

Grondwatereffectberekening Paleis het Loo

Project: Grondwatereffectberekening Paleis het Loo
Datum: 16 september 2016
Auteur: Goswin van Staveren

1. Inleiding

Voor de ondergrondse uitbreiding van het museum Paleis het Loo is een voorlopig ontwerp gemaakt. Ten behoeve van de uitvoering van de ondergrondse uitbreiding en de daarin opgenomen onderaansluitingen aan de bestaande bebouwing is een bouwkuip benodigd. Voor de uitvoering van de bouwput is het toepassen van CSM wanden, stalen damwanden of diepwanden gecombineerd met een waterremmende injectielaag of onderwaterbeton voorzien. Ter plaatse van de onderaansluitingen zijn jetgroutwanden voorzien gecombineerd met onderwaterbeton.

De jetgroutwanden en eventuele CSM wanden of diepwanden vormen permanente hulpconstructies in de bodem. Ten behoeve van de te maken ontwerpkeuzen in de fase definitief ontwerp is het van belang te onderzoeken wat de invloed van de ondergrondse uitbreiding inclusief bouwput met eventuele achterblijvende hulpconstructies is op de grondwaterstanden rondom het Paleis het Loo ten gevolge de verandering van het grondwatersysteem.

2. Vraag

Aan LievensenseCSO is gevraagd om grondwatereffectberekeningen te doen van de voorliggende keuzes voor de uitvoering van de bouwput. Hierbij is de invloed van de meest ongunstige uitvoering van de bouwput op de grondwaterstanden beoordeeld. Dit betreft een uitvoering van de bouwkuip met CSM wanden gecombineerd met een waterremmende injectielaag, waarvan het diepste punt van de kelder op 9.14 m + NAP ligt en waarvan de bouwputwanden gaan tot een diepte van maximaal 6.5 m - NAP.

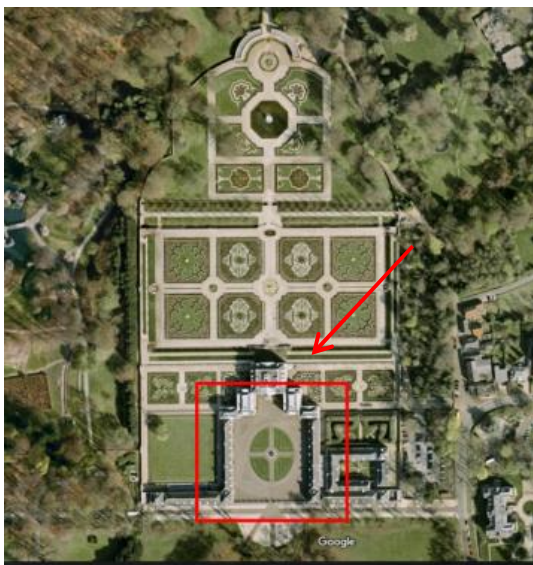
Voor de effectberekening zijn we uitgegaan van de uitgangspunten beschreven onder hoofdstuk 3.

