

Fort Sint-Filips 2022

Geïntegreerde sanering,
natuurontwikkeling &
project voor waterkering
en haveninfrastructuur.

Uitg. Astrid Verheyen &
Michaël De Beukelaer-Dossche



Fort Sint-Filips 2022

Geïntegreerde sanering,
natuurontwikkeling &
project voor waterkering
en haveninfrastructuur.

Uitg. Astrid Verheyen &
Michaël De Beukelaer-Dossche













© Port of Antwerp, Sweco, DEME Environmental, Jan De Nul, ABO nv, De Vlaamse Waterweg nv, FelixArchief, Stadsarchief Antwerpen en de auteurs.

Alle rechten voorbehouden. Niets uit deze uitgave mag worden vermenigvuldigd, opgeslagen in een geautomatiseerde gegevensbestand, of openbaar gemaakt, in enige vorm of op enige wijze, hetzij elektronisch, mechanisch, door fotokopieën, opname of op welke manier dan ook, zonder voorafgaande schriftelijke toestemming van de uitgever.

De uitgevers hebben er maar gestreefd de rechten van de illustraties volgens de wettelijke bepaling te regelen. Diegenen die toch menen zekere rechten te kunnen doen gelden, kunnen zich alsnog tot de uitgevers wenden.

A Historiek

- P. 15 **Schelde/Haven**
- P. 19 **Fort Filips 16^{de} eeuw**
–20^e eeuw

B Doelstellingen

- P. 27 **Sigmaplan**
- P. 35 **Bodemsanering**
OVAM - ABO - TALBOOM
- P. 39 **Leidingencorridor**
POA - ANATEA

C Vooronderzoek

- P. 45 **Milieuhygiënisch**
ABO - TALBOOM
- P. 51 **Grondonderzoek**
BAAC - GEOTECHNICS
- P. 53 **Hydrodynamiek**
WL

D Ontwerp

- P. 69 **Bodemsaneringsproject**
ABO
- P. 81 **Technisch ontwerp**
SWECO

E Financiering & Procedures

- P. 107 **Samenwerking**
DVW - POA
- P. 111 **Interreg Smartsediment**
DVW
- P. 113 **Samenwerking gebruikers van de buffervijver**
POA
- P. 115 **Vergunningen**
DVW - SWECO
- P. 117 **Aanbesteding**
DVW

F Uitvoering

- P. 131 **Vorbereiding**
TM - DVW - POA
- P. 135 **Inleiding sanering**
TM - ABO
- P. 137 **Zone 1**
TM - ABO
- P. 151 **Zone 2**
TM - ABO
- P. 161 **Zone 3 & 4**
TM - ABO
- P. 165 **Civiele werken**
TM
- P. 173 **Dijkwerken**
TM
- P. 177 **Zink- en zoolstukken**
TM
- P. 181 **Grondwerken**
TM
- P. 185 **Aanleg Kribbe**
TM
- P. 195 **Milieukundige opvolging saneringswerken**
TM - ABO - DVW - POA - SWECO

G Beheer & Monitoring

- P. 203 **Kribbe**

H Evaluatie

- P. 207 **Kerngetallen**
- P. 209 **Financieel**
- P. 211 **Lessons Learned**

Beeld Bijlage

- P. 57 **Vorderingen vanuit de lucht**
- P. 121 **Speciale technieken in beeld**

A

Historiek

Schelde / Haven

P. 15

Fort Sint-Filips
(16^{de} eeuw – 20^e eeuw)

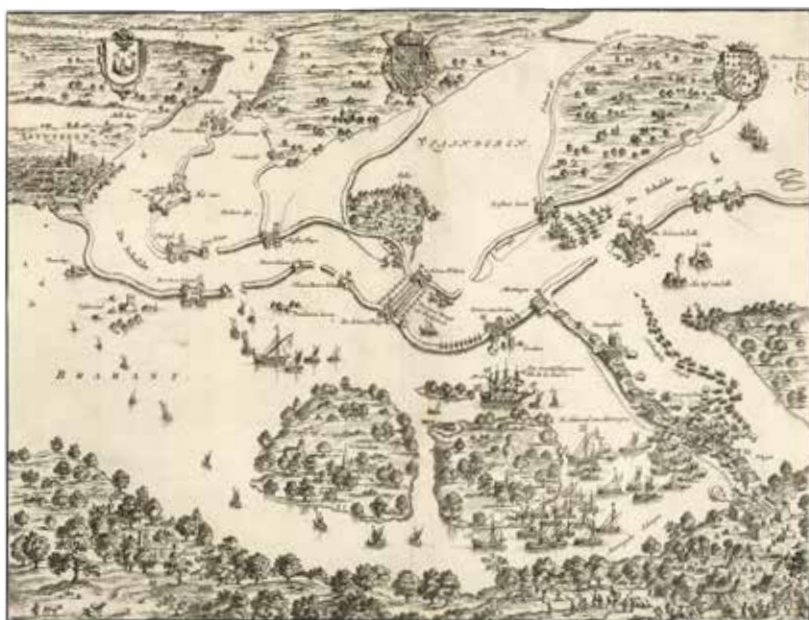
P. 19

Het belang van de Schelde voor het ontstaan en de ontwikkeling van Antwerpen, kan niet genoeg onderstreept worden. De stroom was de levensader voor de stad en haar rechtstreekse poort naar zee. Vanuit deze strategische positie groeide de kleine handelsnederzetting in de 16^{de} eeuw uit tot een ware handelsmetropool. Voor de bescherming en verdediging van de stad werden aan de Schelde op strategische plaatsen forten en schansen opgericht. De stad, maar ook Spaanse en Staatse legers bouwden vele versterkingen. Later werden de forten verbeterd of vergroot in de Oostenrijkse, Franse, Hollandse en uiteindelijk Belgische periode [Afb. 01-03]. Een vijandelijke vloot kon immers de rivier gebruiken om handelsinstallaties aan te vallen of er troepen te ontschepen.

Vandaag kennen we de forten van Lillo en Liefkenshoek, Sint-Marie, Burcht en Fort Filip, met elk een boeiend verhaal.

16

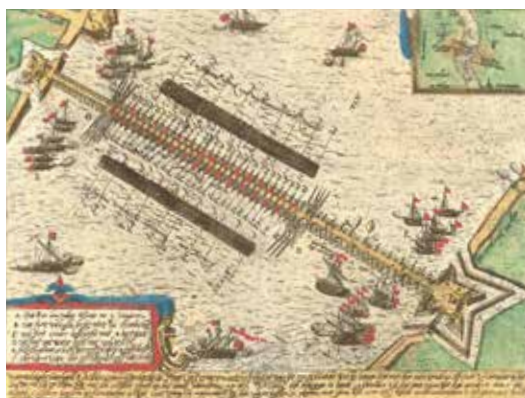
Afb. 01 Illustratie van de omgeving van Antwerpen en de Schelde rond 1584. Ze toont verschillende vormen van bescherming op en rond de Schelde die toen toegepast werden. Centraal zien we het Fort Sint-Filips. Toen nog verbonden aan het Fort Sint-Marie door een brug.





Afb.02 Kaart van Ferraris, 1771-1778.

Afb.03 Vormen van bescherming op en rond de Schelde.



Fort Sint-Filips

16^{de} eeuw – 20^e eeuw

Op deze bocht aan de Schelde werden twee verschillende forten gebouwd: het 16^{de}-eeuwse Fort Sint-Filips en het 19^{de}-eeuwse Fort Filip. 19

In de woelige 16^{de} eeuw brak de Opstand der Nederlanden uit, gekend als de Tachtigjarige oorlog (1568-1648). In vele steden en gewesten waren er politieke en religieuze spanningen en groeide het verzet tegen het Spaanse bewind onder Filips II. De Scheldeforten kennen hun oorsprong en grootste ontplooiing in dit conflict. Toen de Spaanse legers uit Antwerpen verjaagd waren en een Calvinistisch bestuur tot stand kwam, bouwde de stad op instigatie van Willem van Oranje de tweelingforten Lillo en Liefkenshoek (1579-1584).

Spanje was ondertussen gestart met een veroveringstocht in de Nederlanden en had onder Alexander Farnese, hertog van Parma, een belangrijke legeraanvoerder en strateeg. Om de stad af te snijden van de forten Lillo en Liefkenshoek bouwde hij de tegenforten Sint-Marie en Sint-Filips en zette in juli 1584 een blokkade op de Schelde. Op enkele maanden tijd en met de hulp van Italiaanse ingenieurs slaagde hij erin de noordelijke doorvaart en bevoorrading van de stad volledig te blokkeren. Hij liet een 720 meter lange scheepsbrug bouwen die de stroom ter hoogte van Kallo helemaal afsloot. Hiervoor werden meer dan 10.000 bomen geveld in het Land van Waas en 1.500 scheepsmasten gehaald uit Denemarken. Op beide Scheldeoevers werd een brughoofd getimmerd waar tussenin 32 schepen voor anker lagen, vastgeketend en bedekt met een planken vloer. Aan weerszijden van de brug

lag een verdedigingslinie van 33 versterkte schuiten, voorzien van aangepunte Deense masten om schepen op afstand te houden.

De brug van Farnese [Afb. 04] hield de stad maandenlang in een wurggreep. De Antwerpenaren probeerden de brug met de bomschepen 'Hoop' en 'Fortuin' op te blazen, maar dat mislukte. Na maanden van opstand en belegering en na een voor Antwerpen mislukte slag om de Kauwensteinse dijk, gaf de stad zich over. Burgemeester Marnix van Sint-Aldegonde onderhandelde de overgave in Singelberg op Linkeroever. Deze capitulatie betekende het einde van het Calvinistische bewind in Antwerpen, en wordt de Val van Antwerpen genoemd.

In 1789 werd het fort ontmanteld, maar bleef de site wel in gebruik. Er was onder andere een douanepost, een kerk en een herberg. Het fort was afwisselend in handen van particulieren en van het polderbestuur.

Doordat het 19^{de}-eeuwse Fort Filip er bovenop is gebouwd, bleef van Fort Sint-Filips niets zichtbaar bewaard. Het was een vierhoekige schans met vier bastions en een brug over de gracht in de richting van Antwerpen. In de nieuwe aanleg zijn nu enkele wallen en bastions aangelegd als herinnering aan het fort. Ter hoogte van de aanzet van de Farnesebrug is een uitsprong in de Scheldedijk gemaakt. De strijd aan deze vlootbrug, een belangrijke episode in de geschiedenis van de Nederlanden, wordt op deze manier tastbaar.

