

Dr. ir. A.A. Roubos
Dr. ir. D.J. Peters

Renovatie Kademuren Oude Haven Zierikzee

Second opinion rapport



Renovatie Kademuren Oude Haven Zierikzee

Second opinion rapport

Auteurs:

AA. Roubos, D.J. Peters

Foto voorzijde: Zuidzijde Oude haven, met bomen, April 2021, foto A.A. Roubos

Inhoudsopgave

1. Inleiding	7
1.1. Opdracht TU Delft.....	7
1.2. Achtergrond project.....	8
1.3. Situatie januari 2021	9
2. Werkwijze second opinion.....	10
3. Samenvatting situatie kademuren	11
4. Algemene indruk.....	14
4.1 Globaal projectverloop	14
4.2 Risico's oude houten paalfunderingen	14
4.3 Opties voor herstel kademuren	15
4.4 Bomen	16
5. Beantwoording vragen	17
5.1 Vraag 1: Noodzaak renoveren kademuur.....	17
5.2 Vraag 2: Bewezen sterkte & wijze van uitvoering	18
5.3 Vraag 3: Drainage en onderloopsheid.....	19
5.4 Vraag 4: Risico's variant Leenhouts B en noodzaak kappen bomen	21
5.5 Vraag 5: Bewezen sterkte vs de uitvoeringswijze.....	24
6 Eindoordeel en advies.....	26

Geciteerde stukken

Gelezen stukken

Bijlage: Handboek Binnenstedelijke Kademuren, tabellen met aandachtspunten

1 Inleiding

De gemeente Schouwen-Duiveland is voornemens de kademuren van de Oude Haven in Zierikzee te renoveren. Daartoe zijn voorbereidingen getroffen in de vorm van onderzoeken en inspecties en er zijn stabiliteitsberekeningen van de huidige kademuren gemaakt. Op basis van de uitkomsten van deze onderzoeken en berekeningen is er in opdracht van de gemeente een referentieontwerp gemaakt voor de beoogde renovatie. Het werk is vervolgens aanbesteed en gegund aan aannemer Leenhouts op basis van een door hem voorgesteld alternatief renovatieplan. Dit alternatieve renovatieplan geniet op dit moment de voorkeur van de gemeente. Het renovatieplan is door Leenhouts verwerkt in het 'Definitief Ontwerp' (DO). Het DO dient nog goedgekeurd te worden. Het renovatieplan van Leenhouts is tevens opgenomen in de aangevraagde en inmiddels verleende omgevingsvergunning voor het renoveren van de kademuren.

De bewonerscommissie van de Oude Haven stelt vragen over belangrijke aspecten van de voorbereiding van dit project en over de voorgenomen wijze van renoveren. Zij wijzen de gemeente op risico's en op – in hun ogen – ongewenste consequenties voor de aanwezige bomen en op risico's voor de fundaties van de nabijgelegen woningen.

Dit is de reden dat de Gemeente Schouwen-Duiveland aan de TU Delft vraagt om een onafhankelijke second opinion te geven over de kademuur renovatie.

De Gemeenteraad heeft de vragen die door Bewonerscommissie zijn geformuleerd vastgesteld en meegegeven als vraagstelling bij de second opinion.

1.1. Opdracht TU Delft

TU Delft heeft op 12 februari 2021 opdracht ontvangen voor het uitbrengen van een second opinion op het projectdossier van de renovatie van de kademuren in de Oude Haven, gebaseerd op de offerte van 7 februari 2021.

De werkzaamheden van TU Delft hebben bestaan uit:

- het bestuderen van de op verzoek ter beschikking gestelde documenten;
- interview met de projectleider en van de Gemeente en het voor de Gemeente werkende externe ingenieurbureau;
- interview met de projectleider en experts van de aannemer;
- interview met de opstellers van het Bevindingen rapport [5];
- een bezoek aan de projectlocatie;
- het beantwoorden van de gestelde vragen in een korte rapportage;
- het geven van adviezen en aanbevelingen die TU Delft relevant acht, op te nemen in de genoemde rapportage.

De TU Delft heeft zelf geen aanvullend onderzoek gedaan en/of nieuwe berekeningen maakt.

Conform de opdracht zijn alle contactmomenten bijgewoond door de onafhankelijke voorzitter van de werkgroep Oude Haven, de heer J.M. Geluk en daarnaast ook door mevrouw S. Nouwens van de gemeente Schouwen-Duiveland.

De TU Delft is bij dit onderzoek vertegenwoordigd door Dr.ir. A.A. Roubos en Dr.ir. D.J. Peters. De heer Roubos is rapporteur van het handboek Binnenstedelijke kademuren en gepromoveerd op de constructieve veiligheid van kademuren. De heer Peters is expert en onderzoekscoördinator voor TU Delft op het gebied van waterbouwkundige constructies. Beide behoren tot de onderzoeksgroep 'Waterbouwkunde' van prof dr. ir. S.N. Jonkman.

1.2. Achtergrond project

De historie van Zierikzee is bekend vanaf 849. In die tijd waren de eilanden Schouwen en Duiveland nog niet bedijkt. De stad is gelegen op zandafzettingen langs de kreek de Ee. Vanaf de 12e en 13e eeuw is er sprake van toenemend belang van de stad, mogelijk gemaakt door de locatie en goede bereikbaarheid van de Oosterschelde en de Noordzee.

De Oude Haven bevindt zich binnen de omwalling van de stad Zierikzee en stamt uit de vroege geschiedenis van de stad. Op dit moment is de haven nog steeds een uniek object, een historisch goed bewaarde, in beginsel nog functionerende getijde haven, omringd door kademuren die aansluiten op de genoemde hoge gronden.

Het getij bracht de schepen binnen, maar heeft ook altijd voor aanzanding en dichtslibben gezorgd. Daardoor is aanvankelijke verbinding van Zierikzee met de Noordzee verlegd van het oosten naar het nieuwe zuidelijk georiënteerde havenkanaal met de Nieuwe Haven. De problemen met aanzanding hebben de Oude Haven in onbruik doen geraken.

De website van de museum haven vermeldt:

De in de Franse tijd verwaarloosde kademuren werden in 1815/1816 hersteld. De grote kosten die het onderhoud met zich mee bracht, maar vooral het feit dat de Oude Haven steeds minder werd gebruikt, waren de aanleiding om in 1871 en 1872 [...] de Oude Haven [gedeeltelijk] te dempen. Hierdoor ontstond het Havenplein. In 1891 werd alsnog het resterende deel van de Oude Haven tot het Kraanplein gedempt, waardoor het Havenpark kon worden aangelegd.

De Oude Haven was lange tijd ondiep en viel droog bij laag tij. Vanaf 1989 is de haven in het midden op diepte gebracht en er is in 1991 in het midden van de haven een drijvende steiger aangebracht waar momenteel enkele historische schepen zijn afgemeerd. Langs de kademuren is er niet gebaggerd en is de waterdiepte bij laagtij zeer gering (circa 0,20m). Bij de toegang van de haven, onder 't Witte Bruggetje, bevindt zich een drempel die werkt als een stuw waardoor het water in de Oude Haven bij zeer laag water (spring tij) op de Oosterschelde niet lager zakt dan NAP -0.6m door een in 2018 aangebrachte balk bovenop de drempel. In de jaren '80 zijn er ook onderzoeken naar de kademuren van de Oude Haven gedaan. Er zijn destijds geen grootschalige renovaties uitgevoerd. Vanaf 2011 is er gewerkt aan de herinrichting van het Havenplein, Havenpark en Kraanplein, het genaamde drieluik waarvan de eerste twee fasen reeds zijn uitgevoerd. Vanaf 2015 is gestart met inspecties en onderzoeken met als doel het achterstallig onderhoud en de renovatie van de kademuren van de Oude Haven ter hand te nemen. Het doel is deze te behouden in de historische staat, doch functioneel en veilig.

In 2015 is tevens een raadsvoorstel voor onderhoud van de gemeentelijke haveninfrastructuur vastgesteld, gebaseerd op een inventarisatie en een raming van kosten door IV-Groep. In het raadsvoorstel wordt voor wat betreft de onderhoudsambitie geopteerd voor niveau 3, als best passend bij de toestand van het areaal en de mogelijkheden van de Gemeente. Niveau 3 is gedefinieerd als:

Redelijk, [het] verouderingsproces is plaatselijk op gang gekomen.
Met onderhoud op niveau 3 wordt ervoor gezorgd dat een onderdeel, constructie of installatie zijn functie niet verliest. [...] Voor bepaalde onderdelen [wordt] een verslechtering van de onderhoudstoestand geaccepteerd, echter de gebreken hebben geen invloed op het functioneren van een bouw- of installatiedeel.

In het raadsvoorstel worden financiële reserveringen gedaan passend bij niveau 3. Tevens wordt in hetzelfde raadsvoorstel (voor een andere locatie) een voorbeeld genoemd waarbij – omdat de situatie dat vereist – op onderdelen moet worden overgegaan onderhoud en/of herstel behorend bij een hoger onderhoudsniveau (1, Uitstekend; of 2, Goed).

1.3. Situatie januari 2021

Sinds 2015/2016 is gestart met onderzoek naar de toestand van de kademuren. Samenvattend heeft de gemeente (in grote lijnen) sindsdien de volgende stappen ondernomen:

- Onderzoek en inspecties naar de staat van de kademuren.
- Constatering van de noodzaak een ingreep in het systeem van de kademuren¹
- Ontwerp voor de benodigde herstelwerkzaamheden.
- Aanvraag van subsidie voor het renoveren van de kademuren.
- Aanvraag omgevingsvergunning.
- Aanbesteding van de beoogde renovatie.
- Gunning van het werk aan aannemer Leenhouts, die een alternatief renovatieplan heeft ingediend en daar inmiddels een definitief ontwerp (DO) voor heeft gemaakt. Dit ontwerp is nog niet goedgekeurd.

Omdat voorafgaand aan het voorgenomen herstel van de kades de bomen rondom de haven gekapt zouden worden zijn door de bewoners nabij de Oude Haven vragen gesteld aan de gemeente. Op hun verzoek heeft de gemeente projectdocumenten overlegd. Deze stukken riepen bij een aantal bewoners vragen op over diverse andere aspecten van het project. Deze vragen en opmerkingen zijn opgeschreven in een 'Bevindingen rapport' [5]. Dit rapport is geschreven door ing. E. van Uffelen en Ir. L. Bijlsma en vraagt aandacht voor diverse onderwerpen, waarvan de belangrijkste hier worden genoemd.

1. Nut en noodzaak voor het herstel/renovatie van de (fundering van de) kademuren.
2. Nut en noodzaak van het kappen van de bomen rondom de Oude Haven.
3. De herinrichting van de Oude Haven.
4. De omvang en kwaliteit van de inspecties, onderzoeken en berekeningen van dit project.
5. De risico's verbonden aan de voorgenomen uitvoeringsmethode van de firma Leenhouts.

Naar aanleiding van het Bevindingen rapport [5] is door de gemeenteraad op advies van de bewonerscommissie besloten om een second opinion te vragen aan de TU Delft.

¹ Het is voor het begrip van de samenhang van diverse aspecten de kademuren te zien als een 'systeem', waarbij de houten fundering (palen en houten kessen en vlonders), het houten onderloopsscherm en de gemetselde gewichtsmuur de constructie onderdelen zijn. Andere minstens zo belangrijke onderdelen van het systeem zijn: de grond achter de kade, de grond onder de kade en de grond waar de palen in staan, de grond in de haven, de waterstanden in de haven en de grondwaterstanden in het grondmassief achter de kade.

Elk van deze onderdelen kan verantwoordelijk zijn voor een situatie die niet veilig of niet duurzaam houdbaar is. Het is derhalve – in theorie – mogelijk om de conditie van de grond achter de kade te wijzigen, zo de druk te verminderen en zo de kade te behouden zonder funderingsherstel.

