

Onderzoek naar aanleiding van een ontwerp  
voor versterking van de Voorster Kleidijk

No. 71.004

CENTRUM VOOR ONDERZOEK  
WATERKERINGEN

<u>Inhoud:</u>	<u>Blz.</u>
1. Inleiding	1
1.1. Opdracht	1
1.2. Samenvatting	1
1.3. Beperking van het onderzoek	1
2. Ter beschikking staande gegevens	1
2.1. Situatie waterstaatkundige toestand	1
2.2. Ontwerp voor de dijkversterking	2
3. Terreinonderzoek	2
3.1. Geo-elektrisch onderzoek	2
3.2. Grondmechanisch onderzoek	3
4. Gevolgtrekkingen	4
4.1. Algemeen	4
4.2. Maatregelen tegen wellen	4
4.3. Waakhoogte van de dijk	6
4.4. Aanbevelingen	6

Bijlagen:	1. Potentiaallijnen van het grondwater	A1/71.080
	2. Stijghoogte grondwater onder ondoorlatende water- kering	A2/71.074
	3. Voorbeeld extra aan te brengen berm	A4/71.075

1. Inleiding

1.1. Opdracht

Bij brief nr. 1547 d.d. 8 februari 1971 bevestigde het Polderdistrict "Brummen-Voorst" aan het Centrum voor Onderzoek Waterkeringen een eerder gedaan mondeling verzoek om advies. Door een wijziging in het programma van dijksverhogingen moest het polderdistrict zo snel mogelijk beschikken over de eisen die zouden moeten worden gesteld bij het ontwerp van de dijkverhoging tussen de dwarsprofielen 34 en 79 van de Voorster Kleidijk.

1.2. Samenvatting

In aanvulling op een onderzoek van het Laboratorium voor Grondmechanica is de stabiliteit van het betrokken dijkgedeelte bij hoogwater aan een nadere beschouwing onderworpen. Geconcludeerd wordt, dat het ontwerp voor de verhoging (volgens de in mei 1971 gemaakte bestektekeningen) een constructie geeft die op zichzelf als voldoende stabiel kan worden beschouwd. Het is echter aan te bevelen, aanvullende maatregelen te nemen om te voorkomen, dat de stabiliteit van het achtertalud in gevaar wordt gebracht door wellen direct achter de dijk. Voorts dient een geringe vergroting van de waakhogte te worden overwogen.

1.3. Beperking van het onderzoek

De gang van zaken bij dit onderzoek moet niet als de meest gewenste worden gezien. De aard en de omvang van onderzoeken voor ontwerpen van rivierdijkverbeteringen zijn namelijk nog in studie.

2. Ter beschikking staande gegevens

2.1. Situatie en waterstaatkundige toestand

De onderzochte dijk is een gedeelte van de linker bandijk van de Gelderse IJssel dat ligt even ten noorden van de brug bij Zutphen. Hij is niet altijd officiële bandijk geweest. De huidige hoogte is nog gering: minimaal ongeveer N.A.P. + 7,60 m bij het noordelijk einde en N.A.P. + 8,20 m bij het zuidelijk einde van het binnenkort uit te voeren bestek (prof. 44-79)<sup>1)</sup> De hoogte van het maatgevend hoogwater verloopt over dit gedeelte van N.A.P. + 8,75 m tot N.A.P. + 9,05 m. (peilschaal Zutphen + 9,45 m)

In de hoogwaterperiode van februari-maart 1970 is in de teen van de dijk aanzienlijke kwel geconstateerd. Wellen die grond meevoerden kwamen echter niet voor. De maximale waterstanden in deze periode bedroegen N.A.P. + 7,30 tot N.A.P. + 7,75 m. (peilschaal Zutphen + 8,23 m).

---

<sup>1)</sup> Zie tekeningen Grontmij O.N. 73525-08, Bijlage 3 t/m 8 van bestek no. III

Van de samenstelling van de bestaande dijk en van de ondergrond was ten tijde van het verzoek om advies zeer weinig bekend.

