodemdaling bij migratie van caverne 100



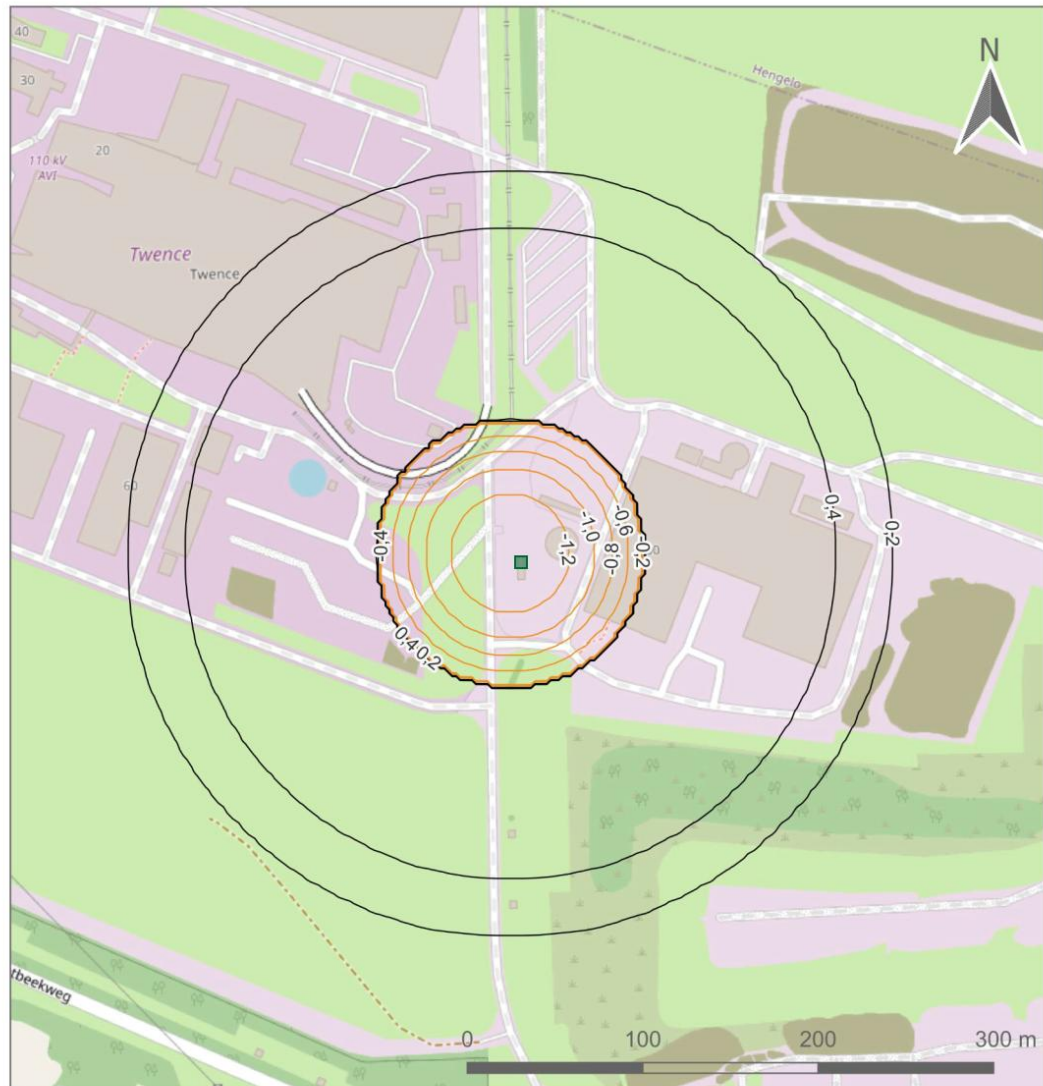
Bodemdaling (mm)

Auteur: Brinefield Technology

Datum: 14/07/2026

Achtergrond: Map tiles by CartoDB, under CC BY 3.0. Data by
OpenStreetMap, under ODbL.

Bij maximale migratie van de caverne, waarbij de
onzekerheid met betrekking tot schuine migratie is
inbegrepen.



