

Notitie

Constructieve beschouwing huidige situatie Torenwal/Hogewal

1 Inleiding

1.1 Algemeen

Als onderdeel van het Singelplan Woerden zijn werkzaamheden aan de bastions Torenwal en Hogewal voorzien. In Figuur 1.1 is de projectlocatie weergegeven.



Figuur 1.1 Bastions Torenwal en Hogewal met in geel indicatief de locatie huidige beschoeiing (Bron: Google Maps)

Het Singelplan is opgesteld met als vertrekpunt de slechte staat van de huidige beschoeiing van de Singels in Woerden. De functie van de beschoeiing is het beschermen van de oever. Ten behoeve van de veiligheid dient zodoende beschoeiing vervangen of geplaatst te worden.

Naar aanleiding van voorbereidende werkzaamheden bij de Torenwal en Hogewal hebben diverse belangenpartijen zich verdiept in de uit te voeren werkzaamheden. De uitvoering is op aangeven van de belangenpartijen en vragen vanuit de gemeenteraad opgeschort.

1.2 Doel

De gemeente Woerden heeft Sweco gevraagd een analyse uit te voeren met betrekking tot de huidige situatie en de eventuele noodzaak van het plaatsen van een beschoeiing. De uitgangspunten van deze analyse en de bevindingen zijn in deze notitie samengevat.

2 Uitgangspunten

2.1 Brondocumenten

Voor het opstellen van deze notitie is gebruik gemaakt van de volgende documenten:

- Gemeente Woerden (2014), 'Singelplan Woerden', met kenmerk Corsadocument 14i.04283, 7 oktober 2014;
- Gemeente Woerden (2022), 'Raadsinformatiebrief Vestingwerk bastions Torenwal en Hogewal', met kenmerk Z/21/28295 / D/21/041206, 11 januari 2022;
- Snetselaar (2016), 'Vervangen Walbeschoeiing Singel fase 3b Woerden – Constructie walbeschoeiing', met referentie S-6790 RKS-01, 27 juni 2016;
- Van Dijk (2016), 'Renovatie Singel Fase 3A+3B – Woerden', opdrachtnummer 115850, 24 maart 2016;
- Sweco (2018TEK-a), 'Reconstructie Oevers Woerden – Overzicht deel 1 t/m 7 met indicatieve KLIC gegevens – Technische uitwerking' met tekeningnummer RB 2018-09 BVA KLIC, 23 mei 2018;

2.2 Huidige en toekomstige situatie

Vanaf de 16^e eeuw zijn de verdedigingswerken van Woerden steeds verder uitgebreid en gemoderniseerd, waaronder de bastions Torenwal en Hogewal. Deze zijn destijds gerealiseerd onder de steilste mogelijke hoek om deze zo ontoegankelijk mogelijk te maken en liepen door tot het bodemniveau van de Singel.

De van oorsprong scherpe hoeken van de bastions zijn in de loop van de tijd minder scherp geworden. De waarschijnlijke oorzaak hiervan is afkalving ten gevolge van erosie van het bastion, kruipvervorming en/of een (ondiepe) afschuiving. In Figuur 2.1 is de hoogtekartaart van de projectlocatie weergegeven waarin de contouren van de bastions duidelijk zichtbaar zijn. De hoogtekartaart laat echter ook duidelijk de afwijkingen aan het profiel zien, zoals aan de noordzijde van de Torenwal en aan de zuidzijde van de Hogewal (wit omcirkeld).



Figuur 2.1 Hoogtekartaart Torenwal en Hogewal (Bron: AHN4)

Toen de bastions nog onderdeel waren van de vestingwerken waren deze naar alle waarschijnlijkheid begroeid met gras. Sinds omstreeks 1830 worden beide bastions gebruikt als begraafplaats. In de huidige situatie, zoals weergegeven in Figuur 2.2, zijn enkele bomen en veel opschot aanwezig op en rond de taluds.