2 Werkwijze second opinion

De werkwijze bij de second opinion bestond uit dossieronderzoek en interviews. De interviews waren bedoeld om toelichting te verkrijgen op de beschreven onderzoeken en plannen. De TU Delft wenst de informatiepositie, de overwegingen en de beslissingen te begrijpen, alvorens zich een mening te vormen over de gestelde vragen.

Er hebben interviews plaatsgevonden met:

- De projectleider van de gemeente en de adviseur van de gemeente Walhout Civil (24 februari 2021)
- De aannemer Leenhouts en haar adviseur DVA (24 februari 2021)
- De opstellers van het Bevindingen rapport [5] (10 maart 2021)

Alle interviews zijn bijgewoond door M. de Bruine en S. Nouwens van de Gemeente Schouwen-Duiveland en door de heer J.M. Geluk, onafhankelijk voorzitter van de werkgroep Oude Haven.

Tevens is een bezoek gebracht aan de Oude Haven, op 3 maart 2021, op het tijdstip van laag water spring.

Op basis van deze informatie heeft de TU Delft de gestelde vragen beantwoord. Er zijn geen aanvullende onderzoeken of rekenkundige analyses uitgevoerd door de TU Delft. De toegezonden documentatie is zeer omvangrijk. Het behoort niet tot de overeengekomen werkwijze dat de TU Delft de stukken afzonderlijk becommentarieert.

3 Samenvatting situatie kades

De kades rond de Oude Haven zijn niet uniform. De te onderscheiden delen hebben een afwijkende geometrie. Echter ze bestaan alle uit een gemetselde gewichtsmuur van gebakken steen, met steunberen aan de achterzijde (zoals weergegeven in Fig. 2 en Fig. 3). Het geheel staat met uitzondering van sectie IV (E) op een houten paalfundering. De gemetselde gewichtsmuren zijn aan de voorzijde op de meeste locaties voorzien van een klampmuur van steens metselwerk die op sommige plaatsen los voor de gewichtsmuur lijkt te staan. Het metselwerk aan de voorzijde van de kademuren (o.a. van de klampmuur) vertoont lokaal schade, het voegwerk is over het algemeen in slechte staat en de klampmuur is op sommige plaatsen ingestort. Voor zover beoordeeld kan worden op basis van de beschikbare stukken vertonen de kades geen grote recente vervormingen en lijken geen noemenswaardige problemen met de grondichtheid van de kademuren. Er lijkt geen sprake te zijn van uitspoeling van grond en/of holtevorming achter de kade.

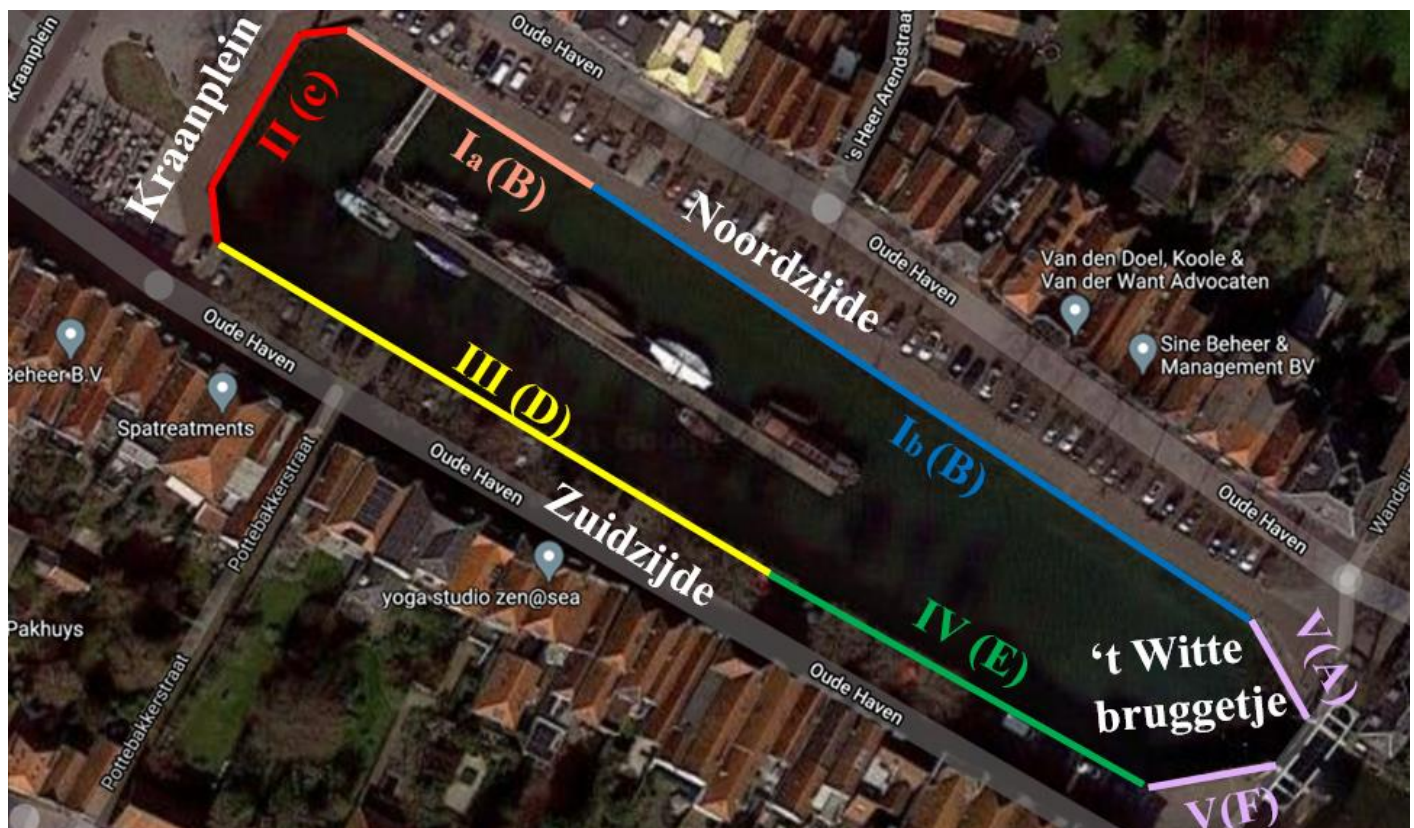


Fig. 1. Bovenaanzicht Oude Haven met verschillende type kademuren

Tabel 1: Overzicht belangrijkste bevindingen ten aanzien van de kademuren. De nummers in de eerste kolom verwijzen naar de locaties in figuur 1.

Kade	Bouwjaar	Leeftijd	Fundering	Geometrie	Bijzonderheden
I	Eerder dan 1815 [1]	>>200 jaar	Houten palen	Onbekend	- kade is hersteld in 1815 en mogelijk ook in 1862, houten palen zijn mogelijk toen hergebruikt [1]; - ter plaatse van overgang grote verplaatsing waargenomen [2]; - kade is mogelijk gerepareerd met palenrij en ontlastconstructie aan de noordwestzijde, aanleiding hiervoor lijkt scheefstand [2]; - mogelijk was in het verleden sprake van een verzakkende fundering; - ankers lijken later aangebracht in de 19^e eeuw [1] en zijn op diverse locaties in slechte staat [2]; - op kadedeel Ib is de kade lokaal voorzien van een betonnen balk met houten palen [2]; - toestand houten palen is niet bekend.

Kade	Bouwjaar	Leeftijd	Fundering	Geometrie	Bijzonderheden
II	1891 [1]	130 jaar	Houten palen	Bekend	- enige aantasting houten palen [2]; - fundering vertoont wel tekenen van verplaatsing en instabiliteit [2]; - op tekening staan geen ankers, deze zijn wel aanwezig, tussen twee de ankers knikt de kade fors uit [2]; - achter het houten scherm zijn holtes aanwezig onder de kade [2].
III	Eerder dan 1815 [1]	>>200 jaar	Houten palen	Onbekend	- kade mogelijk hersteld in 1862, oude palen zijn toen mogelijk hergebruikt [1]. - lokaal zijn verzakkingen van de kade waargenomen [2]. - aansluiting met kopkade is niet ideaal en resulteert in schade [2]. - geen tekening van de doorsnede aangetroffen. - toestand houten palen is onbekend.
IV	1949 [1]	72 jaar	Beton palen	Bekend	- oude kade is in 1949 ingestort. - geen onderzoek gedaan naar betonvloer en betonpalen.
V	Onbekend	Onbekend	Houten palen	Onbekend	- doorsnede tekening is gebaseerd op voorstel voor het verdiepen van de haven. Deze is nooit uitgevoerd, waardoor geen onderzoek gedaan naar fundering. - kade vertoont schade als gevolg van temperatuur effecten [2].

Uit het bouwhistorisch onderzoek en de verschillende inspecties blijkt dat er veel verschillende type kademuren aanwezig zijn (Fig. 3). Deze kades zijn in verschillende periodes gebouwd. De kopkade (II) ter plaatse van het Kraanplein is gebouwd omstreeks 1891. De overige kades zijn in 1815/1816 hersteld en zijn waarschijnlijk in de 17^e eeuw gebouwd. Volgens een tekening uit 1947 is er in 1862 een gedeelte van de kademuur van de Oude Haven vernieuwd, waarbij een de bestaande houten fundering is hergebruikt (Fig. 2.). Mogelijk betreft dit kadedeel I of III of beide delen.



Fig. 2. Tekening uit 1862, waarbij in het onderschrift aangegeven wordt dat de bestaande fundering hergebruikt wordt (links) [1]; Ingestorte kade aan de zuidzijde in 1949 (rechts).

In 1949 is een deel van de kade nabij de Zuidhavenpoort ingestort en vervangen door een kade met een betonnen vloer en betonnen fundatiepalen (IV).

Op basis van de verschillende typen ankers alsmede het type metselstenen is duidelijk dat met de tijd op verschillende locaties herstelwerkzaamheden zijn uitgevoerd. Daarnaast moet opgemerkt worden dat aan de noordzijde en mogelijk op andere locaties de 16^e-, 17^e- of 18^e-eeuwse kades nog aanwezig zijn achter of onder de huidige kademuren.

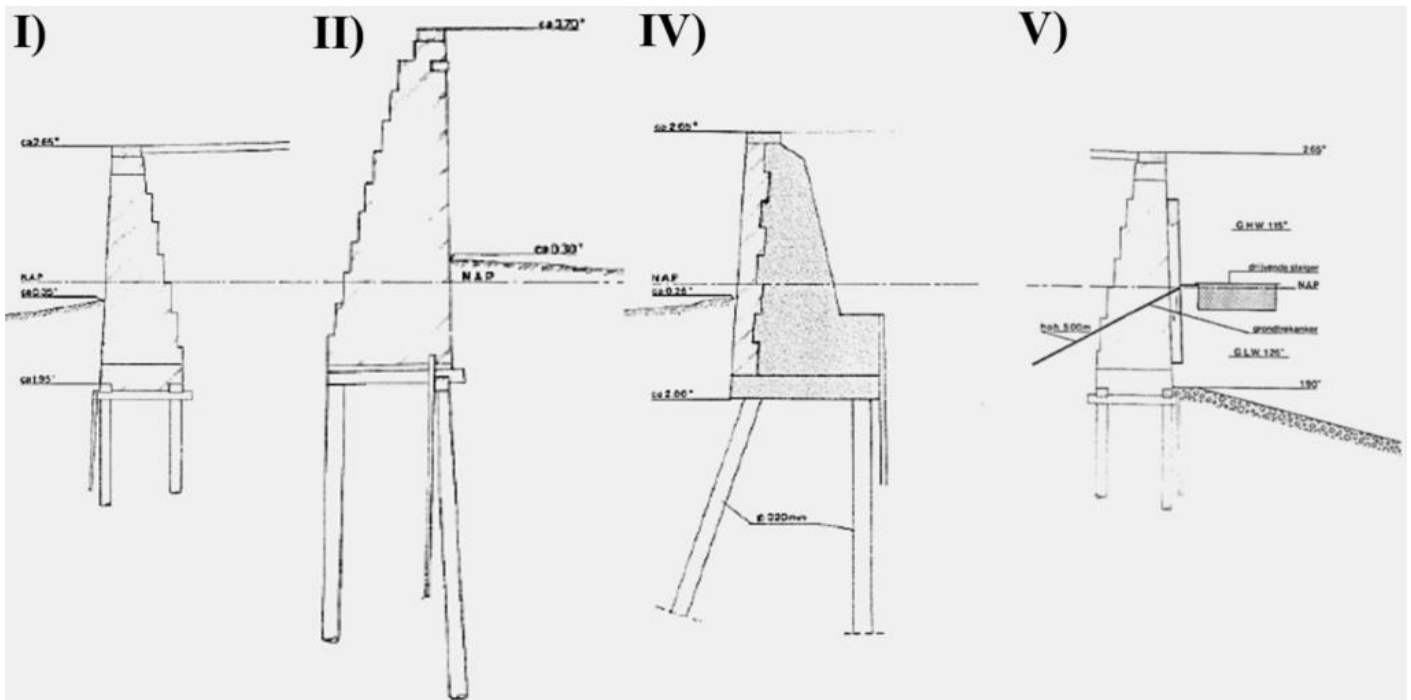


Fig. 3. Indicatie doorsnede kademuren. Let op tijdens inspecties is geconstateerd dat geometrie van de kade afwijkt van bovenstaande doorsneden. (Figuur V) is gebaseerd op een verdiegingsplan wat nooit is uitgevoerd.)