De uiterwaarden voor de dijk variëren sterk in breedte: van 25 m tot 500 m. Ook de hoogte ervan is zeer wisselend: van N.A.P. + 5,00 m tot N.A.P. + 7,15 m met soms vlak voor de dijk een 1 m diepe sloot. Het land direkt achter de dijk ligt overal hoger dan de uiterwaarden: van N.A.P. + 5,50 m tot N.A.P. + 8,00 m.

Bij doorbraak van de dijk bij maatgevend hoogwater zou eerst de polder Voorsterklei (gemiddelde maaiveldhoogte + 5,50 m, oppervlakte 665 ha) ongeveer 3 m onder water gaan. Deze polder is in het verleden verschillende malen ondergelopen door overlopen of doorbreken van de dijk (febr. 1876, dec. 1880, nov. 1882, jan. 1920, jan. 1926)<sup>1)</sup> Dit gebeurde telkens bij standen van ongeveer N.A.P. + 8,30 m aan de peilschaal te Zutphen; daarna liep de waterstand nog op tot maximaal + 8,80 m. In alle gevallen werd het water tot staan gebracht door de weg Zutphen-Voorst, meestal met behulp van enige opkistingen. Of dit ook zou lukken bij hogere standen is ons niet bekend. Zo niet dan kunnen de aanmerkelijk hoger liggende gronden rond Voorst, Klarenbeek en wellicht Teuge en Twello tot maximaal 1 m onder water komen.

## 2.2. Ontwerp voor de dijkversterking

Door de N.V. Grontmij wordt voor het waterschap een bestek opgesteld. Uit de meest recente bestektekeningen, d.d. mei 1971 blijkt, dat de dijk tussen de profielen 44 en 79 zal worden verzwaaard en opgehoogd met klei. De verzwaring vindt praktisch overal aan de binnenzijde (landzijde) plaats. Daar waar geen verzwaring aan de rivierzijde wordt aangebracht, is meestal aangegeven dat van het bestaande talud een 1 m dikke laag moet worden ontgraven en vervangen door klei.

Voor de teen van het buitenbeloop wordt het terrein zo nodig verhoogd tot N.A.P. + 5,50 m en de eventuele sloot gedicht. De binnenteen van de dijk komt op + 7,00 m met, waar nodig, een aflopende ophoging van het binnenland.

De kruin komt te liggen op + 9,25 tot 9,55 m en wordt breed: 4 m. Binnen- en buitentalud zijn 1 : 3.

## 3. Terrein-onderzoek

### 3.1. Geo-elektrisch onderzoek

Enige maanden voor de opdracht tot advies over de dijkverbetering was reeds overeengekomen dat op deze dijk een proef zou worden gedaan om na te gaan of geo-elektrisch onderzoek een goede eerste indicatie geeft van verschillen in grondsoorten die zich in de bestaande dijk en de ondergrond voordoen. De Dienst voor de Waterhuishouding van de Rijkswaterstaat was bereid om deze proef uit te voeren.

---

<sup>1)</sup> Gegevens ontleend aan verslagen hoogwaterperiodes van Rijkswaterstaat.

Er is getracht, een geo-elektrisch lengteprofiel te meten tussen de dwarsprofielen 34 en 79 (ongeveer 2200 m). Het is echter alleen gelukt, metingen uit te voeren tussen prof. 43 en 52, van prof. 62 tot prof. 69 en tussen prof. 74 en 78 (totaal ongeveer 1500 m). Hiervan valt het gedeelte tussen profielen 34 en 44 (500 m) buiten het binnenkort aan te besteden bestek. Dat niet alles kon worden gemeten en dat de metingen vaak moeilijk waren uit te voeren is te wijten aan metalen geleiders die in de grond voorkwamen. Dit laatste deed zich vooral voor waar de dijk is opgekist, waarbij stalen onderdelen zijn gebruikt, of waar de dijk wordt gekruisd door leidingen.