Figuur 2.2 Huidige situatie Hogewal (Bron: Google Maps)

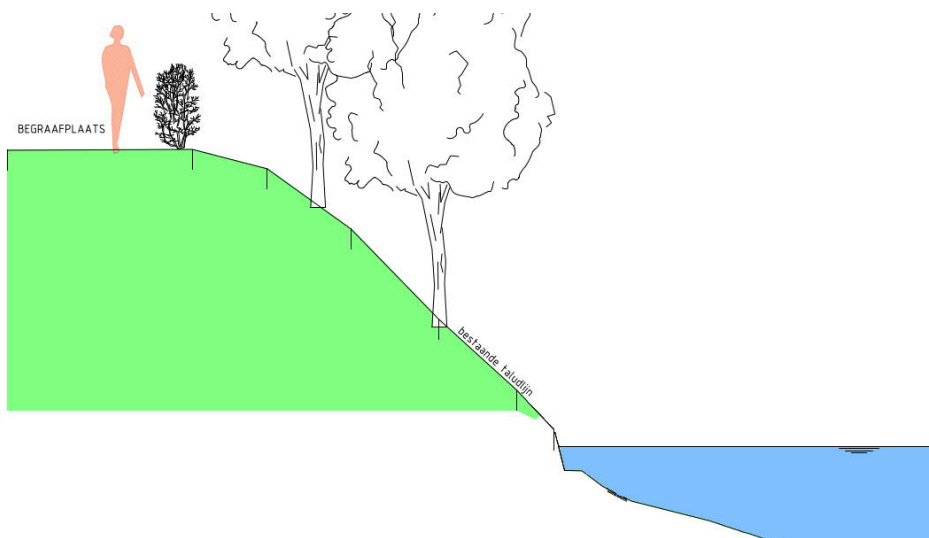
Het ontwerp is reeds enkele keren aangepast. In de laatste versie van het ontwerp wordt een beschoeiing gerealiseerd, conform het Singelplan Woerden, waarbij een uitgangspunt is om vanuit cultuurhistorische waarde de scherpe hoeken terug te brengen. Opschot en bomen die de realisatie van de beschoeiing in de weg staan worden verwijderd en de taluds worden ingezaaid met kruidig gras.

2.3 Uitgangspunten stabiliteitsanalyse

Om de stabiliteit van de huidige situatie te onderzoeken, is een berekening uitgevoerd op basis van de uitgangspunten die in deze paragraaf worden beschreven.

2.3.1 Geometrie

Voor de stabiliteitsanalyses wordt uitgegaan van de geometrie van de huidige situatie conform doorsnede 1-1 (Sweco, 2021TEK-a), weergegeven in Figuur 2.3. Het maaiveldniveau van de bastions bedraagt circa NAP +4,25 m en de taludhelling bedraagt circa 40°.



Figuur 2.3 Geometrie huidige situatie

2.3.2 Bodemopbouw en parameters

In het grondonderzoek (Van Dijk, 2016) zijn vier sonderingen uitgevoerd ter plaatse van de Torenwal en Hogewal, namelijk sondering 28 tot en met 31. Daarnaast zijn aan de overzijde van het water sondering 15 en 16 uitgevoerd. De bodemopbouw is overwegend zandig vanaf NAP -1 m. Daarboven bevindt zich de grond die is aangebracht voor de realisatie van de bastions. In de sonderingen heeft het materiaal een conusweerstand van circa 1 MPa en een wrijvingsgetal van 3 tot 5%. Voor de stabiliteitsanalyse is de volgende bodemopbouw met bijbehorende parameters aangehouden. De parameters zijn gebaseerd op tabel 2.b in NEN 9997-1:2017. Deze waarden zijn veilige waarden die gebruikt kunnen worden bij gebrek aan locatie specifieke parameters. Lokale parameters kunnen bepaald worden met behulp van laboratoriumonderzoek. Laboratoriumonderzoek uitvoeren betekent niet per definitie dat gunstigere parameters worden bepaald. Het onderzoek kan ook ongunstig uitpakken.