De renovatiemethode waarmee aannemer Leenhouts heeft ingeschreven komt neer op het vervangen van de houten paalfunderingen door zogenaamde schroefinjectiepalen. Deze worden van bovenaf de kademuur door het metselwerk heen geboord. Het zijn stalen buispalen waarbij het inbrengen van de palen in de grond wordt ondersteund met het onder druk aanbrengen van grout. Dit vergemakkelijkt het boren c.q. inschroeven in vast zand, en verhoogt tevens het draagvermogen van de palen.

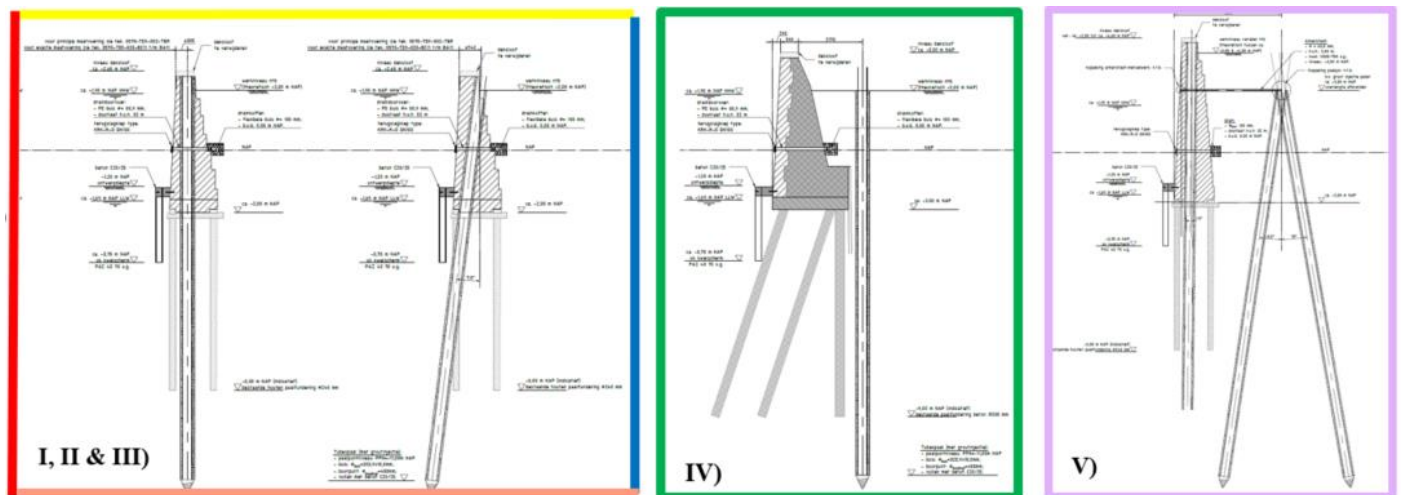


Fig. 4 Samenvatting herstelmethod Leenhouts B. De kleuren corresponderen met de kleuren in de plattegrond van Fig. 1.

4 Algemene indruk

De TU Delft heeft zich op basis van het projectdossier en de interviews een goed beeld kunnen vormen van de evolutie en de status van het project.

4.1 Globaal projectverloop

De belangrijkste observaties die de TU Delft heeft gedaan worden hieronder weergegeven alvorens over te gaan tot het beantwoorden van de vragen:

- Het onderzoek van de gemeente naar de conditie van de kademuren was aanvankelijk verkennend en later veelomvattend.
- De uitgevoerde onderzoeken en inspecties geven niet voor alle kademuren voldoende uitsluitsel over de basis geometrie (o.a. de aanwezigheid, aantal en afmetingen van de houten fundatiepalen).
- De technische uitgangspunten van het project zijn, voor zover bekend, niet eenduidig samengevat en vastgesteld.
- De ontwerpwaardes van de waterstanden zijn niet realistisch (te conservatief) ingeschat.
- De gemeente heeft ingezien dat het voorgenomen onderhoud van de kademuren neer zou komen op een meer omvangrijk herstel/renovatie project en heeft daarvoor subsidie verworven.
- Deze subsidie maakt een renovatie aanpak mogelijk die 'onderhoudsniveau 3' overstijgt.
- Het projectteam van de gemeente overweegt in de aanbestedingsdocumenten twee herstelopties: (a) verminderen van belasting op de kade en de fundering niet vervangen, of (b) de belastingsituatie accepteren en de fundering versterken.
- De technische aanbieding en voorbereiding door Leenhouts is, gegeven de vraagstelling van de gemeente, adequaat.
- De indruk bestaat dat er verschil van interpretatie is tussen de gemeente en Leenhouts als het gaat om de ontwerpverantwoordelijkheid voor het alternatief en de toewijzing van risico's.

De vraag welke hersteloptie – hierboven benoemd als (a) belasting vermindering of (b) funderingsherstel – het meest passend is, hangt af van de conditie van de oude houten paalfunderingen.

4.2 Risico's oude houten paalfunderingen

In het verleden werd de draagkracht van houten funderingspalen niet rekenkundig bepaald. De paalfundaties werden op basis van ervaring en geleerde lessen gebouwd. De kans is groot dat ook de paalfunderingen van de in de 17e/18e eeuw gebouwde fundaties op basis van 'trial en error' gebouwd zijn.

In de 17e/18e eeuw werd voor de funderingen grenen en vurenhout gebruikt. Het grenen kwam overwegend uit Nederland, het vurenhout uit Scandinavië. De grenen palen laten over het algemeen veel meer aantasting zien dan het geïmporteerde vurenhout. De palen in Zierikzee zijn relatief kort, vanwege de aanwezigheid van een eerste zandlaag op circa NAP-7 m. Daarom is het niet op voorhand uit te sluiten dat er grenen palen zijn toegepast. Brak (grond)water geeft op deze projectlocatie een voordeel ten aanzien van de degradatiesnelheid van hout. Dat kan een verklaring zijn voor de relatief lange levensduur van de fundering tot nu toe. De aantasting van het spinhout van de palen gaat relatief snel. Aantasting van het kernhout gaat weliswaar veel minder snel, maar zet in de tijd toch geleidelijk door.

Overigens ontstaat bij houten funderingen in de praktijk soms eerder schade aan de houten vloer en/of de houten kespen dan aan de palen, omdat voor deze onderdelen soms een andere houtsoort is gebruikt.

In Zierikzee is – ondanks de diverse onderzoeken – het beeld van de geometrie (paalafmetingen, paallengte, houtsoort en hart-op-hart afstand) en de conditie van de houten paalfundering niet compleet. Gezien de variëteit aan constructietypes, en de variatie in leeftijd van de palen, en de gemiddelde hoge leeftijd zijn de uitkomsten van houtonderzoek onzeker. Een onderzoek moet een fors aantal steekproeven

bevatten, en (nadat het onderzoeken een meer compleet beeld zou geven) zal het vervolgens moeilijk zijn om op basis van een huidig niveau van aantasting een betrouwbare voorspelling te doen over de conditie van de fundering over 50 jaar.

Voor dit project is onderzoek dat uitsluiting geeft relatief duur. Dit wordt veroorzaakt door de benodigde graafwerkzaamheden en inzet van duikers. In dat kader moet een goede afweging gemaakt worden of het wel of niet kansrijk is om nadere onderzoek te doen naar de conditie van de funderingspalen die waarschijnlijk op diverse locaties al meer dan 200 jaar oud zijn. Bij een leeftijd tussen de 200 en 300 jaar is het zeer aannemelijk dat er degradatie van het houtwerk heeft plaatsgevonden.

4.3 Opties voor herstel kademuren

Op basis van het projectdossier ziet de TU Delft globaal drie opties voor het herstel van de kademuren in de Oude Haven. Deze worden hieronder kort toegelicht.

Hersteloptie 1: [Bestaande fundering handhaven en herstel metselwerk.](#)

Bij deze optie worden geen nieuwe en relatief dure aanvullende onderzoeken/inspecties gestart en dienen de deformaties van de kade periodiek gemonitord te worden. Wanneer de kade daadwerkelijk grote deformaties gaat vertonen of 'naar voren' komt, dient de kade afgesloten te worden en vervangen of gerenoveerd te worden. Het garanderen van een lange restlevensduur van de kadeconstructie is met deze hersteloptie niet mogelijk. Een belangrijk risico van deze optie is dat de kade bij verdere degeneratie of bij overbelasting - ondanks de monitoring - onaangekondigd onklaar wordt of instort. Deze kans is weliswaar klein, maar niet volledig uit te sluiten.

Hersteloptie 2: [Aanvullend toestandsonderzoek naar de fundering en uitstel van de keuze wel of niet renoveren.](#)

Bij deze optie worden nieuwe en relatief kostbare inspecties juist wel uitgevoerd om meer inzicht te krijgen in de actuele toestand van de fundering van de kademuur. Hierbij zijn ook aanvullende en relatief dure rekenanalyses nodig om de sterkte van de kademuur te toetsen. Een belangrijk nadeel van deze optie is dat 100% inspecteren/controleren van de fundering niet realistisch is. Daarnaast kan met de huidige degradatiemodellen voor hout niet voldoende ver vooruit gekeken worden.

Voor de Oude Haven is de kans reëel dat er voor onderdelen niet kan worden aangetoond dat de huidige situatie voldoende veilig is. In dat geval moet er aansluitend aan het onderzoek alsnog direct worden overgegaan tot renovatie van het gedeelte dat niet voldoet.

Mogelijk komt er echter als resultaat uit aanvullend houtonderzoek dat de kade 5 tot 10 jaar langer veilig mee kan, daarna moet er weer opnieuw geïnspecteerd en getoetst worden. Uitspraken voor een periode langer dan 15 jaar zijn vaak niet mogelijk. Grootschalig herstel wordt in dat geval enige tijd uitgesteld. De onzekerheid over de uitkomsten van deze optie zijn relatief groot en er blijft een aanzienlijke kans dat een groot deel van de kade in de Oude Haven (op termijn) alsnog gerenoveerd moet worden. Het is bij deze hersteloptie alsnog nodig het metselwerk op korte termijn te herstellen, met de kans dat het metselwerk weer beschadigt indien de fundering op een later moment instabiel wordt/blijkt.