3. Uitgangspunten

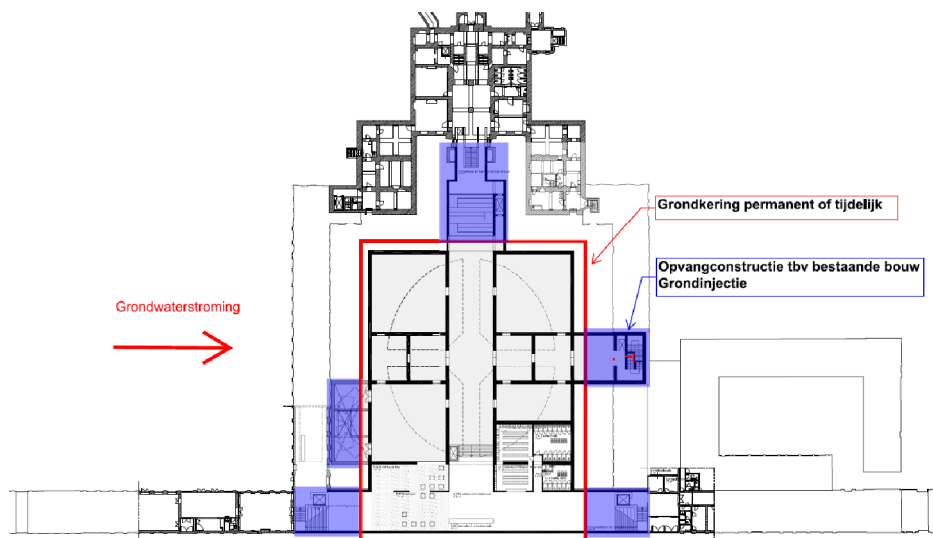
- Het effect van de ondergrondse uitbreiding en de achterblijvende hulpconstructies ten behoeve van de bouwput op de grondwaterstand wordt bepaald met een stationair 3D-grondwatermodel (IMOD/MODFLOW 2005).
- Dit model is een windowmodel gebaseerd op het gebiedsdekkende en gekalibreerde model AZURE, dat door waterschap Vallei en Veluwe ter beschikking is gesteld.
- De grootte van het effect van de aanwezigheid van de ondergrondse uitbreiding en de achterblijvende hulpconstructies voor de bouwput wordt berekend uit de verschillen tussen de situatie zonder en mét kelder, CSM wanden en jetgroutwanden.
- De modelrand is zo gekozen dat er geen sprake is van effecten van de randvoorwaarden op het gebied rondom de bouwput. Dit is via een aantal iteratieslagen met steeds kleiner wordend modelgrid onderzocht.
- De gridafstand is 5 meter.
- De bodemopbouw rondom de bouwkuip is gebaseerd op het AZURE-model en waar nodig verfijnd op basis van aanwezige boringen en sonderingen.
- De verticale opbouw van het model is verfijnd van 9 naar 11 modellagen, zie ook de volgende paragraaf.
- Waarden voor hydraulische doorlatendheid en weerstand zijn overgenomen uit het AZURE model.
- De basis van het model wordt gevormd door de formatie van Breda, die op circa 210 meter – m NAP ligt ter plaatse van de bouwput.
- De CSM wanden en jetgroutwanden van de bouwkuip zijn in het model gemodelleerd als ondoordringbaar.
- De ondergrondse uitbreiding ligt tot een diepte van 9.14 + m NAP. Hierbij is uitgegaan van een vloerdikte van een 60 centimeter.
- De onderkant van alle CSM wanden en jetgroutwanden ligt op -6.5 m NAP. In werkelijkheid ligt de onderkant van sommige wanden op een hoger niveau. Er is dus sprake van een bewuste overschatting in het model (worst-case).

4. Situatieschets

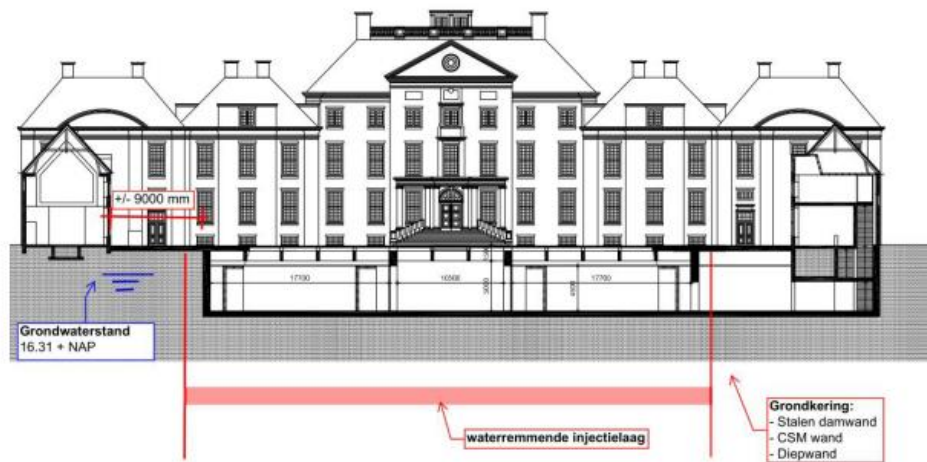
Het plangebied is weergegeven in figuur 1. Paleis het Loo is gelegen aan de rand van Apeldoorn. De locatie van de ondergrondse uitbreiding is weergegeven met het rode vlak in figuur 1. De ondergrondse uitbreiding en de aanwezigheid van permanente CSM wanden rondom de kelder en jetgroutwanden ter plaatse van de onderaansluitingen aan het bestaande paleis zijn weergegeven in figuur 2 en 3.