Tabel 2.1 Bodemopbouw en bijbehorende parameters

Grondsoort	b.k. laag [m NAP]	$\gamma/\gamma_{\text{sat}}$ [kN/m ³]	ϕ' [°]	c' [kPa]
Klei, zwak zandig, matig	+4,25	18/18	22,5	5,0
Zand, los tot matig	-1,00	18/20	30,0	0,0

De Singel is onderdeel van peilgebied PG0714 van Hoogheemraadschap de Stichtse Rijnlanden. In dit peilgebied wordt een vast peil van NAP -0,45 m gehanteerd. Dit peil is tevens gehanteerd als grondwaterstand.

2.3.3 Overig

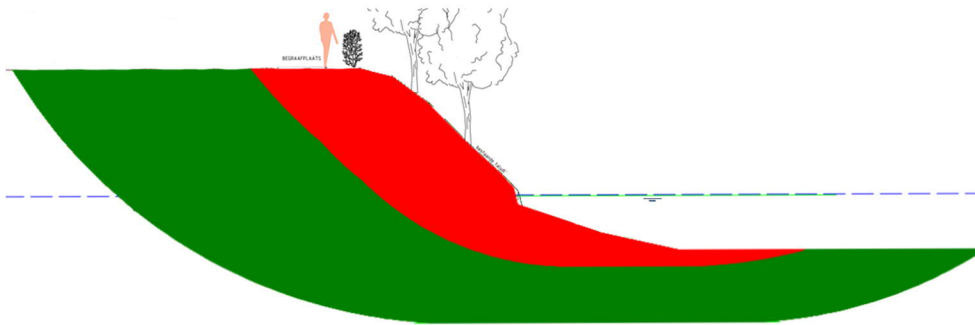
Voor de stabiliteitsberekeningen worden verder de volgende uitgangspunten aangehouden:

- De berekening wordt uitgevoerd met D-Geo Stability versie 18.1.
- De berekening wordt uitgevoerd in de BGT. Dit betekent dat er geen veiligheidsfactoren zijn meegenomen in de berekening.
- Op het bastion wordt rekening gehouden met een gelijkmatig verdeelde bovenbelasting van 2 kN/m² (\approx 200 kg/m²), rekening houdend met lichte onderhoudsvoertuigen.
- In de berekening is geen additionele sterkte aan het talud toegekend die mogelijk wordt bijgedragen door bijvoorbeeld boomwortels. Deze zijn niet overal aanwezig en de bijdrage aan de sterkte is niet vast te stellen. Dit is een veilige aanname.

3 Noodzaak beschoeiing

3.1 Resultaat stabiliteitsberekening

In Figuur 3.1 is de safety overview van de huidige situatie weergegeven waarbij de geometrie zoals weergegeven in Figuur 2.3 is gebruikt als referentie. Voor de daadwerkelijke uitvoer van de berekening wordt verwezen naar Bijlage 1. In het rode gebied is de rekentechnische veiligheid op afschuiven kleiner dan 1,0. In het groene gebied is deze groter dan 1,0.



Figuur 3.1 Safety overview huidige situatie

Een veiligheid groter dan 1,0 is voldoende. Rekentechnisch is de stabiliteit van het beschouwde dwarsprofiel dus onvoldoende. In werkelijkheid is er nog geen afschuiving van deze omvang waargenomen. Dit komt waarschijnlijk doordat de berekeningen zijn uitgevoerd met karakteristieke grondparameters, wat betekent dat de kans dat de grond sterker is 95% is. Desondanks toont de berekening aan hoe kritisch de stabiliteit ligt.

De bovenbelasting, zoals bijvoorbeeld een licht onderhoudsvoertuig, heeft slechts een minimale invloed op de stabiliteit.

3.2 Oplossingsrichtingen

Verschillende belangenpartijen, zoals inwoners, cultuurhistorici, politiek en anderen, hebben bezwaar gemaakt tegen het aanbrengen van de beschoeiing. Zij zien bij voorkeur zo min mogelijk beschoeiing en stellen dat 'de wortels van de bomen op de taluds de boel bij elkaar houden en de beplanting uitspoeling voorkomt' en zien de wal liever vloeiend overgaan in het water. Indien een beschoeiing noodzakelijk is, zien zij deze bij voorkeur aan het zicht onttrokken, bijvoorbeeld onder water, en bij voorkeur zonder bomen te verwijderen om de natuurwaarden in stand te houden. Op basis van deze wensen de belangenpartijen en de gemeente Woerden zijn drie opties verkend.