Van dit onderzoek bracht de Dienst voor de Waterhuishouding in maart een rapport uit. Over het gedeelte tussen profiel 34 en 52 werden duidelijke verschillen in elektrisch geleidingsvermogen geconstateerd. Er is toen besloten het programma van boringen en sonderingen te combineren met een aantal continuboringen die zouden moeten uitwijzen of ter plaatse van de gevonden afwijkingen de dijk ook een afwijkende samenstelling had. Dit bleek niet het geval te zijn. De boringen vertoonden onderling weinig verschillen. De verschillende lagen die in de boringen aan de dag kwamen, waren in geringe mate in verband te brengen met het verloop van de elektrische weerstand met de diepte.

Er zullen nog enkele proeven volgen waaruit het nut van geo-elektrisch onderzoek voor dijkontwerpen moet blijken.

### 3.2. Grondmechanisch onderzoek

Het Laboratorium voor Grondmechanica te Delft heeft in opdracht van het Polderdistrict een grondmechanisch onderzoek verricht tussen de profielen 35 en 79. Dit bestond ondermeer uit 13 regelmatig verdeelde sonderingen in het hart van het nieuwe dijkprofiel. Tussen de dwarsprofielen 52 en 79 werd naast de sondering ook een steekboring gemaakt; tussen de profielen 35 en 52 - waar ook de doorlopende geo-elektrische metingen zijn verricht - werden in de kruin van de bestaande dijk continuboringen gemaakt.

Voorts heeft de Grontmij met handboringen de samenstelling van het bestaande buitentalud bepaald. Door het Centrum voor Onderzoek Waterkeringen is eveneens met handboringen de aard van de grondsoort van het achterland vastgesteld.

Deze handboringen gaven overwegend zand, vaak direkt onder het maaiveld wat slibhoudend, te zien. Voor de resultaten van het terreinonderzoek van het Laboratorium voor Grondmechanica kan verwezen worden naar het rapport dat op 8 april 1971 aan het Polderdistrict is toegezonden.

In dit rapport wordt de beoordeling van de stabiliteit bij hoogwater overgelaten aan het Centrum voor Onderzoek Waterkeringen.

Voor de beoordeling van de stabiliteit is een goede kennis nodig van de drukken die in het grondwater zullen optreden in de meest ongunstigste omstandigheden. Deze drukken kunnen niet worden bepaald op grond van metingen. Het Centrum heeft ze daarom berekend met vereenvoudigde aannamen. Bekend is echter dat kleine afwijkingen in de doorlatendheidsverhoudingen kunnen voorkomen die een belangrijk afwijkend stroombeeld veroorzaken. Bij de stabiliteitsbeschouwing is van het ongunstigst denkbare stroombeeld uitgegaan, zoals in 4.2. nader wordt beschreven.

#### 4. Gevolgtrekkingen

##### 4.1. Algemeen

Na consolidatie van de aangebrachte klei zullen in het dijklichaam zelf bij maatgevend hoogwater de waterspanningen niet zo hoog oplopen dat stabiliteitsverlies het gevolg is. Hiervoor is nodig dat de klei behoorlijk wordt verdicht en een goede grasmat wordt gekweekt en onderhouden. Om scheurvorming te vermijden dient er tevens op te worden gelet dat niet te vette klei wordt gebruikt.

Een belangrijke vraag die overblijft is, of direct achter de dijk ontoelaatbare waterdrukken kunnen voorkomen. Wanneer deze zich voordoen, kunnen kleine evenwichtsverstoringen, met name wellen, optreden. Deze wellen vormen in bepaalde omstandigheden een gevaar voor de stabiliteit van het achtertalud. (zie 4.2.)

Tenslotte moet nog iets gezegd worden over de hoogte van de dijk in verband met de golfoploop en golfoverslag. (zie 4.3.)

##### 4.2. Maatregelen tegen wellen

Het optreden van grondmeevoerende wellen valt met de huidige kennis moeilijk te voorspellen. De kans erop is afhankelijk van de grondsoort en de verhangen in het grondwater. De stabiliteit gaat in ieder geval verloren als het vertikaal verhang groter is dan het kritieke verhang, waarbij de waterdruk gelijk wordt aan de gronddruk en de korreldruk dus nul wordt. Door concentratie van stroom en interne erosie kunnen grondmeevoerende wellen echter al bij een kleiner verhang optreden. Naar de grootte van dat verhang wordt een algemeen onderzoek ingesteld. Voorlopig wordt in gevallen als het onderhavige op grond van elders verkregen ervaringen aangenomen dat 0,2 maal het kritieke verhang een veilige grens is. Voor het bepalen van de te verwachten verhangen moet de ondergrond worden geschematiseerd.