Figuur 1: Plangebied Paleis het Loo



Figuur 2: Plattegrond ondergrondse uitbreiding en bouwput

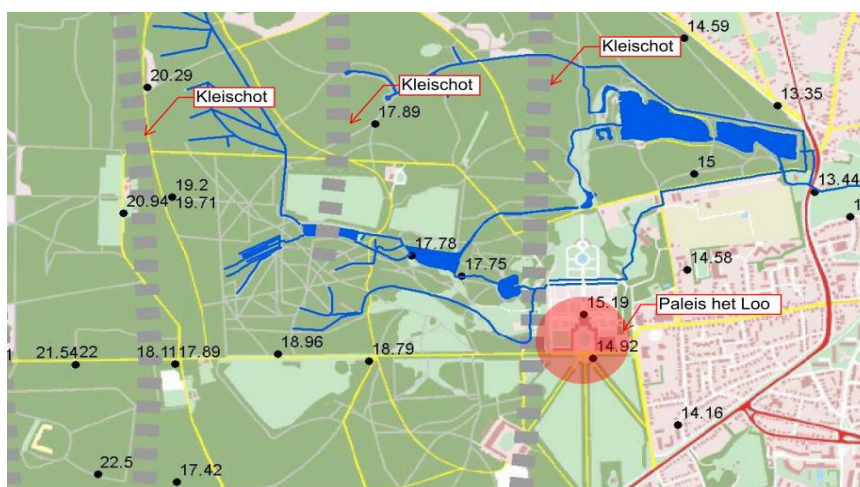


Figuur 3: Doorsnede ondergrondse uitbreiding met bouwputvariant met injectie laag

5. Grondwaterstanden

Het Paleis ligt op de uitlopers van de Veluwe naar het IJsseldal, alwaar het grondwatersysteem een sterk verhang heeft, dit wordt versterkt door de aanwezigheid van de verticale kleischotten welke in de laatste ijstijd zijn ontstaan door het opdrukken van de grond ter plaatse van de uitlopers van de gletsjers. De aanwezigheid van de verticale kleischotten resulteert in grondwatersprongen tussen de stroomopwaartse en stroomafwaartse zijde van de kleischotten.

Aan de westzijde van het Paleis het Loo zijn kleischotten aanwezig. In figuur 4 zijn de posities van de kleischotten en de sprongen in de grondwaterstanden aangegeven.



Figuur 4: Situatie kleischotten en grondwaterstanden

Bron: Rapport Tauw Koninklijk Waterbeheer II, Koningsbeek te Apeldoorn met kenmerk R001-4634324TER-ibs-V01-NL

Op basis van meerjarige peilbuiswaarnemingen van TNO-Dinoloket, en de door Geomet in opdracht van het Rijksvastgoedbedrijf uitgevoerde grondwatermonitoring gedurende 12 maanden in de periode 2015/2016, gelden de volgende te hanteren waarden voor de grondwaterstand:

Hoogst bekende freatische grondwaterstand 1980:	16,30 m+ NAP
Hoogste grondwaterstand tijdens monitoring 2015/2016:	15,81 m+ NAP
Gemiddelde grondwaterstand tijdens monitoring 2015/2016:	15,19 m+ NAP
Laagste grondwaterstand tijdens monitoring 2015/2016:	14,83 m + NAP
Laagst bekende freatische grondwaterstand 1972:	14,15 m + NAP

Door Vitens wordt in Apeldoorn grondwater onttrokken, deze onttrekking heeft een directe invloed op de grondwaterstanden rondom het Paleis het Loo. Door het afnemen van de hoeveelheid te onttrekken water zijn de grondwaterstanden na 1975 gestegen.

Advies- en ingenieursbureau Tauw heeft in opdracht van Vitens gekeken naar de invloeden van mogelijke toekomstige reductie van de grondwateronttrekking of verdieping van de onttrekking op de grondwaterstanden. In de rapportage Tauw Koninklijk Waterbeheer II, Koningsbeek te Apeldoorn met kenmerk R001-4634324TER-ibs-V01-NL met kenmerk R001 is op basis van een reductie van de onttrekking met 50% een grondwaterstandstijging ter plaatse van het Paleis het Loo berekend van maximaal 0,50 meter.