Hersteloptie 3: [De kade renoveren zonder grootschalige aanvullende onderzoeken](#)

In deze optie wordt de kade gerenoveerd door constructie onderdelen te vervangen. Hiervoor zijn diverse constructieve oplossingen mogelijk (o.a. de voorgestelde oplossing door de firma Leenhouts). Het renoveren van de kade geeft de meeste zekerheid voor de lange termijn en kan direct gecombineerd worden met benodigd onderhoud aan het metselwerk van deze kademuur. Ook een eventuele herinrichting van de Oude Haven kan invloed hebben op de keuze om een lange termijn oplossing te kiezen. Het is meestal niet wenselijk om kort na het opnieuw inrichten van het gebied geconfronteerd te worden met een onverwachte kaderenovatie.

Een voordeel van deze hersteloptie is dat grootschalige nieuwe onderzoeken en inspecties naar de toestand van de fundering niet nodig zijn.

Daarentegen zijn voor dergelijke kaderrenovatie diverse technische oplossingen, die allen een specifiek risicoprofiel, kostenplaatje en impact op de omgeving hebben. De impact op de omgeving zal bij deze hersteloptie relatief groot zijn.

In veel vergelijkbare situaties van twijfel over de veiligheid van de kademuren in de binnenstad wordt in andere gemeentes voor deze hersteloptie gekozen.

4.4 Bomen

De waterbouwsectie van de TU Delft is geen expert op het gebied van bomen. In dit rapport gaan wij daarom alleen nader in op de funderings- en renovatietechniek.

De TU Delft heeft vastgesteld dat het renoveren van de kademuren in de visie van de gemeente los staat van de vraag omtrent het behouden of vervangen van de bomen. In 2011 en 2012 zijn ontwerpen gemaakt voor de herinrichting inclusief beplanting. In 2014 is de conditie van de bomen onderzocht. Voor aanvang van het kaderrenovatie traject was een besluit genomen om de bestaande bomen aan de Oude Haven te vervangen door nieuwe bomen. Aan dit besluit ligt een veel uitgebreidere motivatie ten grondslag, welke niet is opgenomen in deze rapportage.

Voor het projectteam van het renovatieproject is het kappen van de bomen altijd het vertrekpunt geweest. Dit betekent dan ook dat nooit aan het betreffende ingenieursbureau alsmede de inschrijvende aannemers gevraagd is om een plan te maken, waarbij de bomen tijdens de uitvoering gehandhaafd kunnen worden.

Wel heeft de geselecteerde aannemer Leenhouts op eigen initiatief aangegeven dat er een mogelijkheid is om de bomen aan de noordzijde van de Oude Haven (kadedeel I) te handhaven.

Naar de mening van de TU Delft zou het vervangen van de bomen aan de zuidzijde (kadedeel III en IV) heroverwogen kunnen worden. Later in dit rapport wordt hier vanuit een technische invalshoek nader op ingegaan. Wanneer alsnog besloten wordt alle bomen te willen behouden is dat een belangrijke scopewijziging van het renovatieproject. Dit kan gevolgen hebben voor de projectkosten en de uitvoeringsplanning.

Nogmaals wordt gesteld dat het niet aan TU Delft is om aan te geven dat het behoud van de bomen onder alle omstandigheden de voorkeur verdient.

Bij de voorgenomen wijze van uitvoering en herinrichting van de Oude Haven zal sowieso sprake zijn van het terugplaatsen van grote nieuwe bomen.

De (toekomstige) toestand van de huidige dan wel van nieuwe bomen hangt mede af van de bodem- en grondwatergesteldheid. Deze zal mogelijk afwijkend zijn tijdens en na de kaderrenovatie.

5 Beantwoording vragen

5.1 Vraag 1: Noodzaak renoveren kademuur

Eerst en vooral gaat het om de noodzaak van: vergaande vermindering van de grondbelasting op de kade; dan wel de vervanging van de fundering van de kademuur. Dit zijn de twee alternatieven uitgewerkt voor de gemeente en gebruikt voor respectievelijk de omgevingsvergunning en de aanbesteding. Gevraagd wordt het uitgevoerde onderzoek en de integratie daarvan te toetsen in relatie tot de bewezen sterkte van de kademuur.

Antwoord TU Delft:

De kwaliteit van de ter beschikking gestelde projectdocumenten is over het algemeen goed. Het uitgevoerde onderzoek heeft niet geresulteerd in voldoende zekerheid over de basis geometrie van de kadeconstructies. Door het ontbreken van essentiële afmetingen van de funderingen, en door de instabiliteit die zich in het verleden heeft voorgedaan, is er onvoldoende basis voor het toepassen van 'bewezen sterkte' in dit project.

De TU Delft geeft hieronder een nadere toelichting.

Toestand fundering

De afgelopen jaren zijn periodiek (2017-2019) deformatiemetingen uitgevoerd. Deze deformatiemetingen laten zien dat de kades op de meeste locaties vrijwel niet verplaatst is. Dit betekent niet dat er in de periode hiervoor geen deformatie of instabiliteit van de kade is opgetreden. De uitgevoerde onderzoeken naar de toestand van de houtenpaalfundaties hebben niet tot een bruikbaar resultaat geleid. Als gevolg daarvan is nog steeds onduidelijk wat de toestand en basis geometrie van de meeste funderingen is. Alleen ter plaatse van de kopkade (kadedeel II) bleek het mogelijk de houten paalfundatie te inspecteren en werd vastgesteld dat de funderingspalen niet zorgwekkend zijn aangetast. Wel zijn daar tekenen van instabiliteit van de fundering van de kopkade waargenomen, welke mogelijk veroorzaakt zijn door overbelasting [2]. Over de toestand van de fundaties van de overige kades kan op basis van het uitgevoerde onderzoek geen conclusie worden getrokken. Enerzijds omdat de houten paalfundaties niet toegankelijk waren, anderzijds omdat inspecties mogelijk niet diep genoeg doorgezet zijn (kadedeel I en III). De duikploeg heeft aangegeven dat op delen niet uit te sluiten is dat er geen houten palen aanwezig zijn. Dat is overigens onwaarschijnlijk gelet op de draagkracht van de grond direct onder de kademuur. Bij kade deel IV en V zijn geen onderzoeken uitgevoerd naar de toestand van de fundering. Voor deze kades kan dus niet geconcludeerd worden dat de bestaande situatie voor de komende 50 jaar voldoende veilig is. Bovenstaande maakt duidelijk dat de informatie over de toestand alsmede de basis geometrie van de funderingen van de kademuren erg summier is. Dit is overigens niet verwijtbaar aan onderzoekerbureaus. Deze situatie kan niet gemakkelijk worden verbeterd. Bij veel vergelijkbare projecten ondervindt men nadeel van een gebrekkige informatie positie.

Noodzaak reduceren grondbelasting op de kademuur

In het algemeen heeft het reduceren van grondbelasting een gunstige invloed op de stabiliteit van een kademuur. Om dit te realiseren is vaak veel grondwerk nodig achter de kademuur, waardoor de daarmee samenhangende werkzaamheden relatief veel invloed kunnen hebben op de nabij gelegen fundaties van bouwwerken. Daarnaast is er in dit projectgebied een grote kans op andere obstakels o.a. fundaties van 17e /18e-eeuwse kademuren vlak achter de kademuren. Of het reduceren van grondbelasting een goede oplossing is hangt sterk af van de toestand van de fundering. Van de meeste kades is deze niet goed bekend. Naar mening van de TU Delft liggen zowel constructief als uitvoeringstechnisch andere ontwerpoplossingen, zoals het vervangen van de paalfundaties, meer voor de hand. Op basis van de

aangeleverde stukken heeft de optie van het reduceren van grondbelasting niet de voorkeur van de TU Delft.

Uitgangspunten oriënterende berekening

De stabiliteitsberekening van ingenieursbureau Walhout Civil kan gezien worden als een oriënterende verkennende berekening, waarbij conservatieve aannames gemaakt zijn. Deze berekeningen zijn gemaakt om een globaal oordeel te geven over de constructieve veiligheid van de kademuren. In deze berekening zijn dan ook niet alle belastinggevallen en faalmechanismes getoetst. Sommige aannames, zoals de gekozen ontwerpwaterstanden zijn mogelijk te conservatief. In sommige berekeningen is uitgegaan van de optie van het volledig negeren van de huidige (gebrekkige) houten fundering, om daarmee aan te benadrukken dat die situatie onveilig is. De TU Delft vindt deze wijze van redeneren niet overtuigend. Overigens blijkt uit de stukken en uit de interviews met de betrokken partijen dat de keuze om de fundering van de kade te renoveren niet enkel en alleen gemaakt is op basis van deze oriënterende berekeningen.

Een ontbrekend element in de oriënterende berekeningen (en overigens ook in de verificatie van het definitieve ontwerp van de variant Leenhouts B) is dat de belasting op de kade door het gewicht en de windkrachten van de bomen in de huidige en toekomstige situatie niet getoetst wordt.

Toepasbaarheid van de methode 'bewezen sterkte'

Voor het toepassen van de methode 'bewezen sterkte' is het van belang dat voldoende gegevens over de basis geometrie van de constructie aanwezig zijn. Daarnaast dienen de randvoorwaarden, zoals de grondwaterstand, buitenwaterstand en overige historische belastingen bekend te zijn. Verder moet instabiliteit van de kade in het verleden uitgesloten kunnen worden, ofwel er moet een goede verklaring voor zijn die zich alleen maar heeft voorgedaan bij het ingestorte deel. Op kadedeel I en II is instabiliteit waargenomen van de fundering. Tevens is een gedeelte van de 17^e/18^e-eeuwse kademuur van kadedeel IV in 1949 ingestort. Bij het toepassen van de methode 'bewezen sterkte' moet rekening gehouden worden met degradatie van constructie onderdelen. Daar veel van de benodigde input voor de methode 'bewezen sterkte' ontbreekt, acht de TU Delft het toepassen van deze methode voor de problematiek t.a.v. binnenstedelijke kademuren in Zierikzee niet zinvol. Deze methode zou zelfs aanzienlijke risico's introduceren (o.a. een kans op het overschatten van de werkelijke sterkte van de kademuur of constructie onderdelen van de kademuur).

Op basis van de huidige informatie en onderzoeken, resulteert het toepassen van het principe van 'bewezen sterkte' voor de kades met houten constructie onderdelen niet in voldoende garantie over de vereiste constructieve veiligheid en leidt ook niet tot de gewenste garanties over de restlevensduur van de kade.

5.2 Vraag 2: Bewezen sterkte & wijze van uitvoering

In geval kan worden uitgegaan van bewezen sterkte wordt gevraagd de voorgestelde uitvoeringswijze, waarbij het havenbekken langdurig wordt drooggezet voor de renovatie van het metselwerk van de bekleding van de kademuur, te beoordelen.

Antwoord TU Delft:

Bij de beantwoording van vraag 1 wordt geadviseerd om de principes van 'bewezen sterkte' niet toe te passen in dit project. De gestelde vraag is niettemin relevant en is daarom beantwoord.

De TU Delft beoordeelt de voorgestelde uitvoeringsmethode, waarbij het havenbekken langdurig wordt drooggezet, op basis van de ter beschikking gestelde informatie als positief. Een belangrijke reden hiervoor is dat deze methode in het verleden ook al is toegepast op deze projectlocatie. De TU Delft verwacht dat middels een geohydrologisch onderzoek kan worden aangetoond dat er geen schade aan de nabij gelegen funderingen en 't Witte bruggetje zal optreden. Voor zover bekend is dit onderzoek nog niet uitgevoerd.

Verder worden peilbuismetingen en (indien nodig) retourbemaling geacht inbegrepen te zijn in de gekozen werkmethode. Indien tijdens de werkzaamheden blijkt dat het metselwerk tot aan de houten kespen/vloer (op NAP-2 m) hersteld moet worden, zijn mogelijk aanvullende maatregelen nodig.

Nadere toelichting:

Op basis van de aanleverde stukken waarin het effect van het langdurig verlagen van de waterstand in de haven is onderzocht, blijkt dat vooralsnog alleen het opbarsten van de relatief ondoorlatende grondlagen in het havenbekken is gecontroleerd. Het geohydrologische effect van het langdurig verlagen waterstand in het havenbekken tot NAP-1,2m op de omgeving is nog niet onderzocht, terwijl het wel goed mogelijk is om het effect hiervan te berekenen en te voorspellen.