Het nieuwe dijklichaam zal voor een groot deel bestaan uit klei, die wordt aangebracht op het oude dijklichaam of op het bestaande maaiveld. Zowel de klei als de oude dijk zijn relatief ondoorlatend ten opzichte van de ondergrond zodat mag worden aangenomen dat het stroombeeld in de ondergrond vrijwel niet wordt beïnvloed door het stroombeeld in het dijklichaam.

Het doorlatend pakket in de ondergrond wordt doorsneden door het zomerbed van de rivier. Het zomerbed ligt op een sterk variërende afstand van de dijk. De uiterwaarden zijn niet afgedekt met een kleilaag. Het is onbekend of een dunne sliblaag die daar vaak aan de oppervlakte aanwezig is, belangrijke weerstand tegen het intreden van water vormt. Waarschijnlijk is dit wel, maar het lijkt het best hiermee geen rekening te houden bij het antwoord op de vraag of de dijk bij maatgevend hoogwater stabiel is.

Er wordt dus aangenomen dat het water over de gehele breedte van de uiterwaarden tot in de teen van de dijk, vrij kan intreden. Als teen wordt hier aangehouden: de onderrand van de aan te brengen kleilaag.

Aan de landzijde van de dijk staat het wateryoerende pakket in verbinding met het polderwater. In hoogwaterperioden zal door grote kwel het peil van het polderwater oplopen. Denkbaar is, dat lage terreingedeelten blank komen te staan. In het algemeen kan daarom worden verondersteld dat het grondwater aan de binnenzijde van de dijk een stijghoogte heeft, gelijk aan maaiveldhoogte.

Hiermee is een schema ontstaan, dat zich leent voor berekening van de potentialen. Het resultaat van deze berekening voor profiel nr. 47 is weergegeven op Bijlage 1.

De gevonden waterdrukken zijn ingevoerd in een stabiliteitsberekening. Overeenkomstig de verwachting bleek, dat de veiligheid tegen afglijden langs een diep glijvlak groot was. De verhangen in de onmiddellijke omgeving van de teen zijn echter zeer groot. Het gebied waarin de verhangen zo groot zijn dat ontgroning zal optreden heeft voor de profielen 45 t/m 50 theoretisch een straal van ongeveer 0,50 m. Plaatselijke verschillen in doorlatendheid kunnen dit gebied nog enige malen groter maken. Bij de profielen waar de verhouding van kerende hoogte en aanlegbreedte minder groot is, zou de genoemde afmeting slechts weinig minder zijn.<sup>1)</sup>

Voor het grootste deel van de dijk kunnen dus ontgroningen in de teen optreden die mogelijk een gevaar voor de stabiliteit van het binnen-talud geven.

De beste remedie hiertegen lijkt bij deze dijk een homogene zandberm, die het kwelwater vlot afvoert en geconcentreerd uittreden voorkomt. De breedte van deze berm zal in de profielen 45 t/m 50 ongeveer 6 m moeten zijn en kan overigens evenredig met de kerende hoogte variëren tussen ongeveer 3 m en 6 m. Voor de hoogte kan men uitgaan van de stijghoogten onder een relatief ondoorlatende laag die zich onder het bestaande maaiveld zou kunnen bevinden. Deze stijghoogten volgen uit het hiervoor besproken stroombeeld wanneer men de berm ook tot het dijklichaam rekent. Een dimensioneloze grafiek ervan is getekend op Bijlage 2.

---

<sup>1)</sup> kerende hoogte = hoogte buitenwaterstand - maaiveldhoogte direkt achter de dijk  
aanlegbreedte = horizontale afstand van voor- en achterzijde van de kleiverzwareing.