20

In 1870 werd het fort door het Departement van Oorlog gekocht, dat er in de periode 1870-1881 een nieuwe versterking bouwde als onderdeel van de Brialmontomwalling. Dit Fort 'Filip' had een volledig andere plattegrond: het bestond uit een langgerekt, bakstenen gebouw met drie koepels en een droge gracht. In elke koepel stonden twee zware kanonnen gericht op mogelijke oorlogsschepen op de Schelde [Afb. 05]. Vlak voor de Eerste Wereldoorlog werd Fort Sint-Filips onderdeel van de tweedelijnsverdediging van de stad. Voor de uitbouw van de eerstelijnsverdediging werden drie nieuwe kustbatterijen (Blauwgaren, Wilmarsdonk en Kruisschans) voorzien. Bij de val van Antwerpen in 1914 vernielden Belgische troepen de koepels bij hun aftocht, opdat ze niet door de Duitsers zouden gebruikt kunnen worden. Tijdens WO I was het fort niet operationeel, tijdens WO II evenmin.

In de jaren vijftig en zestig werd de site gebruikt om er afval te storten en aanvankelijk in open lucht, daarna (deels) in een 'proefverbrandingsinstallatie' te verbranden. Meerdere spelers binnen de Antwerpse haven kampen immers met een afvalverwerkingsprobleem, waarvoor het fort een (tijdelijke) oplossing moest bieden. Het was op dat moment 'de enige aanvaardbare plaats op stadsgrondgebied (sic)' en 'een behoorlijk afgezonderde plaats waar zonder hinder tot verbranding kan worden overgegaan.' Met de inrichting van het fort als stort- en verbrandingsplaats wilde de stad voor de scheepsherstellende een mogelijkheid voorzien om zich van hun afvalolie te ontdoen. De aanvoer zou echter niet beperkt blijven tot petroleumafval van

Afb. 06 Luchtopnamen havengebied en Fort Sint-Filips in 1969.



de scheepsherstellersfederatie. In navolging ondernamen andere bedrijven en instanties pogingen om er hun afvalproducten te storten. Ten slotte maakte ook de Havendienst van de stad Antwerpen gebruik van de locatie [Afb. 06]. De olie die men afschepte van het oppervlaktewater in de dokken, werd voor verbranding naar het fort afgevoerd.

Uit historische documenten blijkt dat van 1959 tot 1970 op deze zone (afval)producten werden aangevoerd, afkomstig van verschillende bedrijven in de Antwerpse haven, van aangemeerde schepen, de stad Antwerpen en het leger. Het toezicht op de aanvoer van deze afvalstoffen naar Fort Filip werd systematisch opgevoerd, maar uit de historische documenten bleek dat ondanks de controle nog heel wat illegale stortingen gebeurden in en om de zone van het fort. Het fort werd definitief gesloten op 1 oktober 1970. De site werd in de jaren zeventig opgespoten. Wat tot het voorjaar 2020 overbleef van het fort lag grotendeels onder het zand of onder het water. Vlak naast het fort bevond zich een bufferbekken waarlangs – ook met goedkeuring en medeweten van de stad Antwerpen – sinds 1950 afvoer gebeurt van (gezuiverd) regen- en afvalwater afkomstig van het aanpalend bedrijf en zijn voorgangers. Dit bufferbekken stond en staat in verbinding met de Schelde, zodat bij laag water het behandeld en gezuiverd afvalwater uit het bufferbekken in de Schelde stroomde. Het gebufferde water werd op geregelde tijdstippen geanalyseerd en indien nodig kon de buffering onmiddellijk worden stilgelegd. Doorheen de geschiedenis hebben verschillende actoren bijgedragen aan de met huidige kennis van zaken in kaart gebrachte verontreiniging, waaruit een saneringsnoodzaak bleek.

Het idee uit 1958 om van deze locatie een toeristisch centrum te maken, bleef omwille van de aanwezige verontreiniging lange tijd opgeborgen. Anno 2021 worden de koepels van het fort gevisualiseerd in de bovengrondse aanleg en zal het fort geduid worden voor de bezoekers.

- 1 Havermans, R. Historisch-geografische sprokkelingen uit het Antwerpse polderland, 521 – 523.
- 2 Havermans, R. Historisch-geografische sprokkelingen uit het Antwerpse polderland, 524.
- 3 Havermans, R. Historisch-geografische sprokkelingen uit het Antwerpse polderland, 531.
- 4 Gils, Vesting Antwerpen. 3 : Schelde- en redeverdediging 1838 – 1944, 65-69.

Uit studiewerk uitgevoerd in 2014 en 2015 iov Port of Antwerp door Geheugen Collectief vzw

B

Doelstelling

Sigmaplan

P. 27

Bodemsanering

OVAM - ABO - TALBOOM

P. 35

Leidingcorridor

POA - ANTEA

P. 39

Sigmaplan

een Vlaams antwoord
op bescherming
tegen stormvloed
van de Noordzee

De rampzalige overstromingen van 1953 en 1976 maakten duidelijk dat Vlaanderen zich beter moest beschermen tegen stormvloed uit de Noordzee. Om de veiligheid in het Zeescheldebekken te verzekeren, werd op Vlaams niveau in 1977 het Sigmaplan opgesteld. Dit plan voorzag in een verhoging en versteviging van de dijken en de aanleg van dertien gecontroleerde overstromingsgebieden. Liefst 512 km dijk is intussen op Sigmahoogte gebracht. De laatste (en dikwijls meest uitdagende) dijken worden in de volgende jaren afgewerkt. Dertien overstromingsgebieden in Vlaanderen, waarvan Kruikeke-Bazel-Rupelmonde het grootste is, bewijzen intussen al jaren hun nut.

De stijgende zeespiegel en een vernieuwde kijk op integraal en duurzaam waterbeheer gaven in 2005 aanleiding tot een actualisering van het oorspronkelijke Sigmaplan. We moeten niet alleen een dam tegen het water opwerpen, maar het water ook weer meer ruimte geven. Daarom startte De Vlaamse Waterweg nv (toenmalig Waterwegen en Zeekanaal) met de aanleg en inrichting van bijkomende overstromingsgebieden aan de Schelde en haar bijrivieren die bij een stormvloed tijdelijk massa's water kunnen bergen. DVW werkt hiervoor nauw samen met het Agentschap voor Natuur en Bos. Het Sigmaplan [Afb. 07 & 08] heeft namelijk meerdere doelstellingen. Naast vermindering van de overstromingskansen beoogt het ook het herstel van de natuurlijke waarden van de rivier. De volledige uitvoering moet rond zijn tegen 2030, waarna een nieuwe evaluatieronde op de planning staat.

Overkoepelende Vlaams-Nederlandse aanpak

Het Vlaamse Sigmaplan staat evenwel niet op zichzelf. Het plan uit 2005 kadert in het proces van het opstellen en realiseren van de langetermijnvisie (LTV) van het gehele Vlaams-Nederlands Schelde-estuarium (Ontwikkelingsschets 2010), waarin werk wordt gemaakt van een meer veilige, toegankelijke en natuurlijke Schelde. Het Sigmaplan en de Ontwikkelingsschets 2010 beïnvloeden elkaar immers en de betrokken partners wisselen dan ook regelmatig informatie met elkaar uit. Info uit diverse voorstudies en ondersteunende studies in voorgaande jaren gaven het Sigmaplan doorheen de jaren vorm. Zo kwam de informatie die nodig was om werkbare planalternatieven op te stellen en om deze alternatieven ook daadwerkelijk te evalueren, in belangrijke mate uit deze voorstudies.

De plan-MER (milieu effectenrapport) en MKBA (maatschappelijke kosten-batenanalyse) van het Sigmaplan uit 2005, uitgevoerd parallel aan en in wisselwerking met gelijkaardige studies op het estuariumniveau van de Ontwikkelingsschets 2010, hebben toegelaten om in een vroeg stadium een uitspraak te doen over de vorm die een geoptimaliseerd Sigmaplan (met als doelstelling veiligheid tegen overstromingen) moest aannemen. Deze algemene principes (in essentie een voorkeur voor het Ruimte voor de Rivier-concept (RvR)) werden dan ook overgenomen in de Ontwikkelingsschets 2010 (OS 2010), opgesteld door de projectorganisatie ProSes als onderdeel van de Vlaams-Nederlandse Scheldec commissie.

28

De Ontwikkelingsschets 2010 doet echter niet enkel uitspraken over de realisatie van de veiligheidsprojecten op Vlaams grondgebied, maar ook over de wijze waarop de pijler 'natuurlijkheid' van de LTV vorm dient te krijgen. Dit natuurontwikkelingsplan [Fig. 01] heeft in Vlaanderen een zeer nauwe band met het Sigmaplan, omdat vaak dezelfde gebieden in aanmerking komen om veiligheid én natuurlijkheid te realiseren. Om die reden werd dan ook door de Vlaamse Regering beslist om de pijler 'natuurlijkheid' van de OS 2010 mee onder te brengen in het Sigmaplan, zodat de doelstellingen van dit plan uitgebreid werden van enkel veiligheid (met neven doelstelling natuurlijkheid) naar twee gelijkwaardige doelstellingen: veiligheid én natuurlijkheid. De manier waarop deze doelstellingen veiligheid en natuurlijkheid werden ontwikkeld en de integratiestap werd gezet om tot het Sigmaplan te komen, wordt hier verder uit de doeken gedaan.

De (Vlaamse) risicomethodologie (UGent i.s.m. WL): input voor MKBA, van beschermen naar beperken van schade

Met het geactualiseerde Sigmaplan kiest Vlaanderen niet langer voor bescherming tegen een waterstand met een bepaalde kans op voorkomen, maar voor het beperken van de schade die kan optreden. Daarvoor wordt gebruik gemaakt van het concept 'risico = kans x schade'. Het geactualiseerde

SIGMAPLAN



Afb. 07 Voorbeeld van een project van het Sigmoplan. Werken aan de Scheldekaaien ter hoogte van Sint-Andries en Het Zuid.

29

Afb. 08 Voorbeeld GOG-GGG Bergenmeersen met natuurinvulling in Wichelen.



Sigmaplan streeft naar een aanvaardbaar overstromingsrisico langs de Schelde en zijrivieren. Dit aanvaardbaar overstromingsrisico werd bepaald op basis van een afweging van de maatschappelijke kosten en baten, een zogenaamde maatschappelijke kosten-batenanalyse (MKBA).

Met behulp van het hydraulisch model van het Schelde-estuarium werden verschillende scenario's bestudeerd waarbij POG's (potentiële overstromingsgebieden) met elkaar gecombineerd werden en dijken verhoogd en lokaal zelfs ook verlaagd om zo nog meer ruimte te kunnen geven aan de rivier. Ook stormvloedkeringen en een Overschelde (verbinding tussen Wester- en Oosterschelde) werden in beschouwing genomen.

Optimalisatie van het Sigmaplan 'veiligheid' via de MKBA-methode

Na het vastleggen van de beste oplossingsrichting 'dijkverhoging en ruimte voor de rivier' moest het optimale plan gevonden worden via een stapsgewijze optimalisatieprocedure, waarbij op systematische wijze de vele mogelijke varianten worden vergeleken op basis van hun maatschappelijke kosten en baten. Het optimale Sigmaplan 'veiligheid' dat op basis van de hierboven beschreven methode werd samengesteld, werd uiteindelijk als volgt gedefinieerd:

- de afwerking van het nulalternatief (Sigmaplan 1977);
- 24 km bijkomende dijkverhogingen in de omgeving van Antwerpen;
- de aanleg van 1.325 ha nieuwe overstromingsgebieden.