3.2.1 Optie 1 – geen beschoeiing

Deze optie sluit het best aan bij de wensen van de meeste belanghebbenden; de huidige situatie wordt gehandhaafd. Op de lange termijn is de verwachting dat dit tot problemen zal kunnen leiden. Golven zullen tot verdere afkalving van de bastions leiden waardoor het risico op instabiliteit toeneemt. De bomen nabij de waterlijn zullen minder steun krijgen en hebben een verhoogd risico om om te vallen bij een storm met alle gevolgen van dien op de stabiliteit van de bastions. Gezien het feit dat ten gevolge van de klimaatverandering weersextremen, zoals zware stormen, vaker voorkomen, is dit een groeiend risico.

De rooms-katholieke kerk, eigenaar van het bastion en de begraafplaats op de Torenwal, zegt geen specifieke voorkeur te hebben qua uitstraling en stelt dat de bescherming tegen afschuiven van de wal en de graven daar bovenop hun prioriteit heeft. De optie om geen beschoeiing te plaatsen is vanuit hun standpunt gezien niet wenselijk. Meerdere graven liggen kort achter de haag in het rode gebied in Figuur 3.1.

De optie om geen beschoeiing te plaatsen rust vooral op het principe 'bewezen sterkte'. De maatgevende situatie die in het verleden is opgetreden, was onvoldoende om te leiden tot significant falen van het bastion. Het is echter niet uitgesloten dat in de toekomst een meer maatgevende situatie optreedt, bijvoorbeeld door hevige regenval, of dat door het afkalven van de bastions de maatgevende situatie uit het verleden in de toekomst wel tot falen leidt. Zeker gezien het feit dat er ten gevolge van de klimaatveranderingen meer weersextremen, zoals zware stormen, optreden.

3.2.2 Optie 2 – perkoenpalen

Deze optie is door belanghebbenden als tussenoptie voorgesteld. Perkoenpalen verkleinen de intensiteit van de golfslag op de bastions. Hoe dichter de palen op elkaar geplaatst worden, hoe kleiner de intensiteit van de golfslag. In combinatie met worteldoek wordt afkalving geminimaliseerd.

Het toepassen van perkoenpalen heeft ook een aantal nadelen:

- De palen zijn kort en dragen zodoende zeer weinig bij aan de stabiliteit.
- De palen vormen geen uniforme constructie en kunnen zodoende niet verankerd worden
- Omdat de palen onderling niet verbonden staan, zullen deze door verschillen in de belasting snel schots en scheef staan wat het beeld niet ten goede komt.
- De levensduur van houten constructies rond de waterlijn is, afhankelijk van de houtsoort, 10 tot 25 jaar. Dit brengt extra beheer en onderhoud met zich mee.

Deze optie is in essentie hetzelfde als optie 1 maar dan met een vertraging.

3.2.3 Optie 3 – constructieve beschoeiing

De constructieve beschoeiingen die zijn aangebracht binnen het Singelplan betreffen voornamelijk Prolock-beschoeiingen. Dit type beschoeiing kan verankerd worden aangebracht waardoor de beschoeiing een positieve bijdrage levert aan de stabiliteit. Daarnaast is deze beschoeiing volledig dicht en wordt hiermee afkalving voorkomen.

Omdat uit de berekening, zoals gepresenteerd in paragraaf 3.1, volgt dat de stabiliteit kritisch ligt, wordt het toepassen van een volwaardige (verankerde) beschoeiing noodzakelijk geacht. De beschoeiing zal zich onderaan het talud bevinden. Voor de oppervlakkige stabiliteit en ter voorkoming van uitspoeling is het van belang dat de taluds van enige vorm van begroeiing voorzien zijn, zoals ook in het huidige ontwerp is opgenomen.