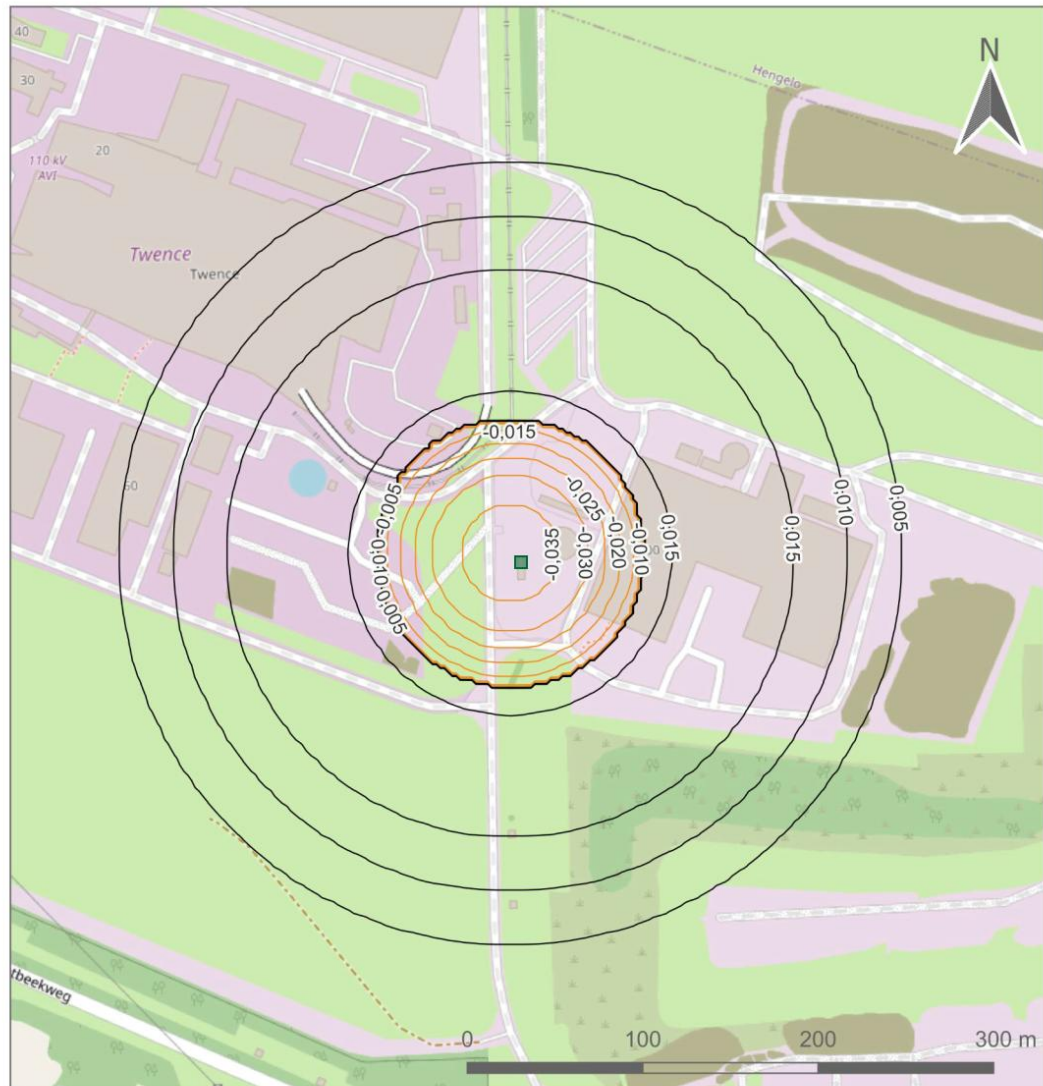
Horizontale vervorming (mm/m)

