BIJLAGE

Beheersing risico's bij vergelijkbare objecten Prinses Margriettunnel
Vooralsnog zijn er geen technieken beschikbaar waarmee op een relatief eenvoudige wijze vastgesteld kan worden of en in hoeverre er al ankerpalen zijn bezweken in een fundering. Om het risico op bezwijken van de fundering te bepalen heeft Rijkswaterstaat de volgende maatregelen genomen:

- het installeren van een 24/7 monitoringssysteem voor het vroegtijdig herkennen van eventueel falen: total station system,
- het uitwerken van de bestaande satellietmetingen (InSAR) om mogelijke deformatie in het verleden in beeld te brengen,
- het uitvoeren van een risicoanalyse, bestaande uit een analyse van het ontwerp en veiligheids-/capaciteitsanalyse van de huidige fundering.

Op basis van de uitgevoerde analyse van de InSAR-data, huidige kennis van het faalmechanisme en de analyse van de indicatoren is een strategie gekozen waarbij een deel van een toerit als risicovol aangemerkt kan worden als aan bepaalde criteria voor grenswaarden aan verplaatsingen in verticale en horizontale richting wordt voldaan voor de periode van 2021-2023/2024.

Op basis van verder onderzoek (onder andere materiaaleigenschappen, analyse van de beweging van de elementen, het ontwerp en de veiligheids-/capaciteitsanalyse) wordt getracht verder inzicht in het faalmechanisme te vergroten. Daarmee kan de keuze voor de grenswaarden verder worden aangescherpt[1].

Uit het tot op heden uitgevoerde onderzoek komt naar voren dat er onderscheid gemaakt kan worden in twee categorieën van risico:

Basis risico	Verhoogd risico
In het verleden *geen* afwijkende beweging geconstateerd van moten van toerit of verdiepte ligging met InSAR-analyse of op basis van andere monitoring. Kans op te grote deformaties op korte termijn is relatief klein.	In het verleden *wel afwijkende* beweging geconstateerd van moten van toerit of verdiepte ligging met InSAR-analyse en/of op basis van andere monitoring. Substantiële kans op te grote deformaties in koude perioden en/of situatie met een hoge grondwaterstand (door veel neerslag of anderszins).

1. Monitoring en signalering

De uitwerking van de satellietmetingen voor signalering van de (opwaartse) bewegingen van tunneltoeritten betreft een ontwikkeltraject. Op basis van analyse van bestaande satellietmetingen is afgelopen maanden gebleken dat minimale bewegingen zichtbaar waren ongeveer één jaar voorafgaand aan het omhoogkomen van een tunneldeel van de Prinses Margriettunnel. Dit beeld is bevestigd door het recente onderzoek bij Vollenhoventunnel. De uitwerking van de satellietmetingen voor de andere objecten laat zien dat er bij de Eerste Heinenoordtunnel, de verdiepte ligging in het Kleinpolderplein en de Taxandriatunnel vooralsnog geen sprake is van minimale bewegingen. Er zijn dus geen aanwijzingen van het begin van falen van de paalfundering bij deze objecten.

Door gebruik te maken van het onderscheid in risicoprofiel kan het handelingsperspectief voor genoemde objecten per object worden uitgewerkt. Een monitoringsstrategie maakt het daarbij

[1] Maakt onderdeel uit van het momenteel lopende nadere onderzoek van Deltares|TNO. Resultaten worden verwacht begin 2025.

mogelijk om, met behulp van metingen, gerichte afwegingen te maken om een calamiteit zoals bij de Prinses Margriettunnel en de Vlaketunnel te voorkomen.

Op basis van de ervaringen die zijn opgedaan met de continue monitoring zoals die sinds eind 2023 functioneert op de genoemde objecten en de uitwerking van de historische InSAR tijdreeksenanalyse, zal onderstaande monitoringsstrategie ingericht worden voor de vier objecten:

		Monitoring		Object
Basis risico		InSAR (satellietmeting)	- 2x analyse INSAR / jaar	• Eerste Heinenoordtunnel (A29) • Verdiepte ligging Kleinpolderplein (A20) • Taxandriatunnel (A2)*)
		Reguliere deformatiemeting	- 1x / jaar	
		Peilbuis tbv grondwaterstandmeting	- continue meting (24/7)	
Verhoogd risico	cf. basis risico	InSAR (satellietmeting)	- 2x analyse INSAR / jaar	• Vollenhoventunnel (A28)
		Reguliere deformatiemeting	- 1x / jaar	
		Peilbuis tbv grondwaterstandmeting	- continue (24/7)	
	aanvullend	Continue deformatiemeting	- afweging techniek per object - continue meting (24/7)	

*) Bij Taxandriatunnel is vooralsnog geen sprake van een verhoogd risicoprofiel. Wel is na de uitwerking van de InSAR tijdreeksen over de afgelopen jaren gebleken dat deze nog onvoldoende nauwkeurig is. Daarom wordt voor Taxandriatunnel de komende jaren ook ingezet op aanvullende continue metingen van de deformatie.

Als onderdeel van het handelingsperspectief wordt vanaf 2025 twee keer per jaar een analyse van de satellietbeelden van deze objecten uitgevoerd. Indien een mogelijke beweging wordt gesignaleerd, dan wordt er op dat object overgegaan op een intensievere monitoring waarbij 24/7 gemeten wordt om vroegtijdig een eventueel falen te herkennen. Deze intensievere monitoring heeft plaatsgevonden vanaf december 2023 en wordt doorgezet tot mei 2025. Alleen bij Vollenhoventunnel zal dit systeem ook na mei 2025 noodzakelijk zijn.