31

Sigmaplan 'natuurlijkheid'

In haar vergadering van 17 december 2004 besliste de Vlaamse Regering haar goedkeuring te hechten aan de voorgenomen besluiten van de Ontwikkelingsschets 2010 én aan de krachtlijnen van het geactualiseerde Sigmaplan.

Om in voldoende mate bij te dragen aan de realisatie van de doelstellingen van de langetermijnvisie voor het Schelde-estuarium voor wat betreft de component natuurlijkheid, werd nagegaan welke bijkomende natuurontwikkelingsprojecten noodzakelijk zijn. Verder bouwend op het bestaande ecologische onderzoek – uitgevoerd via de plan-MER, de MKBA, de LER's (landbouweffectenrapport) ... – werd een ecologisch meersporenonderzoek uitgevoerd door de Universiteit Antwerpen en het Instituut voor Natuur- en Bosonderzoek (verder INBO genoemd).

Het meersporenonderzoek hield in dat er een selectie werd gemaakt van die habitats waarvoor de desbetreffende rivier regionaal of Europees belangrijk is. Vooral voor deze habitats werden de mogelijkheden tot het behalen van de instandhoudingsdoelstellingen verkend. De bestaande natuurwaarden van de valleigebieden werden onderzocht en er werd bepaald waar die versterkt

kunnen worden. Tegelijkertijd werd modelmatig nagegaan waar er op basis van de abiotiek potenties bestonden voor welk natuurype en wat de noden naar connectiviteit zijn. Ook de bestaande terreinkennis en visies van het Agentschap voor Natuur en Bos werden als onderbouw meegenomen. Een laatste benadering was de functionele. Daarbij werden de chemische, fysische en biologische knelpunten van de rivieren zelf nagegaan en vertaald in noodzakelijke bijstellingen.

De uiteindelijk meest preferentiële inrichtingsvorm op basis van alle sporen werd uitgebreid besproken en na consensus afgeklopt.

Synthese van het Sigma-plan: veiligheid en natuurlijkheid

Op basis van het bestaande voorkeurscenario ‘veiligheid’ en kennis van de prioritaire gebieden en hun inrichting vanuit het standpunt ‘natuurlijkheid’ kon een synthesevoorstel opgesteld worden. Op vraag van de landbouwsector werden niet één maar drie synthesevoorstellen opgesteld, zodat nog meer dan één keuze zou overblijven en de sector zich zou kunnen uitspreken op basis van een afweging van haar belangen. De drie synthesevoorstellen voldeden elk aan de volgende voorwaarden:

32

- 1 zij zijn op het vlak van de netto veiligheidsbaten vergelijkbaar met het optimale veiligheidsalternatief;
- 2 zij voldoen elk aan de verwachtingen op het vlak van ‘natuurlijkheid’ (d.w.z.: garantie bieden voor ‘robuuste’ natuur in het estuarium én voldoen aan de instandhoudingsdoelstellingen van het estuarium), zij het op verschillende manieren.

Voor elk van de drie synthesevoorstellen werden drie toetsen uitgevoerd: een natuurtoets, een veiligheidstoets en een landbouwtoets. Die toetsen werden uitgevoerd door experts voor elk van de drie ‘sectoren’ en kwamen neer op een rangschikking van de drie synthesevoorstellen naar relatieve voorkeur. Uit deze toetsen is gebleken dat zowel de landbouwsector als de natuursector een voorkeur had voor scenario 1, omwille van de scheiding van functies, de hogere kwaliteit voor zowel landbouw als natuur en het feit dat netto minder landbouwgrond diende ingenomen te worden. Bijkomende opmerkingen van de landbouwsector met betrekking tot de keuze van individuele gebieden werden waar mogelijk ook nog mee in overweging genomen bij de opmaak van het uiteindelijke “meest wenselijke synthesealternatief”, dat een afgeleide vormt van het oorspronkelijke scenario 1.

Meest wenselijke alternatief

Een kaart van het uiteindelijk voorgestelde meest wenselijke planalternatief dat op basis van de hierboven geschetste methode werd opgesteld, wordt

op pagina 30 voorgesteld (Fig. 02). De uitvoering van het geactualiseerde Sigmaplan werd uiteindelijk in een besluit van de Vlaamse Regering in 2005 en 2006 vastgelegd.

ref. Vlaams Nederlandse Schelde Commissie : <http://www.vnsc.eu>; plan-MER geactualiseerd Sigmaplan niet technische samenvatting: <http://www.lne.be/merdatabank/uploads/merntech177.pdf>; Algemene Methodologie extreme waterlooptoestanden; Projectboek Bergenmeersen; Risicomethodologie WL; Functioneren estuarium UA; Natuur ontwikkelingsplannen INBO

Als gevolg van het storten en verbranden van afval van de jaren 50 tot de jaren 70 van de 20^e eeuw is het terrein ernstig verontreinigd geraakt. Op basis van de uitgevoerde bodemonderzoeken werd een zeer omvangrijke verontreiniging vastgesteld in zowel het vaste deel van de aarde als in het grondwater van de fortzone en de waterbodem ter hoogte van het bufferbekken [Afb. 09].

De aanwezige verontreinigingen zijn historisch van aard, en (grotendeels) ontstaan voor het in voege treden van het Bodemdecreet in 1995. De vastgestelde ernst van de verontreiniging was van die aard dat een sanering noodzakelijk bleek.

Saneringsdoelstelling

Bij het bepalen van de realistische saneringsdoelstellingen werd rekening gehouden met de voorschriften uit het Bodemdecreet. Daar het hier een historische verontreiniging betreft, wordt rekening gehouden met onderstaande voorschriften:

§1. Bodemsanering is er bij historische bodemverontreiniging op gericht om te vermijden dat de bodemkwaliteit een risico oplevert of kan opleveren tot nadelige beïnvloeding van mens of milieu, door gebruik te maken van de beste beschikbare technieken die geen overmatig hoge kosten meebrengen.

Ingeval de grond in het kader van een voorlopig vastgesteld ontwerp van plan van aanleg of uitvoeringsplan een andere bestemming krijgt, is de

bodemsanering erop gericht te vermijden dat de bodemkwaliteit een risico oplevert of kan opleveren tot nadelige beïnvloeding van mens of milieu binnen deze toekomstige bestemming;

§2. Als het niet mogelijk is de bodemkwaliteit, vermeld in §1, te verwezenlijken door gebruik te maken van de beste beschikbare technieken die geen overmatig hoge kosten met zich meebrengen, worden zo nodig gebruiks- of bestemmingsbeperkingen opgelegd;

§3. De selectie van de beste beschikbare technieken die geen overmatig hoge kosten meebrengen, gebeurt onafhankelijk van de financiële draagkracht van de saneringsplichtige. De Vlaamse Regering kan bepalen met welke elementen in concreto rekening moet worden gehouden bij de evaluatie van de beste beschikbare technieken die geen overmatige kosten met zich meebrengen.

Rekening houdend met deze uitgangspunten moet echter besloten worden dat, van alle saneringstechnieken die overwogen konden worden, geen enkele techniek in staat zou zijn om de risico's volledig te verwijderen. Met de technieken die als technisch haalbaar aanzien werden, was het niet mogelijk om de verontreiniging in de zuidelijke en oostelijke talud tussen het fort en de Schelde aan te pakken.

36

In plaats van het behalen van strikte risicogrenswaarden waarbij er geen risico's meer uitgaan van de verontreiniging, werd er geopteerd voor het reduceren van de risico's. Dat kan afhankelijk van de gekozen saneringstechniek bereikt worden, hetzij door verwijdering van vuilvracht, hetzij door isolatie van de verontreiniging.



Afb. 09 Bodemsanering van het fort.

Afb. 10 Isolatiemateriaal voor de vijver.

Leidingencorridor

POA - ANTEA

Port of Antwerp is het belangrijkste knooppunt van de West-Europese pijpleidingen. Pijpleidingen bieden chemische bedrijven een veilig, energie-efficiënt, betrouwbaar en vooral milieuvriendelijk transportmiddel voor de aanvoer en distributie van hun producten in België en de omliggende landen. Ze vormen een sterkere verbinding tussen naburige bedrijven, andere havens, industriegebieden en het hinterland. Het gebruik van een leidingencorridor wint jaar na jaar aan belang en vormt deel van de oplossing m.b.t. het modal shift-verhaal.

39

De pijpleidingen realiseren ook verdere groei mogelijkheden in het kader van de energietransitie waarin Port of Antwerp een sleutelrol wil opnemen. Pijpleidingen zijn immers uitermate geschikt voor bijvoorbeeld het transporteren van waterstof en CCS/CCU (CO₂-afvang en -opslag) en ze zijn ook essentieel voor het aanleggen van warmtenetten. Denken we bijvoorbeeld maar aan het stoomnetwerk Ecluse dat via warmte van zes verbrandingsinstallaties energie zal leveren aan omliggende havenbedrijven.

Binnen de Antwerpse (petro)chemische cluster alleen al zijn de industriële en onafhankelijke tankopslagbedrijven met elkaar verbonden via 57 verschillende productpijpleidingen of 1.000 km pijpleidingen die instaan voor bijna 90% van alle transport van vloeibare goederen binnen de haven. Dit netwerk dient echter nog verder uitgebreid te worden.

Hoewel die extra leidingen een noodzaak zijn voor de verdere exploitatie van de haven weet Port of Antwerp ook dat de vrije ruimte schaars is

en dat het binnen die schaarse ruimte toch maximale inspanningen dient te doen om:

- ruimte te maken voor nieuwe aanleg;
- doorgangen en verbindingen vrij te maken en vrij te houden;
- leidingsnelwegen aan te leggen;
- leidingnetwerken overzichtelijk te houden;
- leidingen maximaal te bundelen.

De leidingenzone langs de Scheldelaan is één aorta van de leidingenzone in de haven van Antwerpen. Die bestaande leidingenzone ligt reeds vol in de huidige situatie.

Binnen de heraanleggingswerken in deze zone is dan ook extra ruimte gecreëerd voor de uitbreiding en verbreding van één van de belangrijkste zones van het pijpleidingennetwerk in de haven. Ter hoogte van Fort Sint-Filips neemt de waterkering voor een deel de vorm aan van een klassieke dijk. Waar de site aansluit op de Scheldelaan is daar echter niet voldoende ruimte voor gelet op de gewenste uitbreiding van de leidingenzone. Er is dan ook gekozen om hier een waterkeringsmuur te bouwen i.p.v. een brede dijk.