Hoewel de beschikbare peilbuisgegevens doen vermoeden dat de kans op schade aan de fundaties van de aangrenzende woningen/bebouwing klein is, is TU Delft is van mening dat een hydrologische studie of een bemalingsadvies nodig is om eventuele schade uit te sluiten. Het is aan te bevelen om aanvullende ondiepe peilbuizen te plaatsen nabij de woningen en de kademuren, zodat meer inzicht wordt verkregen in de freatische grondwaterstand dichtbij de projectlocatie.

De peilbuizen die reeds geplaatst zijn geven namelijk alleen inzicht in de stijghoogte in het watervoerende zandpakket beneden NAP-7m. De stijghoogte in dit zandpakket is relatief laag en wordt waarschijnlijk direct beïnvloed door de waterstand in de Oosterschelde. De buitenwaterstand in de Oude Haven lijkt vrijwel geen invloed te hebben op de waterstand in dit zandpakket. Over de stijghoogte in de grondlagen vanaf maaiveld tot NAP-7m direct naast de kademuren en fundaties is echter weinig informatie beschikbaar. Peilbuizen wat verder van de projectlocatie laten zien dat de jaarlijkse maxima en minima van de freatische grondwaterstand sterk beïnvloed worden door de hoeveelheid neerslag. In de droge periode zien we dat de grondwaterstand behoorlijk laag kan worden. Ook de ondiepere peilbuizen verder van de projectlocatie laten zien dat de grondwaterstand niet beïnvloed wordt door de waterstand in de Oude Haven. Of dit vlak achter de kademuren ook zo is kan op basis van de reeds geplaatste peilbuizen niet bepaald worden.

5.3 Vraag 3: Drainage en onderloopsheid

In het verlengde van het voorgaande wordt gevraagd een oordeel te geven over het nut en de noodzaak van het aanbrengen van drainage achter de kademuur, het aanbrengen van een afsluitende damwand aan de teen van de kademuur en het weer aanbrengen van verankering van de kademuur.

Antwoord TU Delft

Vraag 3 grijpt terug op 'het voorgaande'. Bij de beantwoording van vraag 1 door de TU Delft wordt geadviseerd om de principes van 'bewezen sterkte' niet toe te passen in dit project. De gestelde vraag over het nut en de noodzaak van de afzonderlijke constructie onderdelen is niettemin relevant en is daarom beantwoord.

Nut en noodzaak drainage: Op basis van de beschikbaar gestelde stukken wordt niet duidelijk waarom gekozen is voor een drainage koffer. Of een drainage nodig is hangt sterk af van de ondiepe grondwaterstand vlak achter de kade waarover nu te weinig bekend is. Het toepassen van een drainage is niet altijd een veilig keuze voor de omgeving. Wij bevelen aan dit aspect nader te onderzoeken en indien mogelijk achterwege te laten.

Nut en noodzaak afsluitende damwand: Het aanbrengen van een afsluitende damwand (onderloopsheidscherm) aan de teen van de kademuur is naar mening van de TU Delft wel nodig.

Nut en noodzaak verankering: Technisch gezien is een hersteloplossing zonder anker goed mogelijk. Deze oplossing brengt eenmalig wat grotere deformaties van de kademuur met zich mee. Het toepassen van ankers kan mogelijk invloed hebben op de nabij gelegen fundering van de panden/bebouwing.

Nadere toelichting

Noodzaak aanbrengen drainage achter de kademuur

Door het toepassen van een drainage systeem wordt de waterdruk op de kademuur verlaagd. Dit werkt gunstig voor de stabiliteit van de kademuur.

Echter de drainage kan de freatische grondwaterstand achter de kade ook lager maken dat in het verleden gebruikelijk. Dat kan nadelige gevolgen hebben voor fundering van panden en voor de bomen.

Verder vergt een drainage systeem onderhoud en is het op de lange termijn niet betrouwbaar.

Bij dit project is het grondpakket achter de kade relatief slecht waterdoorlatend. De verwachting is daarom dat de grondwaterstand sterk beïnvloed zal worden door de hoeveelheid neerslag. Volgens het ontwerprapport zijn de hoge en lage freatische grondwaterstand NAP+2,24m en NAP+1,56m. Het lijkt erop dat deze waterstanden gebaseerd zijn op peilbuizen die relatief ver weg staan van de projectlocatie (Peilbuis CEN13, havenpark nabij huis nr. 30), hierdoor is het niet mogelijk om definitief vast te stellen of een ontwerp zonder drainage haalbaar/realistisch is. Opgemerkt wordt ook dat het maaiveld op enige afstand (ca 100 m) van de kade behoorlijk lager is, wat de freatische grondwaterstand ook beïnvloedt. Peilbuizen op enige afstand zijn daardoor mogelijk niet representatief voor de waterstand direct achter de kade.

Noodzaak aanbrengen afsluitende damwand aan de teen

Onderloopsheid is het transport van grondwater onder de kade door, met het risico van uitspoelen van grond. Dit dient voorkomen te worden. Onderloopsheid kan ontstaan door een groot 'verval' (hoge grondwaterstand en lage buitenwaterstand) over de kade. Hierdoor kan grond achter de kade uitspoelen met grote gaten achter de kade als gevolg. In dat kader is het nodig om een onderloopsheidscherm aan te brengen. Dit kan zowel aan de voorzijde als de achterzijde van de kademuur. Voor een nieuwe kade wordt vaak gekozen voor een oplossing direct achter de vloer (zie kadedeel IV). In dit project is het aanbrengen van een afsluitende damwand noodzakelijk en lijkt het beter haalbaar om dit aan de waterzijdige teen van de kademuur te doen. Het scherm is qua belastingen door grondwaterdruk een integraal onderdeel van het systeem. De damwand moet grond dicht worden verbonden met de kademuur en daaraan worden verankerd vanwege optredende grond- en waterdrukken.

Noodzaak aanbrengen/herstellen van verankering

Een anker kan extra horizontale stabiliteit geven aan de kademuur. In dit project zijn verschillende typen muurankers aangetroffen. Detail informatie over de ankers ontbreekt. Wanneer de hart-op-hart afstand van de ankers sterk varieert, is het aannemelijk dat de ankers geïnstalleerd zijn om de krachten uit afmeervoorzieningen (zoals bolders of afmeerpalen) op te kunnen nemen. Indien dit het geval is het vervangen van de ankers, gezien de huidige functie, niet nodig. Wanneer de ankers een vrij constante 'hart-op-hart' afstand hebben is de kans groot dat in het verleden sprake was van instabiliteit van de fundatie van de kade of dat extra ankers aangebracht zijn om de levensduur van de kade te verlengen. Gezien de lichte uitvoering van de stalen ankers die nu hier en daar zichtbaar zijn, is het ook niet uit te sluiten dat deze ankers bedoeld waren om de klampmuur te verankeren aan de achterliggende gewichtsmuur en/of achterliggende steunberen.

Of het vervangen van de ankers nodig is hangt af van de gekozen ontwerp oplossing. Ook tijdens een eventuele renovatie van de kade dient aandacht te zijn voor de stabiliteit van de kade tijdens de uitvoering. De aanwezigheid van ankers die in slechte conditie verkeren vergroot de kans op het instorten van de kade of het loskomen van de klampmuur tijdens de beoogde werkzaamheden.

Een groot voordeel van het aanbrengen van nieuwe ankers is dat de constructie veel minder zal vervormen in vergelijking met een onverankerde ontwerp oplossing (bijvoorbeeld de voorgesteld schroefinjectiepalen in het alternatief van Leenhouts). Hierbij moet wel opgemerkt worden dat mogelijk extra verticale belasting op

de kade ontstaat als nieuwe ankers onder een hoek aangebracht worden en het draagvermogen ontleen aan het zandpakket beneden NAP-7m. Ook heeft het aanbrengen van nieuwe ankers een mogelijke interactie met de funderingen van nabij gelegen gebouwen.

De TU Delft begrijpt en onderschrijft de overwegingen om in dit project niet te kiezen voor een verankerde ontwerpoplossing. Een ontwerp zonder verankering is technisch goed mogelijk, maar zal leiden tot een grotere horizontale vervorming van de kade. Dit is een belangrijk aandachtspunt bij het ontwerpen van de aansluitingen tussen de kademuren onderling en met de landhoofden van 't Witte bruggetje. Geadviseerd wordt rekening te houden met vervormingen van de kade indien gekozen wordt voor een onverankerde ontwerpoplossing.

5.4 Vraag 4: Risico's variant Leenhouts B en noodzaak kappen bomen

In geval niet, of voor een gedeelte niet, kan worden uitgegaan van bewezen sterkte wordt een beoordeling gevraagd van het alternatief 'Leenhouts B' en de uitvoeringswijze daarvan. Het gaat hier in het bijzonder om een risicoanalyse en de noodzaak van het kappen van de bomen aan de zuidzijde van de haven.

Antwoord TU Delft:

De TU Delft beoordeelt het alternatief 'Leenhouts B' en de uitvoeringswijze daarvan als positief voor de kadedelen I, II, III en V. Dit alternatief heeft veel voordelen ten opzichte van het referentie ontwerp en voldoet aan de eisen die gesteld zijn tijdens de aanbesteding. Desalniettemin is het renoveren van monumentale kademuren in binnenstedelijk gebied nooit zonder risico's.

Voor het kadedeel IV, dat voorzien is van een betonnen fundering, is de TU niet overtuigd dat hier de beste ontwerpoplossing gekozen wordt.

De TU Delft heeft tijdens het doornemen van de stukken een aantal risico's gesignaleerd en deze (voor zover niet reeds genoemd in het Handboek Binnenstedelijke Kademuren) opgenomen in dit rapport. Er wordt benadrukt dat de lijst met risico's niet compleet is. Het noemen van risico's in dit rapport betekent niet dat er door het projectteam onvoldoende of geen aandacht is geweest voor risico's.

Het signaleren van risico's is bedoeld om beheersmaatregelen te identificeren en te nemen. Om projectkeuzes en het verdere projectverloop niet onnodig te beïnvloeden heeft de TU Delft geen voorstel gedaan voor risicobeheersmaatregelen. Dat is aan het projectteam.

Met de voorgestelde uitvoeringswijze van alternatief Leenhouts B, waarbij de stalen buispalen over de volle lengte gegroot ingebracht worden vanaf de landzijde, zal het in stand houden van de bomen op de projectlocatie leiden tot een groot risico op schade aan de bomen en/of het materieel. Gegeven deze wijze van uitvoeren is het naar mening van de TU Delft verstandig de bomen tijdelijk te verplaatsen of te vervangen.

Naar mening van de TU Delft zijn er wel mogelijkheden om de bomen te behouden. Bij kadedeel III kunnen de bomen gehandhaafd worden op de projectlocatie als voor een alternatieve wijze van uitvoering gekozen wordt. Technisch gezien lijkt een andere uitvoeringswijze, waarbij de bomen op locatie kunnen blijven staan, niet onmogelijk. Dit zal overigens wel leiden tot een toename van de projectkosten en mogelijk een langere uitvoeringsperiode. Verder kan ook het risicoprofiel van het project toenemen en nieuwe risico's introduceren. Een verandering in de kosten en de risico's van het project moet worden voorbereid door de aannemer en worden getoetst door de gemeente. Daarna kan worden vastgesteld of de kosten acceptabel zijn.³

³ Het behoort niet tot de taak van TU Delft om de kosten van dergelijke veranderingen te ramen of te toetsen. Veranderingen die aan de hand van dit rapport kunnen worden doorgevoerd zullen in voorkomende gevallen ook tot minder kosten leiden. De indruk bestaat dat het totale project uitvoerbaar is binnen de financiële taakstelling.

Ter plaatse van kadedeel IV kunnen de bomen behouden worden indien voor een andere hersteloplossing gekozen wordt, of indien herstel daar niet nodig blijkt.