Auteur: Brinefield Technology

Datum: 14/07/2026

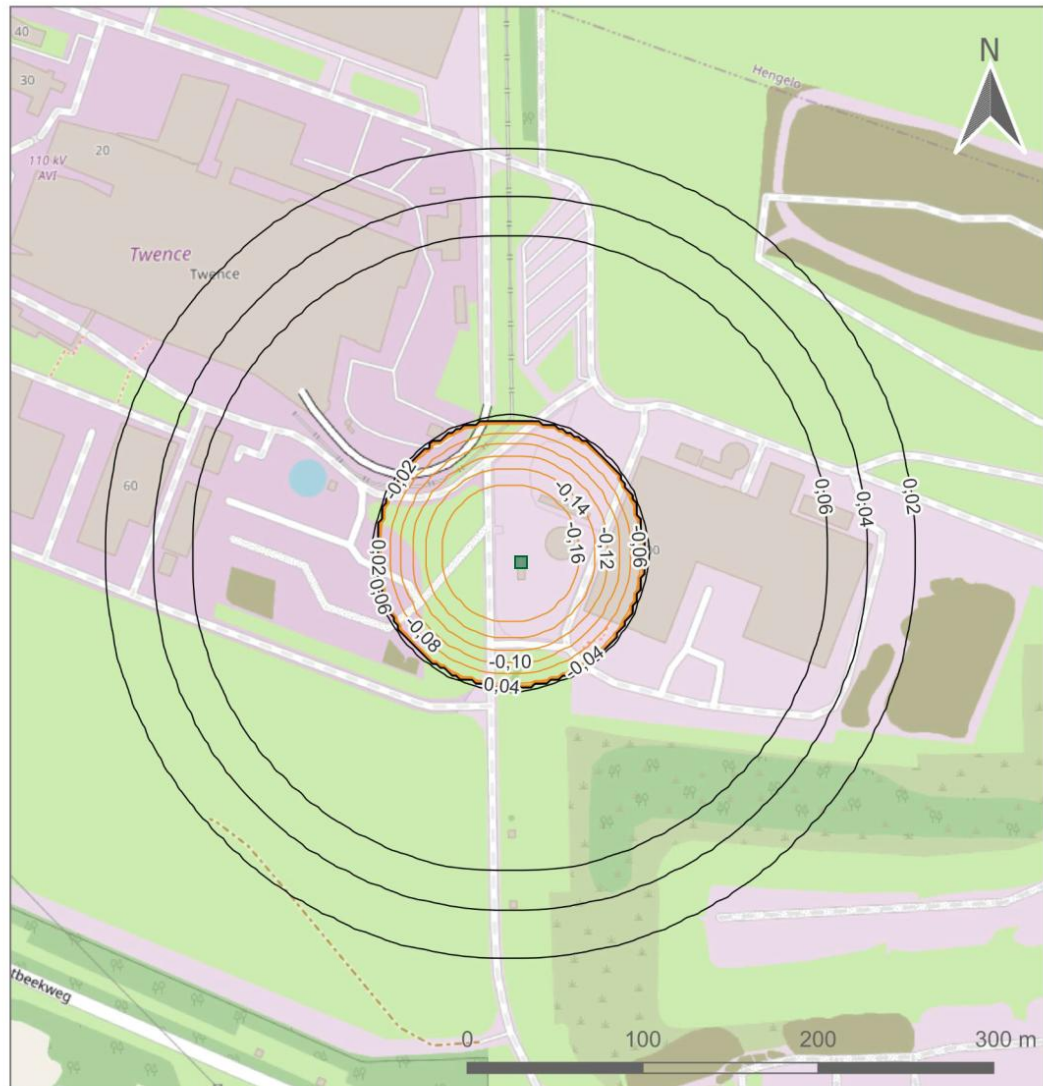
Achtergrond: Map tiles by CartoDB, under CC BY 3.0. Data by OpenStreetMap, under ODbL.

Bij maximale migratie van de caverne, waarbij de onzekerheid met betrekking tot schuine migratie is inbegrepen.



Kromming ($10^{-3}/m$)
Auteur: Brinefield Technology
Datum: 14/07/2026
Achtergrond: Map tiles by CartoDB, under CC BY 3.0. Data by OpenStreetMap, under ODbL.

Bij maximale migratie van de caverne, waarbij de onzekerheid met betrekking tot schuine migratie is inbegrepen.