C

Vooronderzoek

Milieuhygiënisch

ABO - TALBOOM

P. 45

Grondonderzoek

BAAC - GEOTECHNIEK

P. 51

Hydrodynamiek

WL

P. 55

De eerste staalnames

In 2010 werd er voor de eerste maal een terreinbezoek uitgevoerd in functie van een indicatief bodemonderzoek. Dit met als doel om na te gaan of er sprake is van een ernstige aanwijzing voor de aanwezigheid van bodemverontreiniging (grond en/of grondwater) ten gevolge van het tijdelijk en definitief storten en verbranden van afval op het terrein sinds de Tweede Wereldoorlog.

De resultaten van die verkennende staalnames brachten een sterke verontreiniging van zowel het vaste deel van de aarde als het grondwater van de fortzone en de waterbodem van het afvoerbekken aan het licht. Er werden verhoogde concentraties van de parametergroepen zware metalen, minerale olie, vluchtige aromaten (BTEX), gechloreerde koolwaterstoffen (VOCL's), polycyclische aromatische koolwaterstoffen (PAK's) en polychloorbifenylen (PCB's) aangetroffen.

Gelet op het indicatieve karakter van het bodemonderzoek werd er geconcludeerd dat bijkomend onderzoek noodzakelijk was gezien de ligging van het terrein (natuurgebied), de omvang van de verontreiniging, de vermoedelijke aanwezigheid van puur product in de vorm van zowel drijfslagen (LNAPL) met minerale olie en/of vluchtige aromaten als zinklagen (DNAPL) met VOCL's en de actuele bedreiging van een verspreiding richting de Schelde.

Het fort in kaart gebracht

Volgend op het indicatieve bodemonderzoek werden er in de periode

2010-2014 door de Port of Antwerp aangestelde bodemsaneringsdeskundigen (Ecorem en later ABO nv) talrijke onderzoeksinspanningen geleverd om de verontreiniging, waarvan de omvang en ernst enkel maar toenam naarmate het onderzoek vorderde, in kaart te brengen. Bij een doorgedreven terreinverkenning werden alle mogelijke toegangen tot het fort onderzocht. Tevens werd een inventaris gemaakt van de verschillende ruimtes in het fort waar water met een oliefilm en/of puur product (olie) aanwezig was. In het merendeel van de onderzochte kamers werd een zwart product vastgesteld. Uit de analyseresultaten bleek dit voor 97% uit olie te bestaan.

In vier opeenvolgende onderzoeksfasen werd de verdere omvang van de verschillende verontreinigingen in kaart gebracht. Waar technisch haalbaar werden de verontreinigingen afgeperkt in horizontaal en verticaal vlak.

De vastgestelde concentraties aan pollutanten (o.a. minerale olie, vluchtige aromaten (BTEX) en gechloreerde koolwaterstoffen (VOCLs)) waren ongezien hoog, wat leidde tot ongekende situaties bij de uitvoering van de staalnames:

- op regelmatige basis diende de staalnameapparatuur door gespecialiseerde firma's gereinigd te worden omwille van de extreme verontreinigingsgraad;
- bij het doorboren van een aanwezige kleilaag in de ondergrond in november 2013 ontsnapte er doorheen de boorbuisen opgestapeld gas uit de ondergrond. Na een interventie van de brandweer bleek het vrijgekomen gas hoofdzakelijk te bestaan uit 1,1,2-trichloorethaan en 1,2-dichloorethaan, verontreinigingsparameters gerelateerd aan de verontreiniging onder het fort;
- bij grondwaterstaalnames in de kern van de verontreiniging in/ onder het fort werd de aanwezigheid van puur product vrij snel duidelijk.

46

De genomen stalen bevatten drie fasen: grondwater, LNAPL (Light Non-Aqueous-Phase Liquid) en DNAPL (Dense-Non-Aqueous-Phase Liquid). Het aanwezige puur product betreft immers een combinatie van minerale olie, BTEX en VOCLs. Verzadigde bodemstalen bevatten tot 30 gewichtsprocent aan VOCLs en 53 gewichtsprocent aan minerale olie. Er werd vermoed dat de aanwezigheid van puur product in de ondiepere bodemlagen zich beperkte tot de contouren van het fort (ca. 5.500 m²). Vermoedelijk strekt de vastgestelde zaklaag net boven de Boomse klei zich uit over een oppervlakte van zo'n 22.000 m².

De verontreinigde oppervlakte heeft horizontaal een omvang van ongeveer 6 ha en verticaal is de vervuiling doorgedrongen tot een diepte van

30 m met de Boomse klei als onderafdichting. Naar schatting 1,2 miljoen m³ grond is ter hoogte van deze locatie verontreinigd. In het gecombineerd oriënterend en beschrijvend bodemonderzoek van 2014 werd besloten dat een bodemsanering vereist was voor drie verontreinigingszones op de site:

- de verontreinigingszone ter hoogte van het fort, in verticaal vlak afgeperkt door de Boomse klei;
- de verontreinigingen die zich onder de waterbodem en ter hoogte van de oevers van het bufferbekken bevinden;
- een verontreinigingskern met BTEX en minerale olie ten noorden van het fort.

Er werden zowel humane en ecologische risico's gerelateerd aan de verontreinigingen als risico's op het vlak van verdere verspreiding vastgesteld. De saneringsnoodzaak werd dan ook als zeer urgent beschreven. Volgende gebruiksadviezen werden opgelegd in afwachting van de saneringswerken:

- het behoud van de afsluiting rondom het fort tot de uitvoering van de saneringswerken;
- een verbod op het oppompen en gebruik van grondwater;
- een verbod op elke mogelijke handeling in de ondergrond ter hoogte van de verontreinigde zone (graafwerken ...) in afwachting van de sanering.

47

Bufferbekken

In 2016 werd een tweede beschrijvend bodemonderzoek opgesteld voor de aanwezige waterbodemverontreiniging. De onderzoekslocatie bestond uit het bufferbekken dat zich ten zuidwesten van de bocht in de Scheldelaan situeert en een kleine vijver die zich ter hoogte van de hoofdingang van het fort bevond. Beide oppervlaktewaters waren indertijd van elkaar gescheiden.

Het gezuiverde afvalwater van een nabijgelegen concessie wordt met het oog op verdere afvoer in de Schelde, in het bufferbekken naast het fort gebufferd. Het afvoerdebiet ligt in de grootteorde van 31.000 m³/dag. Tevens werd er water met ongekende oorsprong (vermoedelijk afwatering van de Scheldelaan, maar mogelijk ook van nabijgelegen inrichtingen) afgewaterd naar de buffervijver met een ongekend en niet continu debiet.

Het bufferbekken staat in contact met de Schelde via een systeem van terugslagkleppen. Bij laagtij is het waterpeil van de Schelde lager dan het waterpeil in het bufferbekken. De kleppen aan de effluentzijde van het bekken staan dan open en het water in het bufferbekken kan in de Schelde stromen. Bij hoogtij stijgt het water in de Schelde tot boven het waterpeil



Afb. 11 Staalname in de buffervijver.

in het bufferbekken. De kleppen aan de effluentzijde sluiten zich dan en het waterpeil in het bufferbekken neemt toe omdat er geen uitstroom richting de Schelde meer plaatsvindt. Het waterpeil in het bekken schommelt hierdoor aanzienlijk. Bij laagtij is er slechts een beperkte geul aanwezig en staat de rest van het bekken droog, bij hoogtij staat het hele bekken onder water. De schommelende waterstand vormde een belangrijke bemoeilijkende randvoorwaarde tijdens het veldwerk.

De staalnames in de vijvers werden uitgevoerd met behulp van een bootje met beperkte diepgang (10 cm) (afb. 11). Door middel van een DGPS konden de staalnamelocaties nauwkeurig bepaald worden. De waterbodem werd er bemonsterd in verschillende lagen: de bovenste, minder samenhangende zwarte sliblaag; de vastere, lichtergekleurde sliblaag en de onderliggende veenlaag. Op drie locaties werd er door middel van boorbuizen doorheen de veenlaag geboord tot in het onderliggende tertiaire zand.

Voor de bepaling van de omvang van de waterboderverontreiniging werden opmetingen uit 2015 en 2016 als basis gebruikt. Er werd gebruik gemaakt van het softwarepakket Surfer® om de omvang van de verschillende lagen in de waterbodem te interpoleren. Het volume van de niet-steekvastе zwarte sliblaag werd geraamd op ca. 21.000 m³. Het volume van de onderste lichter gekleurde sliblaag werd geraamd op ca. 16.500 m³. Het onderliggende veenpakket heeft een gemiddelde dikte van 2,4 m hetgeen resulteert in een volume van ca. 57.000 m³. Gezien de grote hoeveelheid data en de rastergewijze onderzoeksaanpak, werd geopteerd om de resultaten van het bufferbekken te interpreteren aan de hand van een geostatistische methode.

Algemeen kon gesteld worden dat zowel ter hoogte van de kleine vijver als ter hoogte van het bufferbekken in de waterbodem zeer sterk verhoogde concentraties voorkomen van minerale olie, BTEX, PAK's, VOCL's, en chloorbenzenen. Voor al deze parametergroepen werd de bodemsaneringsnorm met minstens een factor 10 tot 100 overschreden (voor sommige VOCL's zelfs met een maximale overschrijdingsfactor van 290.000). Er werd een totale vuilvracht van 5.684 ton aan polluenten ingeschat.

Voor de historische verontreiniging met minerale olie, BTEX, PAK's, VOCL's, zware metalen, chloorbenzenen, OCB's en PCB's in de waterbodem werden saneringsmaatregelen noodzakelijk geacht gezien het een ernstige bodemverontreiniging betrof. De saneringsnoodzaak werd ook hier zeer urgent beschreven.

Archeologisch

Ter voorbereiding van de uitvoering van de graafwerken werden zes landschapelijke boringen uitgevoerd tot op 6 m onder het maaiveld waaruit de diepte van de archeologisch relevante lagen werd vastgesteld. Deze relevante lagen bleken onder het niveau te liggen waar graafwerken zouden worden uitgevoerd. Verder proefsleuvenonderzoek of opgravingen waren dus niet nodig.

Daarnaast werden in overleg met de archeologische dienst van de stad Antwerpen afspraken gemaakt om het te saneren fort en het daaronder gelegen 16^{de}-eeuwse fort na sanering en bij herinrichting van de site te benadrukken. Verder wordt ook de ligging van de brug van Farnese voorzien van een infomodule die werd ontwikkeld in een eerder Interreg IVA-samenwerkingsproject – ‘Fort en Linies in grensbreed perspectief’ – en waarmee de geschiedenis van de Staats-Spaanse Linie (waarvan het 16^{de}- eeuwse Fort Sint-Filips deel uitmaakte) in de kijker werd gezet.

Geotechnisch

Bij het uitvoeren van het geotechnisch grondonderzoek door middel van sonderingen (continu - 200kN) in 2009 en in 2013 werd de gelaagdheid van de ondergrond van de zone in kaart gebracht tot 35 m onder maaiveld. In totaal werden 39 sonderingen uitgevoerd op het deel van het terrein dat op dat moment toegankelijk was voor de sondeerwagen. Daarnaast werden in de zone 12 boringen uitgevoerd om stalen van de bodem te nemen.