Nadere toelichting:

Risico inventarisatie TU Delft alternatief Leenhouts B

De variant Leenhouts B heeft veel voordelen ten opzichte van het referentie ontwerp. Bij civieltechnische projecten in binnenstedelijk gebied zijn er niettemin risico's te benoemen. Het benoemen en vooraf mitigeren van risico's is een gebruikelijke wijze van beheersbaar maken van onverhoopte nadelige effecten van een project op de omgeving.

Een overzicht van de algemene aandachtspunten, raakvlakken tussen project en omgeving en uitvoeringsrisico's is beschreven in hoofdstuk 6 van het handboek Binnenstedelijke kademuren (zie extractie van een aantal tabellen uit dit hoofdstuk in Bijlage A van dit rapport). Veel van de daar genoemde risico's zijn ook van toepassing in dit project.

Naast deze algemene risico's heeft de TU Delft bij het doornemen van de stukken de volgende project specifieke risico's benoemd die moeten worden beschouwd bij het verder uitwerken en realiseren van de variant Leenhouts B:

- De situatie buiten komt op onderdelen niet overeen met de tekeningen. Eigenlijk is dit geen risico maar een gegeven, maar dit kan wel voor vertraging en meerkosten zorgen in het project. Op basis van de aangeleverde stukken lijkt het erop dat de aannemer dit risico geheel bij de gemeente legt.
- Door de werkzaamheden ontstaat schade aan de omliggende funderingen en bomen (o.a. door verlagen van de grondwaterstand en door trillingen).
- Het aanbrengen van de drainage is niet (goed) mogelijk i.v.m. aanwezigheid obstakels (oude kademuren/steunberen).
- Het aanbrengen van het onderloopsheidscherm is niet (goed) mogelijk i.v.m. aanwezigheid obstakels (betonnen ontlastconstructie, betonnen op palen gefundeerde balk)
- Tijdens het werk blijkt dat het metselwerk dieper hersteld worden dan NAP-1,2m. Dit lijkt moeilijk met de voorgestelde bouw-/werkwijze.
- Het metselwerk wordt niet volledig hersteld tot aan houten fundering van de kadeconstructie, hierdoor ontstaat later schade aan de kademuur.
- De stabiliteit van de oude kade tijdens uitvoering is onvoldoende (o.a. tijdens het aanbrengen van de schroefinjectiepalen). Hoge terreinbelasting en mogelijk schade aan bestaande fundatiepalen en ankers hebben de kade reeds verzwakt.
- Het geotechnisch draagvermogen van schroefinjectiepalen is behoorlijk gevoelig voor uitvoeringsparameters. De kans bestaat dat het draagvermogen in werkelijkheid lager is. Wanneer de houten fundatiepalen t.z.t. bezwijken treden dan alsnog zakkingen op.
- Door obstakels achter de kade t.p.v. kadedeel IV komen de schroefpalen niet op diepte.
- De toestand en restlevensduur van de betonpalen en gewapend betonnen vloer bij kadedeel IV is onbekend. Deze palen hebben een permanente functie. Wanneer er alsnog schade of vergaande degradatie van de betonpalen aanwezig is, kan dit met deze ontwerplossing alsnog leiden tot instabiliteit van de kade.
- Tijdens het aanbrengen van de schroefinjectiepalen komt grout in het buitenwater.
- Er wordt gesteld dat de holle ruimtes automatisch opgevuld worden met het grout van de SI-palen. Kans is aanwezig dat de ruimtes onder de kade niet goed opgevuld worden, waardoor dit in de toekomst leiden tot zakkingen achter de kademuur.
- Sterkte en samenhang van het metselwerk van de gewichtsmuren vallen tegen in relatie tot de gekozen diameter en onderlinge afstand van de schroefinjectiepalen, ontwerplossing blijkt moeilijk. Overwogen kan worden om te starten met een proefpaal en een alternatief ontwerp met kleinere diameter buispalen.
- De kademuur is niet voorzien van een verankering, waardoor deze ontwerplossing relatief veel zal vervormen. Deze vervormingen ontstaan pas als de oude fundatie bezwijkt. Hierdoor kan schade ontstaan ter plaatse van de aansluitingen met 't Witte bruggetje en tussen de kades onderling.

- Bij de keuze voor het aanbrengen van een drainage is onvoldoende rekening gehouden met het behouden en/of plaatsen van nieuwe bomen, waardoor na de renovaties alsnog schade ontstaat aan de bomen of dat deze een kortere levensduur hebben.

Detail opmerkingen op het ontwerp:

- De aangehouden grond- en buitenwaterstanden in het ontwerp komen niet overeen met de werkelijkheid. De kade is onderdeel van een secundaire waterkering. In het ontwerp wordt hier weinig/geen aandacht aan besteed.
- Een analyse over hoe om te gaan met de aanwezigheid van steunberen in relatie tot het draagvermogen van de schroefinjectiepalen ontbreekt.
- Er lijken geen eisen gesteld aan baggertoleranties, roergrenzen van onderhoudsbaggerwerk en marges voor aanzanding/sedimentatie. Verder lijkt geen rekening gehouden te zijn met de aanwezigheid van slib in het havenbekken (grondonderzoek aan de waterzijde/in de haven ontbreekt). Hierdoor is de constructiediepte van de kade mogelijk niet representatief voor de werkelijkheid.
- Er is onvoldoende/geen rekening gehouden met toekomstige corrosie van de schroefinjectiepalen en de stalen damwand.
- In het ontwerp van de drainage zijn geen doorspuitvoorzieningen vanaf maaiveld voorzien. Dit is momenteel wel gebruikelijk bij een dergelijk drainage systeem.
- Er is geen uniforme aanpak voor gevolgklassen van constructieve veiligheid. In de diverse stukken worden alle drie de mogelijke gevolgklassen genoemd.
- De belasting door bomen is niet meegenomen in ontwerp, hierdoor kan tijdens de levensduur nieuwe schade ontstaan aan de kademuur.

Nogmaals benadrukt de TU Delft dat de hierboven genoemde risico's niet betekenen dat er tot nu toe geen of onvoldoende aandacht is geweest voor risico's in dit project. De TU Delft adviseert een multidisciplinaire risico analyse te maken voor het vervolg van dit project en passende beheersmaatregelen te nemen alsmede om de risico's te kwantificeren. Tevens moet duidelijk zijn welke partij verantwoordelijk is indien het redelijkerwijs te accepteren restrisico zich voordoet.

Is het technisch mogelijk de bomen te behouden aan de zuidzijde te behouden geven voorgestelde variant Leenhouts B?

Partijen dienen zich te realiseren dat het feit dat deze vraag opnieuw kan worden gesteld een afgeleide is van het feit dat de firma Leenhouts met deze alternatieve ontwerpoplossing heeft ingeschreven. Met de aanvankelijk door de gemeente geaccepteerde uitvoeringswijze in het referentie ontwerp was/is het behoud van de bomen in het geheel niet mogelijk.

In de voorgestelde werkwijze van de variant Leenhouts B worden de schroefinjectiepalen vanaf het land aangebracht. Hierbij worden de stalen buizen in hun volledige lengte aangebracht startend vanaf het niveau boven maaiveld. De kroon van de bomen aan de zuidzijde (kadedeel III en IV) reikt tot aan de voorkant van de kademuur aan de zuidzijde. De vrije werkhoogte is beperkt. Duidelijk is dat er bij de voorgestelde werkwijze, zonder inkorten van de stalen buispalen, een interactie is met de kruin van de bomen (Fig. 5). Het oordeel van de TU Delft is dat het met de voorgestelde en beoogde werkwijze door Leenhouts schade aan de bomen en/of materieel onvermijdelijk is. Deze werkmethode zou naar verwachting niet zijn voorgesteld indien de eis was dat de bomen moesten worden gehandhaafd.

Het alsnog handhaven van de bomen is een serieuze wijziging van uitgangspunten van dit project. De gevolgen hiervan (met betrekking tot tijd, projectkosten en restlevensduur van de bomen door het veranderen van de geohydrologische situatie) moeten niet onderschat worden.

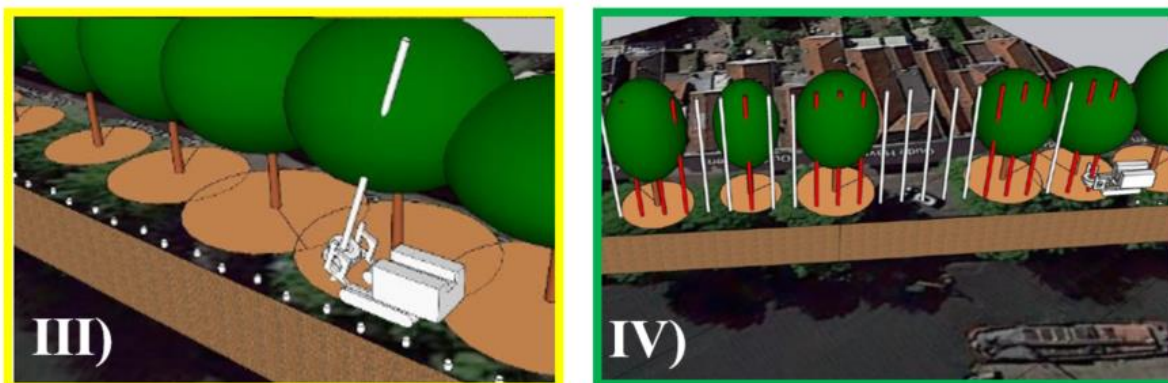


Fig. 5. Interactie tussen bomen aan de zuidzijde van de Oude Haven t.p.v. kadedeel III (links) en IV (rechts) gegeven uitvoeringswijze variant Leenhouts B [4].

Technisch lijkt het mogelijk om de stalen buispalen in secties aan te brengen en in het werk aan elkaar te koppelen. Deze methode is voornamelijk niet voorzien in dit project, maar wel kansrijk om de bomen ter plaatse van kadedeel III te behouden. Mogelijk heeft dit wel effecten op de groutlengte van de palen, waardoor constructieve aanpassingen nodig zijn in het ontwerp. Projectkosten en uitvoeringsduur kunnen hierdoor toenemen.

Technisch gezien zijn het ook mogelijk om de werkzaamheden vanaf het water uit te voeren, bijvoorbeeld met een werkplatform op palen. Dit biedt een mogelijkheid om veel bomen te behouden. Het plaatsen van de schroefpalen vanaf het water heeft ook het voordeel dat er minder kans is op het instorten van de bestaande kademuur tijdens de werkzaamheden. De schoorstand van de palen, de ruimte in de haven, alsmede het getijde in de haven zijn belangrijke aandachtspunten. Dit veroorzaakt mogelijk constructieve aanpassingen, extra kosten en langere uitvoeringstijd.

Het projectteam van de gemeente heeft aangegeven dat ruim voor de aanvang van dit project reeds door de gemeenteraad besloten is om de bomen nabij de Oude Haven te vervangen. De Bewonerscommissie stelt vragen of dit besluit daadwerkelijk genomen is. Nu kan opnieuw worden overwogen of de bomen het waard zijn om te behouden. Indien in dit stadium van het project alsnog besloten wordt alle bomen te behouden is dit een belangrijke wijziging van de projectscope, met mogelijk gevolgen voor de gekozen ontwerp oplossing en/of werkmethode. De TU Delft kan niet inschatten wat hiervan de consequenties zijn in tijd en geld.

Indien de gemeenteraad en de bewoners(commissie) het eens worden dat het wenselijk is alle bomen te behouden, dan adviseert de TU Delft de gemeente om een bomenexpert toe te voegen aan het bouwteam. Er blijft wel altijd een risico dat de bomen alsnog beschadigen tijdens de werkzaamheden, overigens ook aan de noordkant van de haven. Garanties hieromtrent zijn vrijwel niet te geven.

5.5 Vraag 5: Bewezen sterkte versus de uitvoeringswijze

Na te gaan of een minder ingrijpende uitvoeringswijze kan worden overwogen, bijvoorbeeld zoals destijds in 1981 bij de Nieuwe Haven heeft plaatsgevonden. Hierbij gaat het met name om het behoud van bomen, effecten in de omgeving en kostenefficiëntie.