Relatieve rotatie (gebouwlengte 10 m)
(10^{-3})

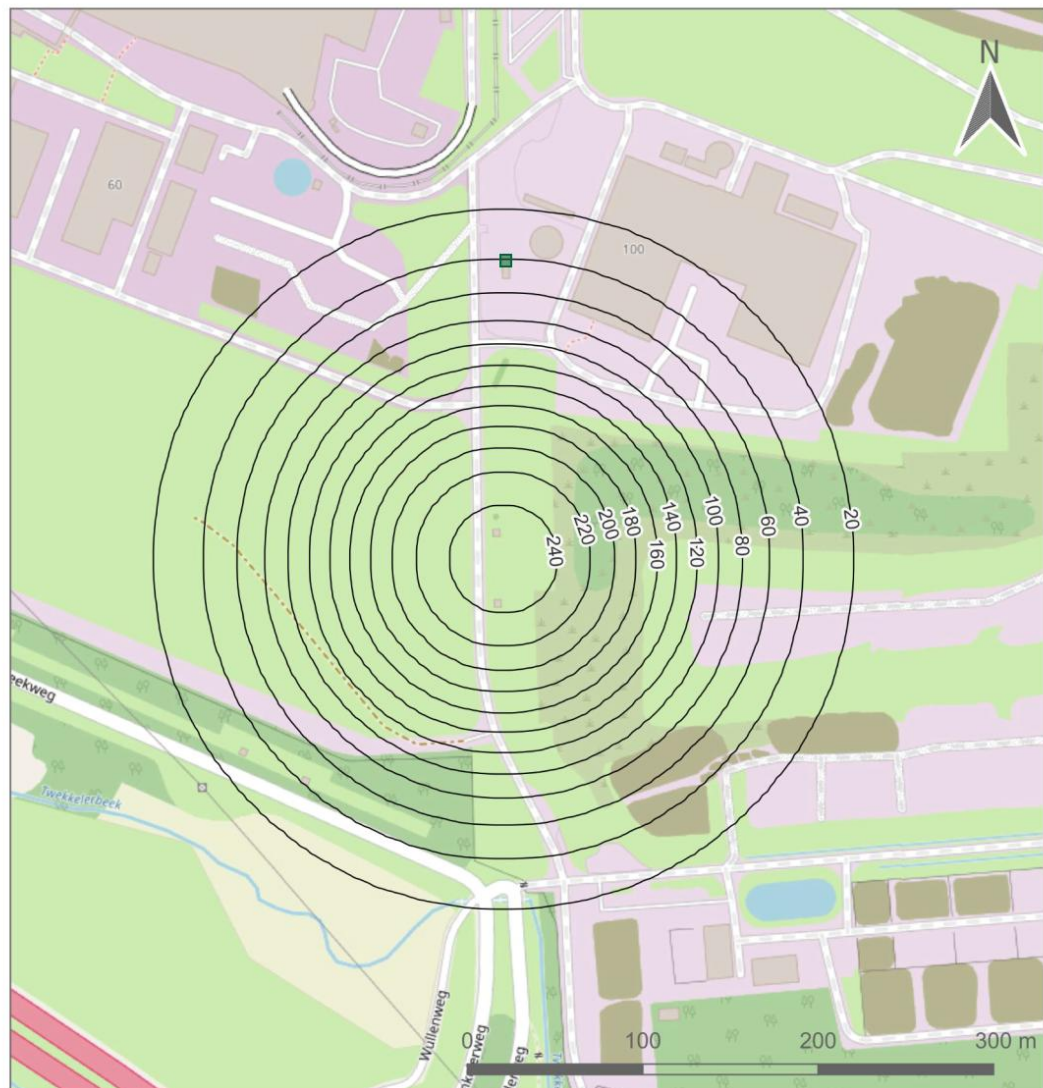
Auteur: Brinefield Technology

Datum: 14/07/2026

Achtergrond: Map tiles by CartoDB, under CC BY 3.0. Data by
OpenStreetMap, under ODbL.

Bij maximale migratie van de caverne, waarbij de
onzekerheid met betrekking tot schuine migratie is
inbegrepen.