De aanwezigheid van het verontreinigde Fort Sint-Filips maakte het niet mogelijk om de volledige in het Sigmaplan aangeduide oppervlakte getijdennatuur uit te voeren. Een dynamische nevengeul en erosiekuil van 6 m onder het niveau van de Scheldebodem vlakbij de oever was ecologisch en stabieltechnisch problematisch. Om een geleidelijke overgang naar estuariene natuur te bekomen en om de stabiliteit te garanderen werd voorgesteld om deze geul en kuil op te vullen. De Vlaamse Waterweg nv gaf dan ook opdracht aan Flanders Hydraulics en het INBO om dit verder te onderzoeken en tot een optimale natuurontwikkeling te komen die voldoet aan de eisen van het Sigmaplan.

Al snel werd een kribbe als oplossing voor de getijdennatuur naar voren geschoven, waarbij na enkele iteraties en simulaties met het lokaal gedetailleerde hydrodynamisch model Scaldis 3D tot een optimale dimensionering werd gekomen. Aspecten als duurzaamheid, zoals het vermijden van hoge bodemschuifspanningen en geleidelijkheid in overgangen om lokale ontgroning te voorkomen, werden maximaal meegenomen. Uiteindelijk werd voor een configuratie op 3,5 m Tweede Algemene Waterpassing of TAW met één gebogen kribbe gekozen om de nevengeul af te snijden en de ontwikkeling van hoogwaardig slik en laag dynamisch ondiep water mogelijk te maken.

1 Schramkowski, G.; Van Oyen, T.; Verwaest, T.; Mostaert, F. (2015). Getijverandering door verondieping te Fort Filip. Versie 4.0. WL Adviezen, 14_066. Waterbouwkundig Laboratorium: Antwerpen, België

- 2 Maximova, T.; Smolders, S.; Beullens, J.; Vanlede, J.; Schramkowski, G.; Verwaest, T.; Mostaert, F. (2016). Verkennde studie kribben Fort Filip: Deelrapport 1 – historische studie en hydrodynamische modelresultaten. Versie 6.0. WL Rapporten, 15_042. Waterbouwkundig Laboratorium: Antwerpen, België
- 3 Maximova, T.; Smolders, S.; Schramkowski, G.; Verwaest, T.; Mostaert, F. (2016). Verkennde studie kribben Fort Filip: Deelrapport 2 – aanvullende scenario's. Versie 5.0. WL Rapporten, 15_042. Waterbouwkundig Laboratorium: Antwerpen, België.

Vordering vanuit de lucht

DVW - POA

P. 57



Afb. 12 Algemene vooruitgang, oktober 2019.



Afb. 13 Algemene vooruitgang, januari 2020.



Afb. 14 Detail vooruitgang, oktober 2019.



Afb. 15 Detail vooruitgang, november 2019.



Afb. 16 Algemene vooruitgang, mei 2020.



Afb. 17 Algemene vooruitgang, september 2020.



Afb. 18 Detail vooruitgang, november 2020.



Afb. 19 Algemene vooruitgang, maart 2021.



Afb. 20 Algemene vooruitgang, juni 2021.



Afb. 21 Detail vooruitgang, juni 2021.

Afb. 22 Detail vooruitgang, augustus 2021.

Afb. 23 Detail vooruitgang, september 2021.



Afb. 24 Algemene vooruitgang, september 2021.



Afb. 25 Algemene vooruitgang, november 2021.



Afb. 26 Detail vooruitgang, november 2021.

D

Ontwerp

Bodemsaneringsproject

ABO

P. 69

Technisch ontwerp

SWECO

P. 81

Bodem- saneringsproject

ABO

Uit de resultaten van het milieuhygiënisch onderzoek bleek dat de opmaak van een bodemsaneringsproject een nodige en logische verdere stap was om de aanwezige bodemverontreiniging aan te pakken. Een bodemsaneringsproject is een officieel document met als hoofddoel de selectie en het ontwerp van een geschikte saneringsaanpak. De belangrijkste inhoudelijke onderdelen van een bodemsaneringsproject zijn: samenvatting van de relevante randvoorwaarden, voorstel voor enkele haalbare saneringstechnieken en de selectie van de techniek die het meest aangewezen is en een gedetailleerde uitwerking van die geselecteerde saneringsaanpak.

69

Daarnaast is een bodemsaneringsproject ook een omgevingsvergunningaanvraag en dient het rapport dus de nodige informatie te bevatten ten behoeve van de vergunningverlenende instanties.

Selectie bodemsaneringsvariant(en)

Binnen het kader van het BATNEEC-principe van het Bodemdecreet, moet een gewogen keuze gemaakt worden tussen bodemsaneringsvarianten. BATNEEC staat voor Best Available Technology Not Entailing Excessive Costs. Vrij vertaald: de best mogelijke techniek die financieel haalbaar is. Om tot een correcte BATNEEC-afweging te komen is een oordeelkundige selectie van bodemsaneringsvarianten minstens even belangrijk als het correct uitvoeren van de afweging hiervan. Op basis van dossierspecifieke randvoorwaarden en uitgangspunten werden de meest relevant geachte

bodemsaneringstechnieken aangeduid om de bodemverontreiniging te behandelen. Op basis van die aangeduide technieken werden verschillende bodemsaneringsvarianten opgesteld.

Welke bodemsaneringsvarianten moeten worden weerhouden voor verdere afweging in de multicriteria-analyse, valt niet in regels te vervatten. Dit is immers afhankelijk van randvoorwaarden die voor ieder dossier anders zijn. Het is dan ook de taak van iedere bodemsaneringsdeskundige om op basis van zijn deskundigheid een selectie te maken en hierover een motivatie te schrijven waarom die bodemsaneringsvarianten de meest relevante zijn om verder uit te werken. In onderstaande tekst als deel van het bodemsaneringsproject – maakt ABO nv een afweging van de verschillende bodemsaneringstechnieken en hun toepasbaarheid voor de sanering van Fort Sint-Filips. De eerste oplijsting gaat specifiek over verontreinigingszone 1 of alle verontreiniging in bodem en grondwater rondom de fortconstructie. De tweede oplijsting spitst zich toe op verontreinigingszone 2: de verontreiniging in en onder de waterbodem in het bufferbekken.

1: Mogelijke saneringstechnieken saneringszone 1 - Fort

70

TECHNIEK: ontgraving; Verontreinigde grond wordt ontgraven en verwerkt. Om ontgraving onder de grondwatertafel mogelijk te maken dient een bemaling uitgevoerd te worden. Deze techniek is voornamelijk kostenefficiënt voor de aanpak van zwaar verontreinigde bronzones.

Toepasbaar: Een ontgraving van de gehele kernzone is technisch uitvoerbaar. De techniek is duur maar heeft een hoge mate van zekerheid en de kostprijs kan vrij nauwkeurig bepaald worden.

TECHNIEK: BLE (bodempluucht-extractie); Bij bodempluuchtextractie worden filters geplaatst in de onverzadigde zone en wordt bodempluucht onttrokken en aan het maaiveld gezuiverd. Op deze manier kunnen vluchtige polluenten uit de onverzadigde zone en ter hoogte van de grondwatertafel verwijderd worden. In geval BLE gecombineerd wordt met een grondwaterverlaging kunnen ook vluchtige verbindingen in de verzadigde zone aangepakt worden. **Niet toepasbaar;** Gezien de verontreiniging deels bestaat uit niet-vluchtige componenten is BLE geen geschikte techniek.

TECHNIEK: PLI (persluchtinjectie); Persluchtinjectie omvat het inbrengen van perslucht op filters in de ondergrond, normaliter in de verzadigde zone. Hierdoor wordt vluchtige verontreiniging uit de bodem/het grondwater gestript. PLI wordt bijna altijd met BLE gecombineerd voor de finale verwijdering van de vervluchtigde polluenten. Soms wordt PLI aan een laag debiet en zonder BLE uitgevoerd, waarbij het dan als doel heeft om de biologische afbraak te bevorderen door zuurstoftoediening. Dit betreft dan in feite een

variant van gestimuleerde natuurlijke afbraak (zie verder).

Niet toepasbaar; Gezien de verontreiniging deels bestaat uit niet-vluchtige componenten is BLE geen geschikte techniek.

TECHNIEK: MFE (Meerfase extractie); Meerfase-extractie is een combinatie tussen grondwateronttrekking en bodemluchtexttractie. Het bestaat uit een systeem met onttrekkingsfilters die zich ter hoogte van de watertafel bevinden. Er wordt zowel bodemlucht als grondwater (en vaak ook puur product) onttrokken. Aan het maaiveld worden de verschillende stromen gescheiden en afzonderlijk gereinigd.

Niet toepasbaar; MFE is geschikt voor het verwijderen van vluchtige en/of mobiele polluenten ter hoogte van de grondwatertafel. Gezien de verontreiniging deels bestaat uit niet-vluchtige en weinig mobiele componenten is MFE geen geschikte techniek. Ook het uitgestrekte verticale profiel van de verontreiniging maakt dat MFE geen geschikte techniek is.

TECHNIEK: gestimuleerde biologische afbraak; Veel polluenten kunnen in de ondergrond biologisch afgebroken worden door van nature aanwezige micro-organismen. Deze afbraak gebeurt voor de meeste polluenten via aerobe processen, maar er zijn ook polluenten die beter, of uitsluitend, onder anaerobe omstandigheden afbreken. Gestimuleerde biologische afbraak bestaat uit het aanbrengen van producten/stoffen in de ondergrond die de omstandigheden voor biologische afbraak bevorderen. In geval van aerobe afbraak omvat dit meestal het inbrengen van zuurstof (door zuurstof vrijstellende producten of perslucht). In geval van anaerobe afbraak omvat dit meestal het inbrengen van een koolstofbron. Daarnaast worden soms ook stoffen voor pH optimalisatie of nutriënten toegediend.

Niet toepasbaar; De verontreiniging bestaat uit een cocktail van polluenten. Gezien sommige van deze polluenten enkel aeroob en andere enkel anaeroob kunnen worden afgebroken, kan het stimuleren van de biologische afbraak niet als geschikte techniek weerhouden worden. Tevens komen er ook enkele polluenten voor die nauwelijks biologisch afbreekbaar zijn.

TECHNIEK: ISCO (In situ chemische oxidatie); Veel polluenten kunnen afgebroken worden tot onschadelijke eindproducten door middel van oxidatie. Hiertoe worden sterke, reactieve oxidantia in de bodem ingebracht. De hoeveelheid toe te dienen oxidantia hangt af van de totale hoeveelheid gereduceerde componenten in de bodem, niet enkel van de aanwezige polluenten. Hierdoor is ISCO eerder geschikt voor kernzones in plaats van pluimzones.