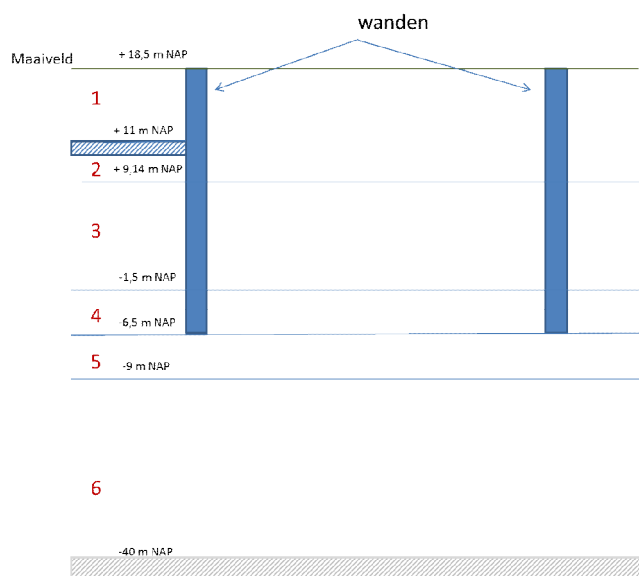
6. Bodemopbouw

De globale bodemopbouw is beschreven op basis van boringen (tabel 1). In bijlage 1 is een west-oost georiënteerd geologische doorsnede van het plangebied opgenomen. De doorsnede is gebaseerd op het model DGM v2.2 van TNO (TNO, 2016). Gezien bijlage 1 bestaat de ondergrond uit de volgende formaties:

Tabel 1: Formaties in het plangebied (TNO, 2016).

Formatie	Diepte onder maaiveld
Formatie van Boxtel	tot +18 m NAP
Gestuwde afzettingen	+18 m NAP tot - 100 m NAP
Formatie van Peize en Formatie van Waalre	- 100 m NAP tot -170 m NAP
Formatie van Maassluis	-170 m NAP tot -230 m NAP
Formatie van Oosterhout	230 m -mv tot 280 m -mv
Formatie van Breda	>280 m -mv

Aan het oppervlakte ligt de formatie van Boxtel. Deze formatie is een zandige formatie bestaande uit zwak siltig en matig fijn zand, met soms leem- en veenlagen. De basis in het hydrogeologisch systeem wordt gevormd door de Formatie van Breda. Deze laag bestaat uit een opeenvolging van fijne, slibhoudende en soms kleiige zanden. De bodemopbouw van de verschillende zandlagen tot -40 m NAP is beschreven in het AZURE model en is weergegeven in figuur 5.



Figuur 5: Overzicht verschillende lagen in de ondergrond bij Paleis het Loo.

7. Resultaten

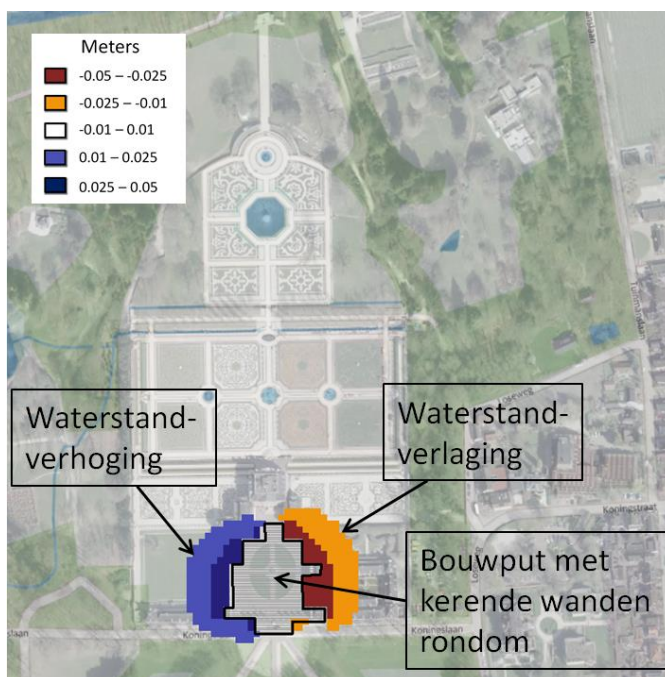
Figuur 6 toont het verschil tussen de huidige situatie en de situatie met ondergrondse uitbreiding uitgevoerd met een bouwput bestaande uit CSM wanden, jetgrootwanden en een injectielaag. De verschillen zijn weergegeven in meters. Er vindt grondwaterstandverhoging plaats in het westen (stroomopwaarts) en grondwaterstandverlaging in het oosten (stroomafwaarts).