Bijlage 3: Worst-case prognoses van bodemdaling bij migratie van caverne 102



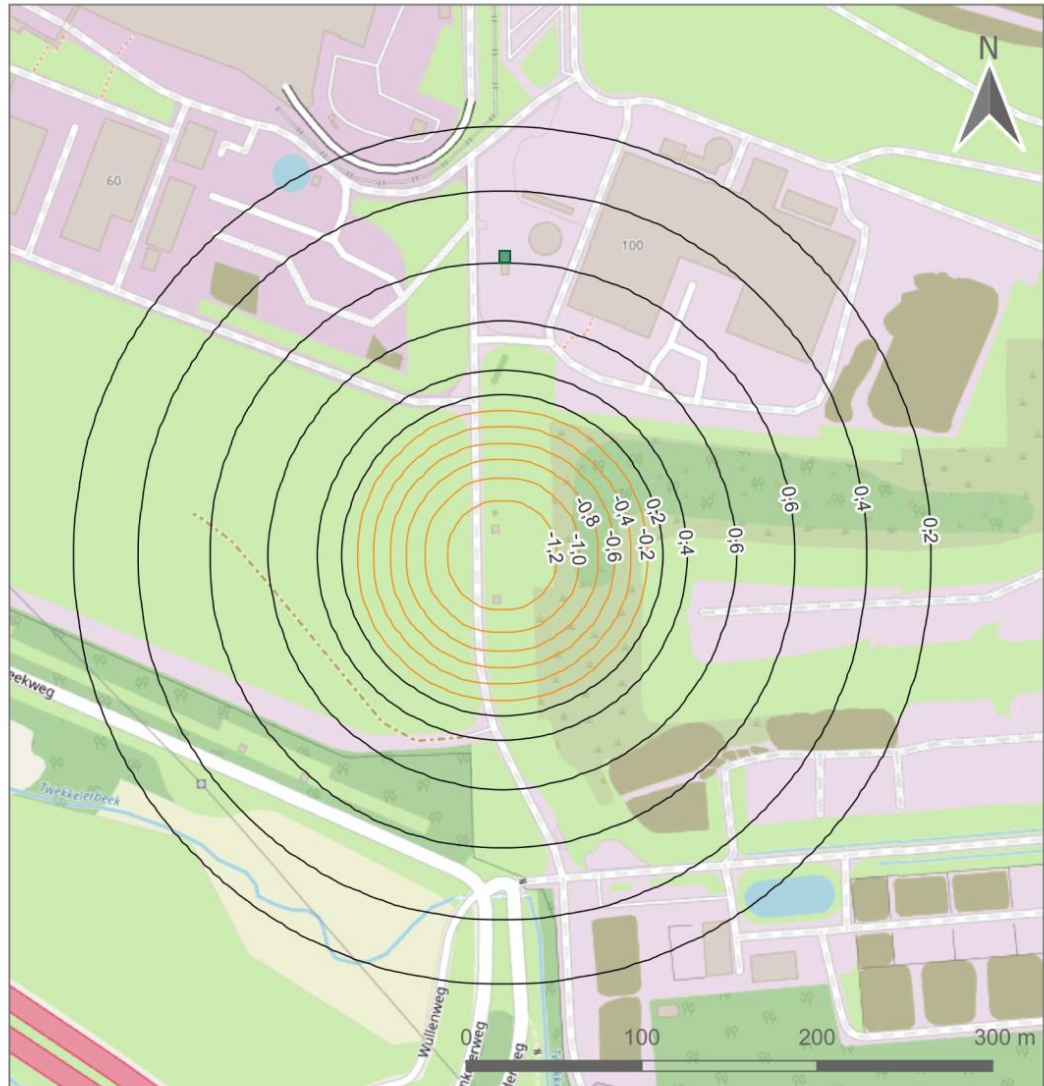
Bodemdaling (mm)

Auteur: Brinefield Technology

Datum: 14/07/2026

Achtergrond: Map tiles by CartoDB, under CC BY 3.0. Data by OpenStreetMap, under ODbL.

Bij maximale migratie van de caverne, waarbij de onzekerheid met betrekking tot schuine migratie is inbegrepen.