Niet toepasbaar; Een ontgraving van de gehele kernzone is technisch uitvoerbaar. De techniek is duur maar heeft een hoge mate van zekerheid en de kostprijs kan vrij nauwkeurig bepaald worden.

TECHNIEK: ISCR (in situ chemische reductie); Sommige componenten kunnen afgebroken of gestabiliseerd worden door middel van chemische reductie. De uitvoering is gelijkaardig aan chemische oxidatie.

Niet toepasbaar; De meeste van de aanwezige polluenten kunnen niet via ISCR afgebroken of gestabiliseerd worden. Daarom wordt deze techniek niet overwogen.

TECHNIEK: civieltechnische isolatie; Bij civieltechnische isolatie wordt de verontreiniging afgesloten van de omgeving. Hierbij moeten de blootstellingswegen naar de verschillende receptoren worden geblokkeerd. In de meeste gevallen bestaat een isolatie uit het aanbrengen van ondoorlatende afdichtingen: horizontale bovenafdichtingen, horizontale onderafdichtingen en verticale afdichtingen.

Toepasbaar; Het isoleren van de gehele kernzone is technisch uitvoerbaar. De techniek is duur maar heeft een hoge mate van zekerheid en de kostprijs kan vrij nauwkeurig bepaald worden.

TECHNIEK: pump and treat; Bij pump and treat wordt de verontreinigde verzadigde zone aangepakt door het verontreinigde grondwater op te pompen en aan het maaiveld te zuiveren. Alle polluenten adsorberen in meer of mindere mate aan de bodemdeeltjes waardoor de bodem meermaals doorspoeld moet worden om de verontreiniging aan te pakken. Hoe mobieler de pollutie, des te toepasbaarder zal pump and treat zijn

72

Niet toepasbaar; Gezien de zeer hoge vuilvracht en de aanwezigheid van puur product en weinig mobiele polluenten, zal pump and treat erg lang duren en zeer onzeker zijn. De kostprijs zal erg moeilijk te ramen zijn. Daarom wordt pump and treat niet als saneringstechniek overwogen.

TECHNIEK: leeflaagsanering; Bij een leeflaagsanering wordt een niet-verontreinigde laag aangebracht die ervoor zorgt dat er geen rechtstreeks contact meer mogelijk is tussen de verontreinigde bodem en mogelijke receptoren (mensen, ecosysteem). Hierdoor worden niet steeds alle risico's weggenomen, doch vaak wel de meest kritische.

Toepasbaar; Het isoleren van de gehele kernzone is technisch uitvoerbaar. De techniek is duur maar heeft een hoge mate van zekerheid en de kostprijs kan vrij nauwkeurig bepaald worden.

Samenvattig saneringszone 1

Op basis van bovenstaande afwegingen werden volgende saneringsvarianten voorgesteld voor de kern rondom het fort:

- v1 ontgraving van de kern van de verontreiniging;
- v2 (civieltechnische) isolatie van de verontreiniging; door het aanbrengen van ondoorlatende verticale afdichtingen rondom de gehele kern en een ondoorlatende bovenafdichting; de Boomse klei wordt benut als horizontale onderafdichting;
- v3 (civieltechnische) isolatie van de verontreiniging, gecombineerd met een ontgraving van de ondiepe puur productzones;
- v4 leeflaagsanering en verwijdering van de ondiepe puur productzones.

2. Mogelijke saneringstechnieken saneringszone 2 - Waterbodem

TECHNIEK: ontgraving; Verontreinigde waterbodem wordt ontgraven en verwerkt. Om ontgraving mogelijk te maken dient een bemaling uitgevoerd te worden. Gezien het hoge aandeel van fijne korrels in slib en gezien het hoge vochtgehalte, zal reiniging vaak veel duurder of technisch niet uitvoerbaar zijn, in vergelijking met bodem. Hierdoor wordt ontgraven, verontreinigde waterbodem vaak gestort. Voor storting kan gebeuren, dient het slib ontwaterd te worden. **Toepasbaar.**

TECHNIEK: gestimuleerde biologische afbraak; Veel polluenten kunnen in de ondergrond biologisch afgebroken worden door van nature aanwezige micro-organismen. Deze afbraak gebeurt voor de meeste polluenten via aerobe processen, maar er zijn ook polluenten die beter, of uitsluitend, onder anaerobe omstandigheden afbreken. Gestimuleerde biologische afbraak bestaat uit het aanbrengen van producten/stoffen in de ondergrond die de omstandigheden voor biologische afbraak bevorderen. In geval van aerobe afbraak omvat dit meestal het inbrengen van zuurstof (door zuurstof vrijstellende producten of perslucht). In geval van anaerobe afbraak omvat dit meestal het inbrengen van een koolstofbron. Daarnaast worden soms ook stoffen voor pH-optimalisatie toegediend. **Niet toepasbaar.**

TECHNIEK: monitoring natuurlijke afbraak; In bepaalde situaties is de hierboven beschreven biologische afbraak van nature uit voldoende sterk aanwezig zodat er geen bijkomende stimulering noodzakelijk is om de verontreiniging aan te pakken. **Niet toepasbaar.**

TECHNIEK: (In-situ) capping; In-situ capping (afdek) is een saneringstechniek waarbij de verontreinigde onderwaterbodem aanwezig blijft maar (een belangrijk deel van) de negatieve effecten ervan richting het leefmilieu worden 'geïsoleerd'. Het betreft in dat geval een risico-gebaseerde aanpak. Het afdekmateriaal kan hierbij zowel uit bodem als een ander materiaal bestaan dat veelal laagsgewijs op het verontreinigde sediment wordt aangebracht. **Toepasbaar.**

TECHNIEK: ISCO; Veel polluenten kunnen afgebroken worden tot onschadelijke eindproducten door middel van oxidatie. Hiertoe worden sterke, reactieve oxidantia in de waterbodem aangebracht. De hoeveelheid toe te dienen oxidantia hangt af van de totale hoeveelheid gereduceerde componenten in de waterbodem, niet enkel van de aanwezige polluenten. **Niet toepasbaar.**

TECHNIEK: Leeftaagsanering; Bij een leeftaagsanering wordt een niet-verontreinigde laag aangebracht die ervoor zorgt dat er geen rechtstreeks contact meer mogelijk is tussen de verontreinigde bodem en mogelijke receptoren (mensen, ecosysteem). Hierdoor worden niet steeds alle risico's weggenomen, doch vaak wel de meest kritische. **Niet toepasbaar.**

Samenvattig saneringszone 2

Voor de verontreiniging in en onder de waterbodem van de buffervijver werden volgende saneringsvarianten weerhouden:

- v1 ontgraving van de kern van de verontreiniging in de waterbodem, gevolgd door off-site hergebruik, verwerking (reiniging) en/of storting;
- v2 ontgraving van de kern van de verontreiniging in de waterbodem, gevolgd door on-site ontwatering en on-site berging van het vrijgekomen slib;
- v3 in-situ capping van de waterbodem.

74

Afweging meest geschikte saneringsvariant – multicriteria-analyse

Na een selectie van de bodemsaneringsvarianten, gebeurt de BATNEEC-afweging via een multicriteria-analyse of MCA. De multicriteria-analyse voor de BATNEEC-evaluatie van bodemsaneringsprojecten werd in 2013 voor het laatst aangepast¹. Met de aangepaste multicriteria-analyse kan rekening worden gehouden met klimaatsverandering en duurzaam gebruik van grondstoffen zonder echter het doel van sanering uit het oog te verliezen.

De verschillende criteria die worden gewogen in de analyse zijn onderverdeeld in vier aspectgroepen:

1. milieuhygiënisch lokaal;
2. milieuhygiënisch regionaal/globaal;
3. (uitvoerings)technisch en maatschappelijk;
4. financieel.

De beoordelingssystematiek is erop gericht om per aspectgroep de saneringsvarianten met elkaar te vergelijken en te beoordelen. De methodologie van multicriteria-analyse berust in belangrijke mate op een subjectief oordeel van de bodemsaneringsdeskundige met betrekking tot het

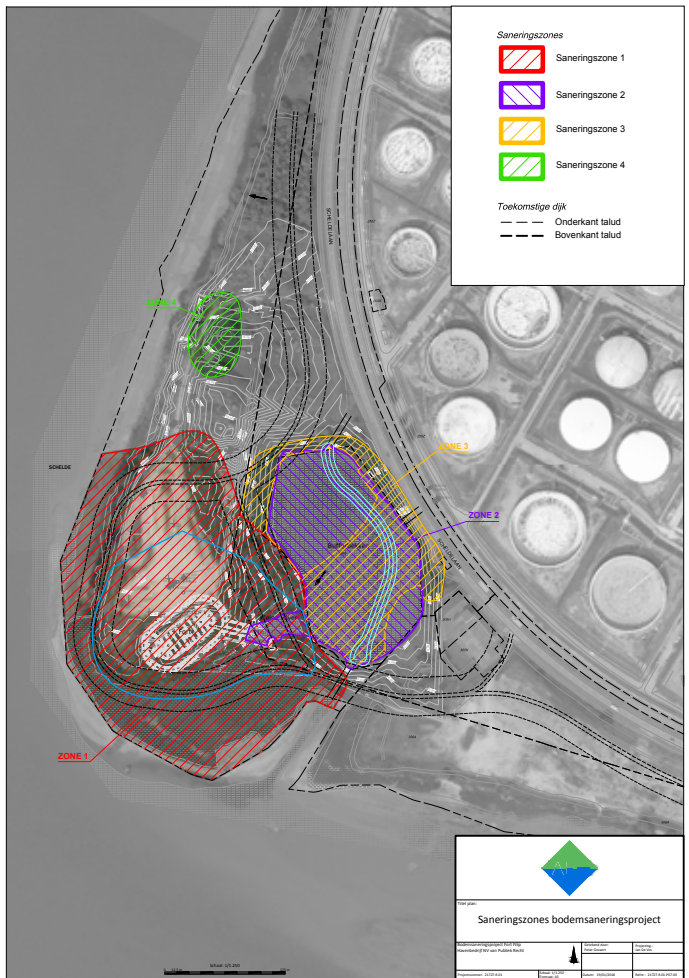


Fig.03 Aanduiding saneringszones.

toekennen van scores. Om een bepaalde saneringsoptie met een zekere graad van vertrouwen te kunnen beschouwen als de optimale saneringsvariant is het nodig dat de analyse uitgevoerd is met de nodige kennis en het nodige professionalisme. De analyse dient zo transparant mogelijk te worden uitgevoerd.

In het kader van het bodemsaneringsproject van Fort Sint-Filips werd bijkomend de robuustheid van de multicriteria-analyse onderzocht door wijzigingen in de onderlinge gewichten toe te kennen. Hierdoor werd een saneringsvariant verkozen die te verantwoorden is voor zowel partijen met een overwegend financiële betrokkenheid als voor partijen met een overwegend milieuhygiënische betrokkenheid.