De wens van de belangverenigingen om de bovenkant van de beschoeiing onder het wateroppervlak te houden, is mogelijk maar wordt niet geadviseerd vanwege het risico op afkalving door golfslag. De beschoeiing kan echter ook hoger in het talud aangebracht worden en vervolgens afgedekt worden met grond. Na enige afkalving komt de beschoeiing dan wel in het zicht en zal onderhoud gepleegd moeten worden. Zo bestaat er echter geen kans op doorgaande afkalving. Dit vergt wel extra inspanning en gaat mogelijk ten koste

van meer bomen (en natuurwaarden) gedurende de aanleg, en zorgt voor extra onderhoud om de situatie in stand te houden.

Daarnaast kan gekozen worden voor een uitvoeringsmethode met het doel om de natuurwaarden te behouden. Een voorbeeld hiervan is het toepassen van stalen buispalen die opgelengd worden indien nodig, zodat er minder werkruimte nodig is voor de installatie. Dit zou ten gunste zijn van het behoud van bomen en de natuurwaarden. Bomen die in de beschoeiingslijn staan moeten echter verwijderd worden. Er kan een optimale lijn gezocht worden om zoveel mogelijk bomen te behouden. Dit voorbeeld en andere specifieke uitvoeringswijzen zullen naar alle waarschijnlijkheid kostenverhogend zijn.

4 Conclusie

Als onderdeel van het Singelplan zijn werkzaamheden voorzien aan de bastions aan de Torenwal en Hogewal in Woerden. Naar aanleiding van voorbereidende werkzaamheden hebben diverse belangenpartijen zich verdiept in de uit te voeren werkzaamheden. De uitvoering is op aangeven van de belangenpartijen en vragen vanuit de gemeenteraad opgeschort. De gemeente Woerden heeft Sweco gevraagd een analyse uit te voeren met betrekking tot de huidige situatie en de eventuele noodzaak van het plaatsen van een beschoeiing.

Uit een beschouwing van de huidige situatie blijkt dat de stabiliteit rekentechnisch onvoldoende is. In werkelijkheid zijn er nog geen tekenen van een afschuiving van deze omvang waargenomen. Hiervoor zijn verschillende verklaringen. Desondanks toont dit aan hoe kritisch de stabiliteit ligt.

De diverse belangenpartijen hebben verschillende wensen geuit met betrekking tot de beschoeiing. Hiertoe zijn drie verschillende opties beschouwd:

- optie 1 – geen beschoeiing;
- optie 2 – perkoenpalen;
- optie 3 – constructieve beschoeiing,

Omdat de stabiliteit kritisch ligt, wordt het toepassen van een volwaardige (verankerde) constructieve beschoeiing noodzakelijk geacht en wordt zodoende geadviseerd optie 3 toe te passen. Er kan worden overwogen om de beschoeiing buiten het zicht te plaatsen om andere belanghebbenden tegemoet te komen. Dit vergt wel extra inspanning gedurende de aanleg en zorgt voor extra onderhoud om de situatie in stand te houden. Daarnaast kunnen met betrekking tot de uitvoering ook keuzes gemaakt worden om de natuurwaarden zo veel mogelijk in stand te houden. Deze keuzes zijn waarschijnlijk wel kostenverhogend.

Verantwoording

Titel: Constructieve beschouwing huidige situatie
Torenwal / Hogewal
Onderwerp: Memo noodzaak beschoeiing
Projectnummer: 51009883
Klant: Gemeente Woerden
Referentienummer: NL22-648800269-19837
Versie: D1.1

Datum: 29-03-2022

Auteur: ir. Jeroen Hermans – adviseur geotechniek
E-mailadres: geotechniek@sweco.nl

Gecontroleerd door: ir. Niels van Leeuwen – senior adviseur
geotechniek

Paraaf gecontroleerd:

Vrijgegeven door: ir. Marc Everaars – senior adviseur &
teamleider geotechniek

Paraaf vrijgegeven:

Bijlage 1 – Safety overview D-Geo Stability

29-03-2022

Versie: D1.1