Vanuit figuur 6 kan worden geconcludeerd dat er geen noemenswaardige effecten optreden rondom de ondergrondse uitbreiding van het Museum.

De maximale grondwaterstandverlaging en grondwaterstanddaling bedragen maximaal 0,05 meter. Deze lage waarde wordt verklaard door het feit dat er een groot watervoerend pakket aanwezig is waarbij de blokkade door de ondergrondse uitbreiding en de bouwput beperkt is. Tevens speelt de aanwezigheid van de verticale kleischotten een rol omdat door deze aanwezigheid een deel van het grondwater via dieper gelegen lagen afstroomt als onderloopse waterstromen ter plaatse van de verticale kleischotten.

De grondwatereffecten van de ondergrondse uitbreiding zijn marginaal ten opzichte van de jaarlijkse fluctuatie van 0,98 meter zoals gemeten in 2015/ 2016 en de prognose van de mogelijke toekomstige invloeden van de waterwinning van Vitens van 0,50 meter.

Het invloedsgebied op de grondwaterstanden reikt tot een maximale afstand van 47 meter, gemeten vanaf de zijanten van de ondergrondse uitbreiding en bouwput.

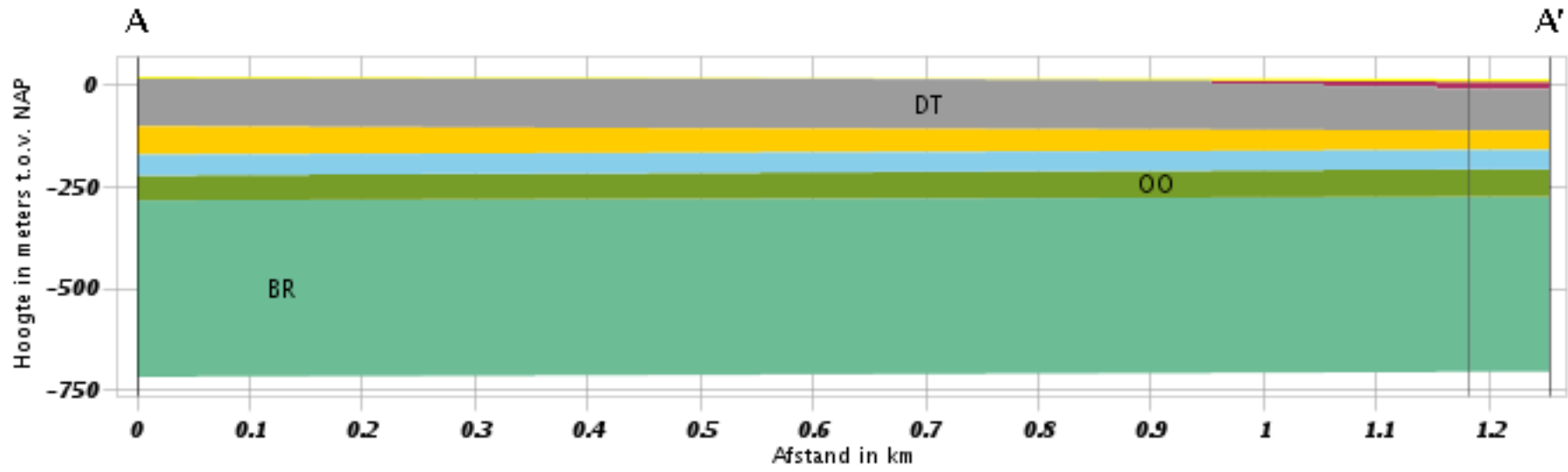


Figuur 6: Verschil in situatie zonder en mét ondergrondse uitbreiding met bouwput

Bijlage 1 Geologisch booronderzoek

Verticale Doorsnede DGM v2.2

Hoogte t.o.v. NAP: -716



Geologische eenheid