Concreet gaf de MCA voor de *verontreiniging ter hoogte van het fort* aan dat variant 2 (isolatie) het hoogste scoorde. Het verschil in score met variant 3 (isolatie + ontgraving puur product-zones) was echter eerder beperkt. Een bijkomende evaluatie werd uitgevoerd waarin enkel deze twee best scorende varianten met elkaar werden vergeleken. Die bevestigde de keuze voor variant 2. Ook in twee bijkomende simulaties, waarbij de gewichten voor de milieuhygiënische dan wel de financiële elementen werden verhoogd, kwam variant 2 (isolatie) telkens als meest aangewezen variant uit de bus.

76 Voor de verontreiniging in de waterbodem van de buffervijver gaf de initiële MCA aan dat variant 2 (ontgraving en on-site berging) en variant 3 (in-situ capping) nagenoeg gelijkwaardig zijn: variant 3 scoort slechts minder dan 1% beter dan variant 2. Een vergelijking tussen enkel deze twee varianten levert op dat variant 3 wel duidelijk hoger scoort en dus het meest aangewezen is.

Voor verontreinigingszone 3 (verontreiniging rondom de vijver) en 4 (noordelijke BTEXN-kern) werd geen afzonderlijke MCA doorlopen.

Kern 3 was dermate beperkt in omvang en concentraties, dat de sanering best maximaal afgestemd werd op de geselecteerde variant voor kern 2. Gezien voor de verontreiniging in het bufferbekken voor een capping wordt gekozen lag het voor de hand om kern 3 door middel van een leeflaagsanering aan te pakken.

Kern 4 was gelegen in een zone die onafhankelijk van de sanering diende ontgraven te worden. Vandaar dat een volledige ontgraving als enige logische saneringsvariant geselecteerd werd.

Uitwerking saneringsaanpak

Verontreinigingszone 1 – Fort

Zoals hierboven beschreven is de meest aangewezen saneringstechniek voor de verontreiniging rondom het fort een isolatie. In grote lijnen werd volgende concept uitgewerkt:

- een ondoorlatende laag onder de verontreiniging is noodzakelijk, zodat deze niet verticaal kan verspreiden. Die is hier reeds van nature aanwezig – Boomse klei rond -20 mTAW / 30 m-mv;
- ondoorlatende wanden rondom de verontreiniging zijn noodzakelijk, zodat deze niet horizontaal kan verspreiden. Dit wordt verwezenlijkt door de plaatsing van cement-bentonietwanden met een dikte van 60 cm, geplaatst tot minstens 1 m in de Boomse klei. Een dikke HDPE-folie (Hoge Dichtheid Polyetheen) wordt ingebracht in de wand om bijkomende ondoorlatenheid en chemische resistentie te verzorgen;
- een ondoorlatende bovenafdek is noodzakelijk. Deze dient niet zozeer om rechtstreekse verspreiding te voorkomen, maar is nodig omdat anders insijpelend regenwater voor een gestaag stijgend waterpeil binnen de isolatie zou zorgen. De bovenafdek dient te bestaan uit:
 - gasdrainage, om te vermijden dat vervluchtigde verontreiniging of afbraakgas van de aanwezige veenlaag zich onder de ondoorlatende laag zou opstapelen;
 - HDPE-folie: ondoorlatende barrière;
 - kleimatten: ondoorlatende barrière;
 - waterdrainage, om regenwater af te voeren naar buiten de isolatie;
 - leeflaag van propere grond;
 - aangepaste begroeiing die beheer toelaat en diepwortelende planten verhindert.

Verontreinigingszone 2 – Bufferbekken

Zoals hierboven beschreven is de meest aangewezen saneringstechniek voor de verontreiniging een in-situ capping. Het voornaamste risico dat hiermee weggenomen wordt is de verspreiding richting het oppervlaktewater. Het bekken staat immers in rechtstreeks contact met de Schelde.

De capping word aangelegd door een HDPE-folie, kleimatten en kleilaag aan te brengen bovenop het aanwezige slib in de vijver. Dit vormt dan een ondoorlatende barrière waardoor er geen uitwisseling meer kan optreden tussen het verontreinigde slib en het water in het bekken.

Daarnaast wordt de geul die zich van nature heeft gevormd in het bekken uitgegraven en gebetonneerd, om watertransport langs hier te leiden en erosie in de rest van het bekken te beperken.

Verontreinigingszone 3 –

Bepaalde topplaagverontreiniging rondom bufferbekken

Een herprofilering van de taluds richting het bufferbekken was in elk geval reeds voorzien, onafgezien van de sanering. Dit vormde een opportuniteit om de sanering van de oeververontreiniging rondom het bekken door

middel van een leeflaagsanering uit te voeren. Door het aanbrengen van een beperkte toplaag niet-verontreinigde grond komen verontreinigingen met PAK en zware metalen niet langer voor aan de oppervlakte en is er geen contact meer mogelijk. Hierdoor worden de risico's die uitgaan van deze verontreiniging weggenomen.

Verontreinigingszone 4 – BTEXN-verontreiniging ten noorden van fort

Gezien dit deel van de site ontgraven moest worden als onderdeel van de reeds voorziene dijkwerken, was een volledige ontgraving van de verontreiniging de enige realistische saneringsaanpak.

De verontreinigde grond moest selectief ontgraven worden, hetgeen betekent dat, onder toezicht van ABO nv als erkend bodemsaneringsdeskundige, alle verontreinigde grond wordt weggenomen en afgevoerd voor verwerking. Niet-verontreinigde grond die hierbij vrijkomt wordt afzonderlijk gestockeerd voor hergebruik (bij voorkeur op de site zelf).

Vergunningsaanvraag

78

Een BSP is tevens een officiële vergunningsaanvraag voor een omgevingsvergunning die zowel de stedenbouwkundige als de milieukundige ingrepen van het project toelaat. OVAM (Openbare Vlaamse Afvalstoffenmaatschappij) is de vergunningverlenende instantie en de conformverklaring die zij aflevert geldt als omgevingsvergunning.

OVAM doet een beroep op adviesverlenende instanties om het BSP te beoordelen. Afhankelijk van de context kunnen er naast de saneringstechnische bepalingen nog bijkomende gegevens noodzakelijk zijn om de vergunning mogelijk te maken. Zo moet er steeds een watertoets doorlopen worden en moeten de voorziene lozingen zowel op het vlak van kwaliteit als op het vlak van kwantiteit beschreven worden. Specifiek voor het dossier van Fort Sint-Filips was er ook een passende beoordeling nodig om de impact op Natura 2000-gebied in kaart te brengen. Daarnaast werd ook een archeologienota opgesteld.

1 Momenteel wordt er door OVAM gesleuteld aan een herwerkte versie, die spoedig de plaats zal innemen van de MCA die ten einde van opmaak van het BSP van Fort-Filip in voege was.

De aanbesteding van het technisch ontwerp werd, na de opmaak en publicatie van het bestek 16EI/13/58 en een schetsontwerp door De Vlaamse Waterweg nv (toen nog W&Z) ondernomen op 2 december 2013. Sweco werd aangesteld voor de opmaak van het technisch ontwerp.

81

De opdracht bestond zowel uit de opmaak van een realistisch en gedragen voorontwerp dat als basis kon dienen voor de opstelling van de omgevingsvergunningaanvraag, als uit de MER-ontheffing en een detailontwerp. In onderhavige paragraaf wordt een abstractie gemaakt van de verschillende fases (voor- en detailontwerp) en lichten we enkel de technische aspecten toe.

Randvoorwaarden

Aan de basis van het ontwerp ligt een inventaris van de verschillende randvoorwaarden zoals de grondopbouw, grondwaterstanden, de hydraulische randvoorwaarden zoals het getij, milieuhygiënische en bouwtechnische kwaliteit van de aanwezige gronden, de historische waarde van het fort en het schetsontwerp van de te voorziene ontpoldering.

Binnen het geactualiseerde Sigmaplan werd de streefwaarde voor de dijkhoogtes van 11 m TAW opgelegd langsheen de Zeeschelde tussen de Belgisch-Nederlandse grens enerzijds en Oosterweel, waarvan het project deel uitmaakt, anderzijds (www.oosterweelverbinding.be/het-project). Ter hoogte van het Fort Sint-Filips was het doel – rekening houdend met de aanwezigheid van de sterke verontreinigingen – de rivierdijk een eind landinwaarts te verplaatsen, zodat

een groter areaal onder de dagelijkse invloed van het getij komt. Binnen de Sigmawerken werd gestreefd de propere af te graven gronden voor deze ontpolderingszone maximaal ter plaatse te houden. Hiermee werd rekening gehouden met de attentering van de forten en het aanvullen van de zone achter de kribbe. In functie van het ontwerp werden tevens verdere randvoorwaarden aangegeven:

- aanpassen van de gronddijk naar een kruinhoogte van 11 m TAW ten behoeve van de Sigmakering geniet de voorkeur. Dit kan omwille van plaatsgebrek (bijvoorbeeld door de buffervijver of leidingenstrook) niet altijd uitgevoerd worden;
- er dient een jaagpad aangelegd te worden;
- er moet ruimte zijn voor een voldoende brede leidingenstrook met richtwaarde 21,5 m.

Geotechnisch onderzoek

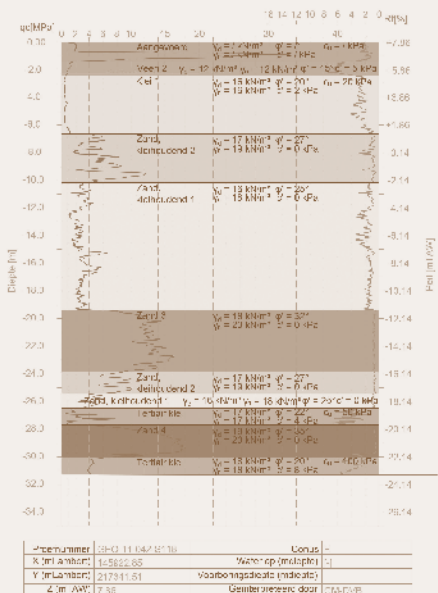
Het beschikbare grondonderzoek (boringen, sonderingen en laboproeven) werd geïnterpreteerd en vertaald in een geotechnische onderverdeling en toekenning van geotechnische parameters aan de verschillende lagen. De lagen worden opgesplitst conform de opdeling toegekend in NBN EN 1997-1 ANB-2014 – Tabel 2.1, aangevuld met parameters uit NEN 6740, CUR 166 en de Richtlijn bemalingen [Fig. 04].

82

De schuifweerstandskarakteristieken en samendrukkingsmodulus worden afgeleid uit het laboratoriumonderzoek, dit voor de weinig draagkrachtige kleilaag K1. Door de afdeling Geotechniek zijn niet-geconsolideerde, niet-gedraineerde (UU) triaxiaalproeven uitgevoerd. Hieruit kan de ongedraineerde schuifsterkte achterhaald worden, nodig ten behoeve van het nazicht van de aangepaste taluds op korte termijn, tijdens uitvoering en voor afronding van de consolidatieperiode na ophoging.