Antwoord TU Delft:

Voor het herstellen en vervangen van kademuren zijn diverse oplossingen mogelijk. De kosten van deze oplossingen kunnen sterk uiteenlopen en hebben vaak ook een andere restlevensduur. In dit project spelen de eisen ten aanzien van de ontwerp levensduur van 50 jaar, de monumentale waardering en de secundaire waterkering een belangrijke rol. Hoewel er de nodige aandachtspunten zijn ten aanzien van de uitvoeringswijze van het alternatief Leenhouts B, is dit naar mening van de TU Delft een kostenefficiënte herstel oplossing die aan de door de gemeente gestelde eisen voldoet.

Voor de kades die voorzien zijn van een houten paalfundering (I, II, III en V) onderschrijft de TU Delft de voorgestelde ontwerpoplossing variant Leenhouts B. De risico's die samenhangen met dit alternatief lijken beheersbaar. De TU Delft ziet de volgende mogelijkheden tot optimalisatie:

- 1) Een ontwerp maken zonder drainagekoffer. Indien dit niet mogelijk het realiseren van een drainage zonder tijdelijke bemaling, bijvoorbeeld door een sleuf maken achter de kademuur en lokaal met een kist door de aansluiting met de kade realiseren.
- 2) Op een aantal locaties is reeds een betonbalk aanwezig, mogelijk is hier geen onderloopsheidscherm nodig. Dit zou tijdens het werk onderzocht kunnen worden.
- 3) Werken vanaf het water kan het risico op schade tijdens het installeren van de schroefinjectiepalen reduceren.
- 4) Voor kadedeel IV adviseert de TU aanvullend onderzoek naar de toestand van de fundering en herberekening. Wanneer uit aanvullend onderzoek naar de toestand van de betonnen vloer en de fundatiepalen blijkt dat de levensduur van kadedeel IV verlengd kan worden is het voorstel om deze kade te behouden en deze dus niet te renoveren.

Nadere toelichting:

Wij zien de oplossing die in het verleden toegepast is bij de Nieuwe Haven als 'familie van' de oplossing Leenhouts B. Bij nadere uitwerking van de oplossing Leenhouts B kan het verschil met de methode die is toegepast bij de Nieuwe Haven nog kleiner worden. De oplossing die destijds in 1981 uitgevoerd (Fig. 6) is, heeft als groot voordeel t.o.v. variant Leenhouts B dat de kade horizontaal verankerd is. In het algemeen is de TU Delft een voorstander van een verankerde oplossing. In dit project heeft de gemeente aangegeven dat een verankering onder de fundatie van nabijgelegen woningen ongewenst is. Verder konden in 1981 de bomen worden behouden, omdat de afstand tot de kruin van de bomen en de voorkant van de kade veel groter was. Met de ontwerpoplossing en uitvoeringswijze zoals gekozen in 1981 in de Nieuwe Haven zou de problematiek ten aanzien van de bomen in de Oude Haven niet opgelost zijn. Diverse takken reiken namelijk over de voorkant van de kade in de Oude Haven.



Fig. 6. Herstelmethode Nieuwe Haven 1981; herstellen metselwerk, aanbrengen schroefpalen en nieuwe verankering.

Al deze methoden maken gebruik van palen waarbij de kademuur vertikaal gesteund wordt en de grond achter de kademuur kan inklinken. Dit principe verschilt niet van de huidige toestand van de kademuur omdat deze nu ook al steunt op funderingspalen, waarbij deze palen ook horizontale belasting op kunnen nemen.

6 Eindoordeel en advies

In het beantwoorden van de vragen ligt een advies over de projectaanpak besloten. In dit hoofdstuk vatten wij dit advies en onze aanbevelingen samen. Dit advies is gebaseerd op de eerder beschreven herstelopties.

Naar mening van de TU Delft is het handhaven van de bestaande funderingen in combinatie met alleen cosmetisch herstel van het metselwerk, oftewel hersteloptie 1, een korte termijn oplossing. Op lange termijn introduceert deze optie relatief veel risico's en heeft derhalve niet de voorkeur. Verder is ons advies om in dit project geen gebruik te maken van de methode 'bewezen sterkte', maar in te zetten op het zorgvuldig definiëren van de uitgangspunten (o.a. waterstanden, belastingen en sterkte parameters van de grond).

De TU Delft onderschrijft de keuze om voor de ontwerplevensduur 50 jaar aan te houden wanneer gekozen wordt voor het renoveren van de kademuur. De vereiste minimale ontwerplevensduur voor 'Monumentale gebouwen' van 100 jaar is vrij zwaar.

Kadedeel I, III en V (Kademuren gebouwd voor 1815)

Gezien de leeftijd van deze kademuren, mogelijk falen van de fundering in het verleden, het ontbreken van gegevens over de basis geometrie van deze kades en de kennis over degradatie van hout heeft het renoveren van deze kademuren de voorkeur (hersteloptie 3). De TU Delft acht de kans namelijk erg groot dat nieuw onderzoek naar de 200 en mogelijk zelfs 300 jaar oude funderingspalen en overige houten constructie onderdelen zal uitwijzen dat restlevensduur van deze kade zeer beperkt is. Bovendien is het benodigde onderzoek, gezien de bereikbaarheid van de houten constructie onderdelen, relatief duur. Het lijkt de TU Delft dan ook beter te investeren in het renoveren van de kade. De methode Leenhouts B vormt hiervoor een goede basis en de bij deze aanpak behorende risico's lijken beheersbaar.

Aan de zuidzijde (kadedeel III) dient rekening gehouden te worden met belasting door bomen op de kade.

Kadedeel II (Kopkade Kraanplein gebouwd in 1891)

Hoewel deze fundering ook al circa 130 jaar oud is, verkeert deze niet in zorgwekkende staat. De onderzochte houten palen kunnen nog langer mee. Het kan overwogen worden deze kade opnieuw met een eindige elementen berekening (Plaxis) rekenkundig te toetsen, waarbij eerst kritisch naar de ontwerputgangspunten (o.a. waterstanden, belastingen, geotechnische parameters en constructiediepte) gekeken dient te worden. Op basis van deze rekenresultaten kan vastgesteld worden of het nodig is deze kade te renoveren. Er is een kans dat op basis van deze aanvullende analyse een restlevensduur van 50 jaar gegarandeerd kan worden. De duikinspectie van Nebest geeft niettemin enige zorg ten aanzien van een vroegere instabiliteit van de fundering. De bovenbouw is lokaal enkele centimeters ten opzichte van de onderbouw verplaatst, mogelijk veroorzaakt door een overbelasting in het verleden [2]. Dat laatste kan een overweging zijn om de fundering van deze kademuur ook te vervangen (Hersteloptie 3). De methode Leenhouts B vormt hiervoor een goede basis en de bij deze aanpak behorende risico's lijken beheersbaar.

Kadedeel IV (Kade gebouwd in 1949)

Deze kade is voorzien van een gewapende betonnen vloer en prefab betonnen fundatiepalen. Gezien de ervaringen met deze betonnen constructie onderdelen is de kans groot dat de levensduur van deze kade ongewijzigd verlengd kan worden. De restlevensduur van betonwerk is veel beter te bepalen dan van hout. Verder is veel informatie beschikbaar over de basis geometrie van de kademuur. Geadviseerd wordt om eerst een eindige elementen berekening te maken (Plaxis), gebaseerd op opnieuw vast te stellen belastingen en waterstanden. Hierbij dient aangenomen te worden dat het betonwerk in goede staat verkeert. Op basis van deze uitkomsten van deze berekening kan vastgesteld worden of een aanvullende inspectie nodig is om de veronderstelde goede toestand van het betonwerk te verifiëren. Een

aandachtspunt is wel dat verkeersbelasting op de kademuur - vooral daar waar een bocht gemaakt wordt - nauwkeuriger gemodelleerd dient te worden. Verder dient ook de belasting door bomen meegenomen te worden. Voor deze kade adviseert de TU Delft hersteloptie 2.

Mocht blijken dat deze kade alsnog gerenoveerd moet worden dan adviseert de TU Delft om voor een andere hersteloplossing te kiezen. De aangedragen hersteloplossing met schroefinjectiepalen achter de kade heeft een aantal nadelen ten opzichte van andere ontwerp oplossingen.

Bomen nabij Oude Haven

Zoals al eerder beschreven is het niet aan de TU Delft om een advies te geven over de restlevensduur van de bomen. Duidelijk is dat de bomen aan de zuidzijde (kadedeel III en IV) niet behouden kunnen worden binnen de voorgenomen wijze van uitvoering in plan Leenhouts B.

Indien de gemeente alsnog overweegt om alle bomen rond de Oude Haven te willen behouden is dat een belangrijke scopewijziging van dit renovatieproject. Het gevolg hiervan is dat het bouwteam 'terug moet naar de tekentafel' om een aangepaste wijze van uitvoering vast te stellen. Technisch gezien ziet de TU Delft wel mogelijkheden, maar deze zijn naar verwachting duurder dan de voorliggende werkmethode en ontwerp oplossing. De financiële gevolgen zijn op dit moment onbekend. Geadviseerd wordt dit nader uit te zoeken.

Verder vraagt de TU Delft aandacht voor het volgende: in het ontwerp van de kade renovatie volgens Leenhouts B is nu een drainage systeem voorzien. Het effect hiervan op de grondwaterstand lijkt niet onderzocht, waardoor de invloed op bestaande als ook op nieuwe bomen en op nabijgelegen funderingen onbekend is. Geadviseerd wordt indien mogelijk de drainage achterwege te laten, of – indien dat niet mogelijk is - de effecten van de drainage nader te onderzoeken.

Aanbevelingen

Hieronder volgt een opsomming van overige aanbevelingen:

- De gemeente wordt geadviseerd om de (uitvoerings)technische en financiële consequenties van het behouden van de bomen aan de zuidzijde te onderzoeken en inzichtelijk te maken. Te denken valt aan aanpassen palenplan, schoorstand, lengte paalsegmenten, positie boormachine, etc.
- Het wordt aanbevolen om enkele extra peilbuizen te plaatsen in de ondiepe grondlagen nabij de kademuur en de fundaties van de woningen.
- Er wordt geadviseerd om een geohydrologisch en/of bemalingsadvies op te stellen, waarbij in meer detail naar het beïnvloeden van de freatische grondwaterstand op de omgeving worden gekeken. Denk hierbij aan de fundaties van de gebouwen, maar ook aan de stabiliteit van het landhoofd van t' Witte bruggetje. De studie kan uitsluitsel geven over de beïnvloeding tijdens de bouw, en ook in de gereede toestand.
- Het wordt aanbevolen om in het bouwteam samen met de ontwerper van de kademuren nogmaals kritisch naar de aan te houden waterstanden, grondwaterstanden, belastingen en waterbodemdieptes te kijken.
- Het wordt aanbevolen om daarna een ontwerp te maken zonder drainage systeem.
- Het opstellen en onderhouden van een integraal risicodossier is zeer aan te bevelen. Naast de risico's die reeds gesignaleerd zijn in dit project wordt aanbevolen de input van de TU Delft alsmede de risico's genoemd in het handboek Binnenstedelijke kademuren hierbij mee te nemen.
- Indien besloten wordt de bomen te handhaven wordt aanbevolen een boomexpert toe te voegen aan het bouwteam.

Geciteerde stukken

- [1] BWZ adviseurs en architecten, 2020. Kademuren Oude Haven Zierikzee, samenvatting bouwhistorisch onderzoek.
- [2] Nebest, 2018. Zierikzee Oude Haven; onderzoek kademuren. Rapportnummer 34224.
- [3] Leenhouts, 29-04-2020. Memo met antwoorden op vragen advies zaak 143614 Gewijzigd plan Oude Haven
- [4] Waterland projecten. Notitie: Uitvoering versteviging kademuren Oude haven Zierikzee.
- [5] Uffelen, E. van, & Bijlsma, L., (2020). Bevindingen rapport. Een analyse van het in opdracht van de gemeente Schouwen-Duiveland uitgevoerde onderzoek voor de renovatie van de kademuur van de Oude Haven in Zierikzee. November 2020.