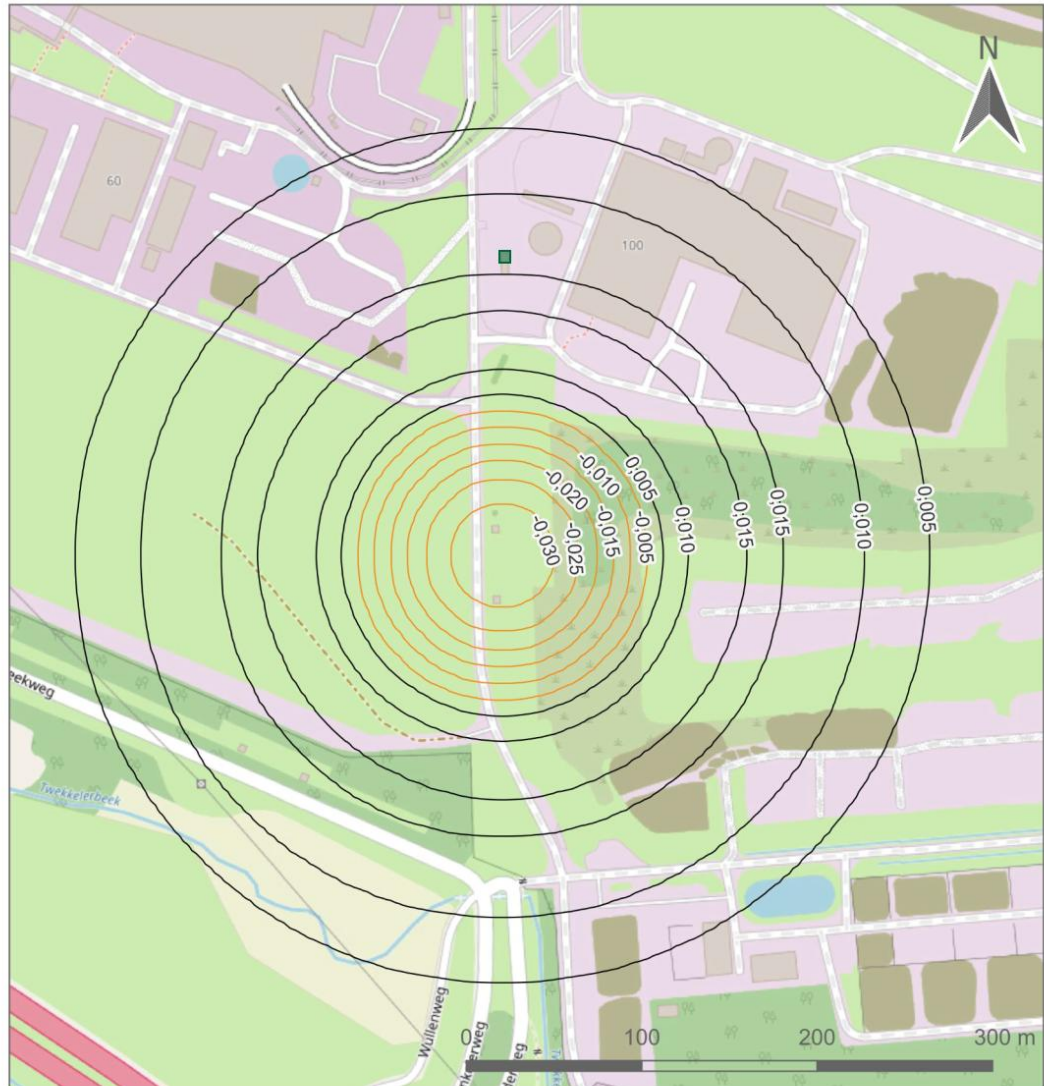


Auteur: Brinefield Technology

Achtergrond: Map tile

Achtergrond: Map tiles by CartoDB, under CC BY 3.0. Data by OpenStreetMap, under ODbL.

Bij maximale migratie van de caverne, waarbij de onzekerheid met betrekking tot schuine migratie is inbegrepen.