Voor de Taxandriatunnel geldt dat door de ligging/oriëntatie van de tunnel en de afmetingen de satellietmetingen behoorlijk veel ruis laten zien. Dit maakt interpretatie lastig. Daarom wordt voor de Taxandriatunnel de komende jaren ook 24/7 gebruik gemaakt van intensievere monitoring. De resultaten van de metingen die sinds eind 2023 worden uitgevoerd op de Taxandriatunnel geven echter geen aanleiding om een begin van falen van de paalfundering te vermoeden.

2. Tijdelijke en definitieve maatregelen

Indien falen wordt geconstateerd, dan zijn er twee opties als tijdelijke maatregel: de grondwaterstand verlagen of ballast plaatsen. In de praktijk blijkt dat het verlagen van de grondwaterstand in de meeste gevallen niet haalbaar is, dus moet er ballast geplaatst worden.

Voor het definitieve herstel zijn er meerdere opties, van minder tot meer ingrijpende maatregelen:

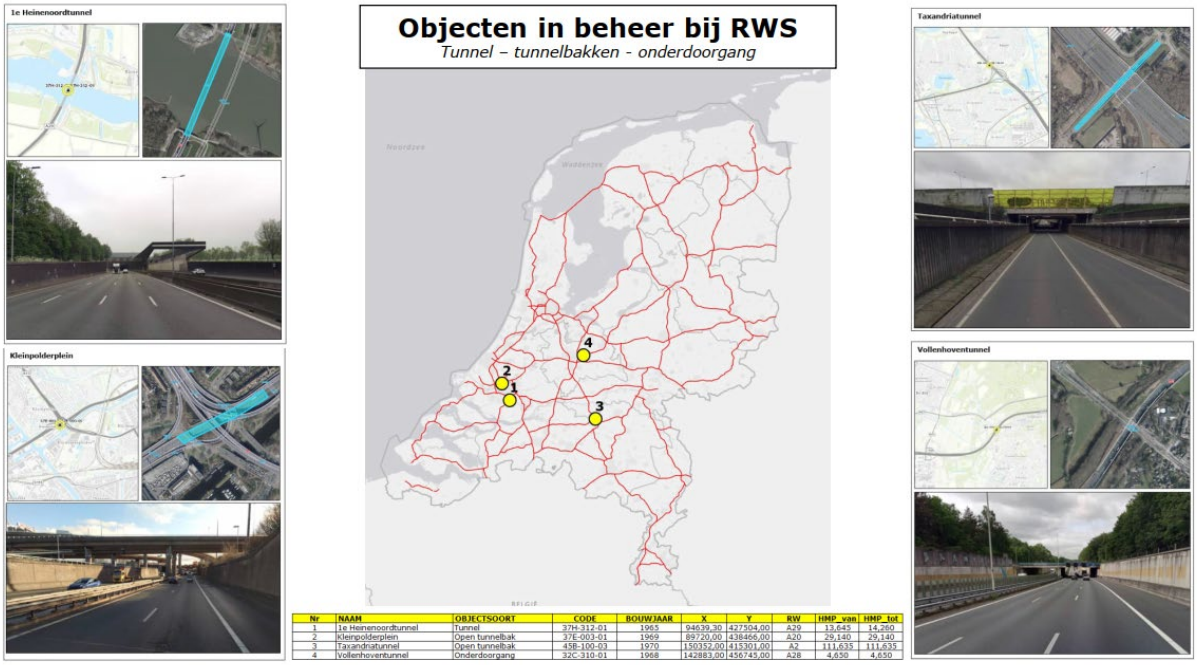
1. Verzwaren binnenzijde tunnelwanden
2. Verzwaren buitenzijde tunnelwanden
3. Aanbrengen wandankers
4. Definitieve ballast plaatsen
5. Permanente verlaging van de grondwaterstand
6. Nieuwe palen aanbrengen

Per object is op hoofdlijnen momenteel uitgewerkt welke maatregelen mogelijk zijn, zie onderstaande tabel 1.

Tabel 1. Overzicht van betreffende objecten en mogelijke maatregelen

	Nieuwe palen	Permananete GWS verlaging	Definitieve ballast	Aanbrengen wandankers	Verzwaren buitenzijde (ballast)	Verzwaren binnenzijde
1. Eerste Heinenoord tunnel (A29)						
2. Verdiepte ligging Kleinpolderplein (A20)						
3. Taxandriatunnel (A2)						
4. Vollenhoventunnel (A28)						

GROEN: technisch haalbare oplossing
ROOD: technisch onhaalbare oplossing
ORANJE: mogelijk technisch haalbare oplossing, vraagt nadere beschouwing



Nr	NAAM	OBJECTSOORT	CODE	BOUWJAAR	X	Y	RW	HMP_van	HMP_tot
1	1e Heinenoordtunnel	Tunnel	37H-312-01	1965	94639,30	427504,00	A29	13,645	14,260
2	Kleinpolderplein	Open tunnelbak	37E-003-01	1969	89720,00	438466,00	A20	29,140	29,140
3	Taxandriatunnel	Open tunnelbak	45B-100-03	1970	150352,00	415301,00	A2	111,635	111,635
4	Vollenhoventunnel	Onderdoorgang	32C-310-01	1968	142883,00	456745,00	A28	4,650	4,650