Gelezen stukken

Alle ter beschikking gestelde stukken.

Bijlage A Extractie Hoofdstuk 6 handboek binnenstedelijke kademuren

Tabel 25 Aandachtspunten bij de afstemming tussen ontwerp en uitvoering.

Aandachtspunt	Mogelijke knelpunten tijdens uitvoering	Maatregelen in ontwerp
Omgevingsobjecten (panden, K&L, wegen, bomen, etc.)	Schade door trillingen	Onderdelen dienen trillingsvrij/-arm aangebracht kunnen worden
	Schade door conflicten tussen nieuw ontworpen onderdelen en aanwezige omgevingsobjecten	- Vroegtijdig inventariseren aanwezige omgevingsobjecten (inmetingen, Klic-meldingen, archiefonderzoek, etc.) en ontwerp hierop aanpassen - Voorschrijven vooropname
	Schade door manoeuvreren materieel	Onderdelen nabij schadegevoelige omgevingsobjecten dienen aangebracht te kunnen worden met minimale manoeuvres van het materieel
	Schade door bemaling	- Zodanig ontwerp dat er geen/beperkte bemaling nodig is tijdens de uitvoering (metsel-, beton- en laswerk zoveel mogelijk boven waterlijn) - Gecontroleerd bemalen, bij voorbaat in een bouwkuip.
Omwonenden	Bouwoverlast (o.a. geluid, trillingen, etc.)	- Onderdelen dienen trillingsvrij/-arm aangebracht kunnen worden - Minimaliseren hoeveelheden te heien onderdelen - Maximaliseren te prefabriceren onderdelen (minimaliseren bouwtijd op locatie)
	Veiligheid omwonenden tijdens bouwwerkzaamheden	Zodanig ontwerp dat gevaarlijke (hij)smanoeuvres kunnen worden voorkomen/beperkt
(Vaar)wegverkeer	Stremming/hinder autowegverkeer	- Ontwerp zodanig insteken dat werkzaamheden (zoveel mogelijk) vanaf de waterzijde kunnen worden uitgevoerd - Maximaliseren te prefabriceren onderdelen (minimaliseren bouwtijd op locatie)
	Stremming/hinder vaarwegverkeer	- Ontwerp zodanig insteken dat werkzaamheden (zoveel mogelijk) vanaf de landzijde kunnen worden uitgevoerd - Maximaliseren te prefabriceren onderdelen (minimaliseren bouwtijd op locatie)
Transportroute	Beperking afmetingen (hoogte, breedte, lengte, diepgang) en toegestane aslasten van transportvoertuigen	In ontwerp rekening houden met maximale afmetingen en gewicht van te transporteren onderdelen
Beschikbare bouwruimte	Beperkte manoeuvreerruimte voor materieel	Onderdelen dienen aangebracht te kunnen worden door materieel wat kan manoeuvreren in de beschikbare ruimte
	Beperking in toegestane bouwbelasting	Onderdelen dienen door materieel te kunnen worden aangebracht welke voldoen aan de maximale bouwbelasting (eventueel m.b.v. drukverdelende maatregelen)
	Beperkte ruimte voor hulpconstructies	Rekening houden met beschikbare hulpconstructies voor de beperkte ruimte
Waterstanden	Geen/beperkte bemaling mogelijk ivm zettingsgevaar	- Zodanig ontwerp dat er geen/beperkte bemaling nodig is tijdens de uitvoering (metsel-, beton- en laswerk zoveel mogelijk boven waterlijn) - Gecontroleerd bemalen, bij voorbaat in een bouwkuip.
	Constructieonderdelen onder/rond de waterlijn	Metsel-, beton- en laswerk (zoveel mogelijk) boven waterlijn
Levertijden	Materialen niet tijdig leverbaar	Rekening houden met levertijden materialen

Tabel 26 Aandachtspunten bij de uitvoering.

Nr.	Onderdeel	Activiteiten	Specifieke aandachtspunten in uitvoering
1	Grondwerk	Ontgraven	• K&L • Flora & Fauna • Archeologische objecten • NGE (Niet Gesprongen Explosieven) • Stabiliteit omliggende objecten • Kwaliteit van de grond
		Tijdelijk opslag grond	• Ruimte en vergunning voor depot • Grondtransport door binnenstad (over weg of water)
		Aanvullen	• Verdichtingsgraad grond • Kwaliteit van de grond • Schade door verdichting door trillingen
2	Baggerwerk	Ontgraven vaarweg voor kade	• Flora & Fauna • Maximale toelaatbare baggerdiepte (ivm stabiliteit kade) • Kwaliteit van de grond
		Afvoeren vrijkomende slib/grond	• Grondtransport door binnenstad (over weg of water) • Verwerker voor vrijkomende slib/grond
3	Sloopwerk	Verwijderen metselwerk	• Flora & Fauna • Puin in water
		Verwijderen verankering	• Stabiliteit kade
		Verwijderen betonconstructie (gewichtsmuur/sloof)	• Geluidsproductie • Puin in water • Trillingen
		Verwijderen damwand	• Trillingsinvloed op omgevingsobjecten (zettingen) • Trillingshinder (personen, gevoelige apparaten) • NGE (Niet Gesprongen Explosieven) • Manoeuvreerruimte voor materieel
		Verwijderen funderingspalen	• Trillingsinvloed op omgevingsobjecten • Trillingshinder (personen, gevoelige apparaten) • NGE (Niet Gesprongen Explosieven) • Manoeuvreerruimte voor materieel • Kans op paalbreuk • Zettingen ten gevolge van ontstaan ruimte in de bodem
4	Heiwerk	Aanbrengen funderingspalen	• Trillingsinvloed op omgevingsobjecten • Trillingshinder (personen, gevoelige apparaten) • NGE (Niet Gesprongen Explosieven) • K&LManoeuvreerruimte voor materieel • Obstakels in de ondergrond
		Aanbrengen damwand	• Trillingsinvloed op omgevingsobjecten • Trillingshinder (personen, gevoelige apparaten) • NGE (Niet Gesprongen Explosieven) • K&L • Manoeuvreerruimte voor materieel • Obstakels in de ondergrond

Nr.	Onderdeel	Activiteiten	Specifieke aandachtspunten in uitvoering
5	Verankering	Aanbrengen grout-/ legankers	- Archeologische objecten - NGE (Niet Gesprongen Explosieven) - K&L - Aanwezige (ondergrondse) omgevingsobjecten - Manoeuvruurruimte voor materieel - Eigendomsgrenzen in het gehele ankergebied
6	Betonwerk	Aanbrengen gewichtsmuur/ deksloof in het werk gestort	- Waterstanden - Buitentemperatuur - Hulpconstructies (zie 10) - Aanvoer beton (zie 9)
		Aanbrengen gewichtsmuur/ deksloof prefab	- Transport prefab elementen (zie 9) - Handeling prefab elementen op locatie
7	Staalwerk	Aanbrengen ankerplaten, deksloof en/of kademeubilair (bolders, trappen, etc.)	- Waterstanden - Conservering (beperking onder water)
8	Metselwerk	Metselen voorzetwand	- Waterstanden - Buitentemperatuur
9	Transport	Aan- en afvoer materieel en materialen	- Over water of over land - Beperkingen afmetingen en gewichten - Vergunningen - Verkeersmaatregelen/-omleidingen
		Overslag op bouwlocatie	- Capaciteit hijsvoorzieningen versus beschikbare ruimte - Ruimte voor opslag
10	Hulpconstructies	Bouwkuip	- Positie stempeling - Bemaling - Stabiliteit omliggende objecten - Zie 4 aanbrengen damwand
		Betonbekistingen	Waterstanden
		Sleufbekisting	Stabiliteit omliggende objecten

Tabel 27 Uitvoeringsrisico's.

1	Schade aan omgevingsobjecten (panden, K&L, wegen, kunstwerken, etc.)	Trillingen door funderingswerkzaamheden (heien en trillen)	Zie par. 6.6.3 Voorzorgsmaatregelen trillings- en deformatieschade
		Manoeuvres van materieel	- Zie par. 6.6.3 Maatregelen Kabels & Leidingen - Toepassen van beschermingsconstructies (rijplaten, draglineschotten, etc.)
2	Ontoelaatbare hinder omwonenden	Geluid bouwwerkzaamheden overschrijden maximaal toelaatbare waarden	Zie par. 6.6.3 Voorzorgsmaatregelen geluidsoverlast
		Omwonenden onvoldoende geïnformeerd over bouwwerkzaamheden	Zie par. 6.6.4 Communicatie met derden (publiekscommunicatie)
3	Ontoelaatbare hinder (vaar) wegverkeer	Onvoldoende communicatie met (vaar)wegbeheerders	Zie par. 6.6.4 Communicatie met derden

4	Ongelukken/ongevallen in openbare ruimte	Onveilige situaties in openbare ruimte door bouwwerkzaamheden	Zie par. 6.6.3 Voorzorgsmaatregelen openbare ruimte
5	Schade aan Milieu, Flora & Fauna	Tijdens bouwwerkzaamheden onvoldoende rekening houden met Milieu, Flora & Fauna	Zie par. 6.6.3 Voorzorgsmaatregelen hinder Milieu, Flora & Fauna
6	Instabiliteit kademuur in bouwfase	Overschrijden van de maximaal opneembare bouwbelasting achter kademuur	- Inventariseren bovenbelastingen materieel achter kademuur per bouwfase - Bepalen maximaal toelaatbare bovenbelasting achter kademuur per bouwfase - Indien optredende bovenbelasting groter is dan toelaatbare bovenbelasting aanpassen uitvoeringsmethodiek (werken vanaf water, ander materieelinzet, aanpassen bouwfasering, etc.)
		Waterbodem voor kademuur te diep uitbaggeren	Bepalen maximaal toelaatbare baggerdiepte (inclusief baggertoleranties)
		Onjuiste bouwfasering	- Bouwfasering aangehouden in ontwerpfase aanhouden in uitvoeringsfase - Afstemming bouwfasering tussen ontwerp en uitvoering
7	Constructieonderdelen kunnen niet worden aangebracht	Obstakels in de ondergrond	- Zie par. 6.6.3 Maatregelen Kabels & Leidingen - Archiefonderzoek naar voormalige en bestaande constructies in de ondergrond - Onderzoek op locatie (interviews, proefsleuven, inmeten, etc.)
		Onmogelijk onderdelen naar bouwlocatie te transporteren	- Inventariseren beperkingen transportroutes - In ontwerp rekening houden met beperkingen in transportroutes (afstemming ontwerp met uitvoering, zie par. 6.3) - Overleg en afspraken met (vaar)wegbeheerders, zie par. 6.6.4 Communicatie met derden
		Onmogelijk onderdelen over te slaan op de bouwlocatie	- Inventariseren mogelijkheden voor overslag op bouwlocatie (benodigde hijscapaciteit in relatie tot beschikbare ruimte) - In ontwerp rekening houden met mogelijkheden voor overslag (afstemming ontwerp met uitvoering) - Hijsvoorzieningen afstemmen op beschikbare ruimte
		Geen materieel beschikbaar om onderdelen aan te brengen	Inventariseren beschikbare materieel (geluidsproductie, beschikbare ruimte, capaciteit, etc.)In ontwerp rekening houden met beschikbaar materieel (afstemming ontwerp met uitvoering)
		Onvoldoende ruimte voor materieel op bouwlocatie aanwezig om onderdelen aan te brengen	- Inventariseren beschikbare ruimte voor materieel - In ontwerp rekening houden met mogelijk in te zetten materieel (afstemming ontwerp met uitvoering)
		Bouwlocatie NGE-verdacht	- Historisch onderzoek - Verkennd onderzoek - Nader onderzoek - Opruimen gevonden NGE