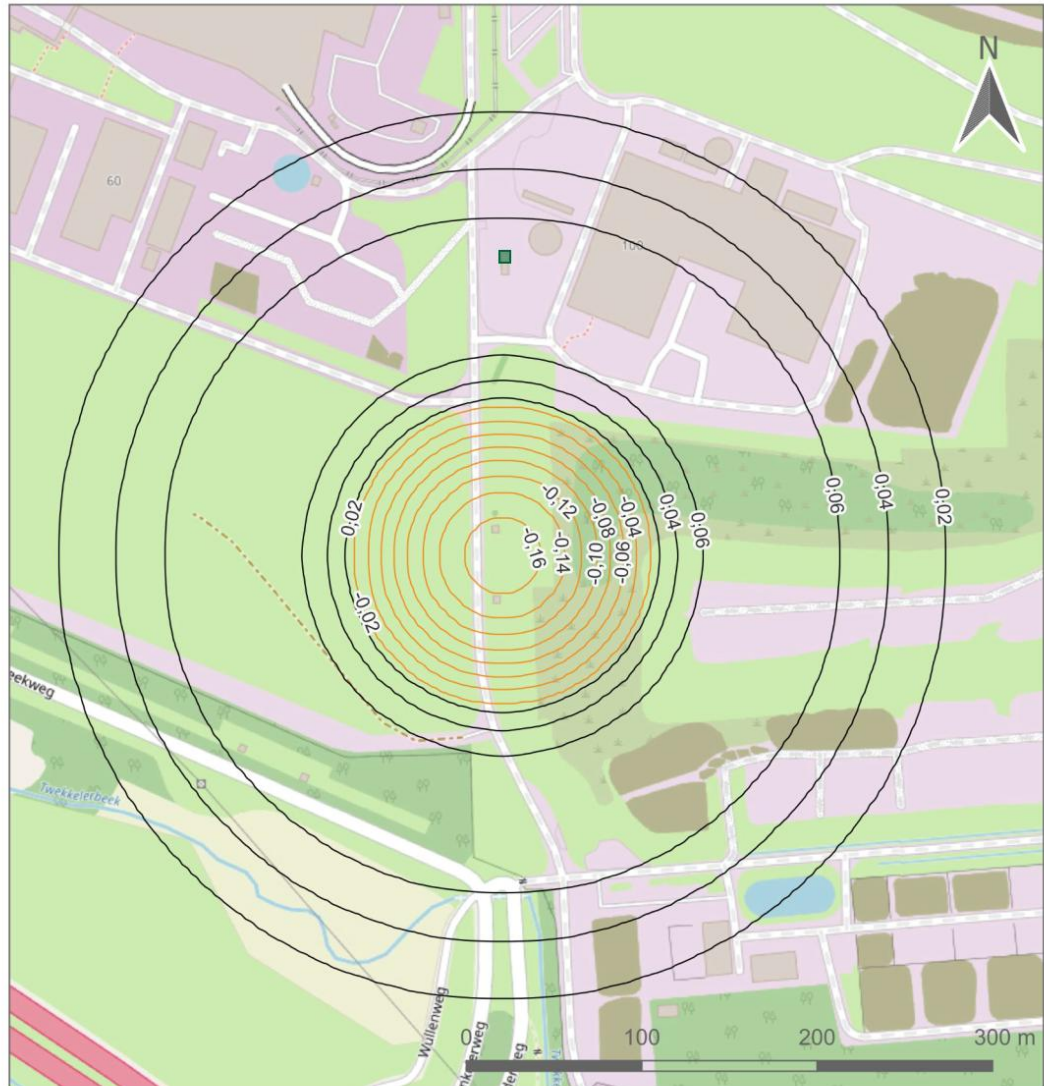
Kromming ($10^{-3}/m$)

Auteur: Brinefield Technology

Datum: 14/07/2026

Achtergrond: Map tiles by CartoDB, under CC BY 3.0. Data by OpenStreetMap, under ODbL.

Bij maximale migratie van de caverne, waarbij de onzekerheid met betrekking tot schuine migratie is inbegrepen.



Relatieve rotatie (gebouwlengte 10 m)
(10⁻³)

Auteur: Brinefield Technology

Datum: 14/07/2026

Achtergrond: Map tiles by CartoDB, under CC BY 3.0. Data by OpenStreetMap, under ODbL.

Bij maximale migratie van de caverne, waarbij de onzekerheid met betrekking tot schuine migratie is inbegrepen.