De slappe kleilaag K1 komt nagenoeg over het volledige project voor en wordt vastgesteld bij 32 monsters. De karakteristieke 95%-waarde op het gemiddelde van de ongedraineerde schuifsterkte c_u wordt bepaald volgens de student-t-verdeling en wordt gehanteerd bij een bezwijking onder groot grondvolume. Bij een berekening onder klein grondvolume vallen we terug op de 95%-waarde op het minimum van de ongedraineerde schuifsterkte. In onderstaande formule staat α voor de kans en n voor het aantal monsters, $n - 1$ voor het aantal vrijheidsgraden en S_n voor de standaardafwijking op de gemiddelde waarde van de ongedraineerde schuifspanning.

$$c_{u,gem,95\%} = c_{u,gem} - t_{\alpha,n-1} \frac{S_n}{\sqrt{n}}$$



Vlaanderen
 Boring nabij sondering CEO-12-120-S118
 DOV Rapport BoorProfiel
 Datum: 04/10/2013
 Project: 1429345-DV (DB - RTR F.5505 m, 200m)
 Opdrachtgever: 2-0000189 (DB - RTR F.5505 m, 200m)
 Zwaarte: 771,2 d/m³ R=1,1355566 (m/dag)
 Omvang: Water
 Doelstelling: Water
 Opmerking: Deze rapportage is bedoeld voor de afnemer van de boring en kan vertrouwelijk of anderszins wettelijk beschermd zijn.

Geotechnische codering - D117845

Referentie: Leren, Dr. (2011) - Afdeling Geotechniek
 Interactie met de bodem

Diepte (m)	Soort	Soort	Omstandigheden	Bijzondere
0,00	0,55	zand	nat	zand, puur zand
0,25	1,10	zand	nat	
0,40	1,65	zand	nat	klei
0,60	2,15	zand	nat	zand, puur zand
0,80	2,70	zand	nat	zand, puur zand
1,00	3,25	zand	nat	zand, puur zand
1,20	3,80	zand	nat	zand, puur zand
1,40	4,35	zand	nat	zand, puur zand
1,60	4,90	zand	nat	zand, puur zand
1,80	5,45	zand	nat	zand, puur zand
2,00	6,00	zand	nat	zand, puur zand
2,20	6,55	zand	nat	zand, puur zand
2,40	7,10	zand	nat	zand, puur zand
2,60	7,65	zand	nat	zand, puur zand
2,80	8,20	zand	nat	zand, puur zand
3,00	8,75	zand	nat	zand, puur zand
3,20	9,30	zand	nat	zand, puur zand
3,40	9,85	zand	nat	zand, puur zand
3,60	10,40	zand	nat	zand, puur zand
3,80	10,95	zand	nat	zand, puur zand
4,00	11,50	zand	nat	zand, puur zand
4,20	12,05	zand	nat	zand, puur zand
4,40	12,60	zand	nat	zand, puur zand
4,60	13,15	zand	nat	zand, puur zand
4,80	13,70	zand	nat	zand, puur zand
5,00	14,25	zand	nat	zand, puur zand
5,20	14,80	zand	nat	zand, puur zand
5,40	15,35	zand	nat	zand, puur zand
5,60	15,90	zand	nat	zand, puur zand
5,80	16,45	zand	nat	zand, puur zand
6,00	17,00	zand	nat	zand, puur zand
6,20	17,55	zand	nat	zand, puur zand
6,40	18,10	zand	nat	zand, puur zand
6,60	18,65	zand	nat	zand, puur zand
6,80	19,20	zand	nat	zand, puur zand
7,00	19,75	zand	nat	zand, puur zand
7,20	20,30	zand	nat	zand, puur zand
7,40	20,85	zand	nat	zand, puur zand
7,60	21,40	zand	nat	zand, puur zand
7,80	21,95	zand	nat	zand, puur zand
8,00	22,50	zand	nat	zand, puur zand
8,20	23,05	zand	nat	zand, puur zand
8,40	23,60	zand	nat	zand, puur zand
8,60	24,15	zand	nat	zand, puur zand
8,80	24,70	zand	nat	zand, puur zand
9,00	25,25	zand	nat	zand, puur zand
9,20	25,80	zand	nat	zand, puur zand
9,40	26,35	zand	nat	zand, puur zand
9,60	26,90	zand	nat	zand, puur zand
9,80	27,45	zand	nat	zand, puur zand
10,00	28,00	zand	nat	zand, puur zand
10,20	28,55	zand	nat	zand, puur zand
10,40	29,10	zand	nat	zand, puur zand
10,60	29,65	zand	nat	zand, puur zand
10,80	30,20	zand	nat	zand, puur zand
11,00	30,75	zand	nat	zand, puur zand
11,20	31,30	zand	nat	zand, puur zand
11,40	31,85	zand	nat	zand, puur zand
11,60	32,40	zand	nat	zand, puur zand
11,80	32,95	zand	nat	zand, puur zand
12,00	33,50	zand	nat	zand, puur zand
12,20	34,05	zand	nat	zand, puur zand
12,40	34,60	zand	nat	zand, puur zand
12,60	35,15	zand	nat	zand, puur zand
12,80	35,70	zand	nat	zand, puur zand
13,00	36,25	zand	nat	zand, puur zand
13,20	36,80	zand	nat	zand, puur zand
13,40	37,35	zand	nat	zand, puur zand
13,60	37,90	zand	nat	zand, puur zand
13,80	38,45	zand	nat	zand, puur zand
14,00	39,00	zand	nat	zand, puur zand
14,20	39,55	zand	nat	zand, puur zand
14,40	40,10	zand	nat	zand, puur zand
14,60	40,65	zand	nat	zand, puur zand
14,80	41,20	zand	nat	zand, puur zand
15,00	41,75	zand	nat	zand, puur zand
15,20	42,30	zand	nat	zand, puur zand
15,40	42,85	zand	nat	zand, puur zand
15,60	43,40	zand	nat	zand, puur zand
15,80	43,95	zand	nat	zand, puur zand
16,00	44,50	zand	nat	zand, puur zand
16,20	45,05	zand	nat	zand, puur zand
16,40	45,60	zand	nat	zand, puur zand
16,60	46,15	zand	nat	zand, puur zand
16,80	46,70	zand	nat	zand, puur zand
17,00	47,25	zand	nat	zand, puur zand
17,20	47,80	zand	nat	zand, puur zand
17,40	48,35	zand	nat	zand, puur zand
17,60	48,90	zand	nat	zand, puur zand
17,80	49,45	zand	nat	zand, puur zand
18,00	50,00	zand	nat	zand, puur zand
18,20	50,55	zand	nat	zand, puur zand
18,40	51,10	zand	nat	zand, puur zand
18,60	51,65	zand	nat	zand, puur zand
18,80	52,20	zand	nat	zand, puur zand
19,00	52,75	zand	nat	zand, puur zand
19,20	53,30	zand	nat	zand, puur zand
19,40	53,85	zand	nat	zand, puur zand
19,60	54,40	zand	nat	zand, puur zand
19,80	54,95	zand	nat	zand, puur zand
20,00	55,50	zand	nat	zand, puur zand

Wettelijke codering: 04/22816
 Interactie met de bodem: 2000189 (DB - RTR F.5505 m, 200m)
 Datum: 04/10/2013

Vanaf	Tot	Beschrijving	Bemerking
0,00	4,00	zand, puur zand	puur
4,00	7,00	zand, puur zand	zand
7,00	11,00	zand, puur zand	zand

Fig. 04 DOV rapport BoorProfiel

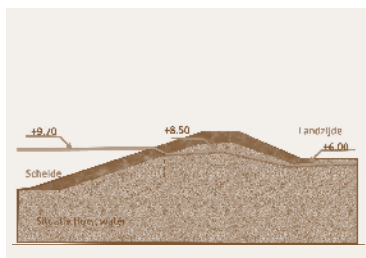


Fig.05 Hydraulische belasting in hoog water.

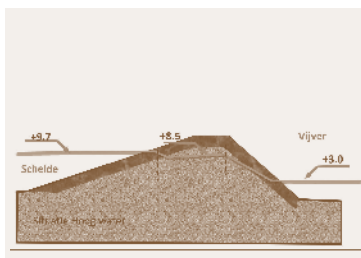


Fig.06 Hydraulische belasting in hoog water-situatie vijver.

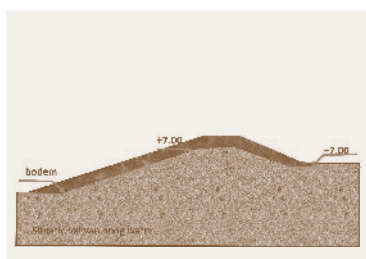


Fig.07 Hydraulische belasting bij snelle val van hoog water.

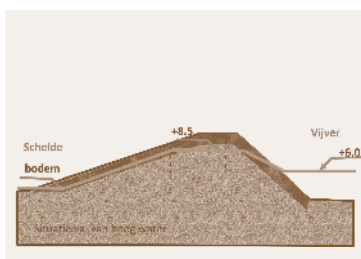


Fig.08 Hydraulische belasting bij snelle val van hoog water-situatie vijver.

84

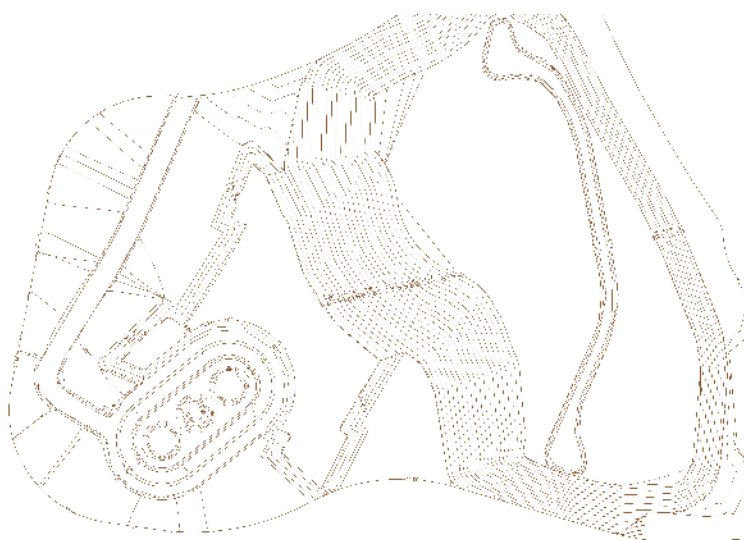


Fig.09 Contourlijnen ontwerphoogte met landschappelijke inpassing van het fort.

De afgeleide ongedraineerde cohesie $c_{u,gem,95\%}$ op basis van de UU- triaxiaalproeven voor de slappe kleilaag K1 bedraagt 34 kPa, terwijl de $c_{u,min,95\%}$ - waarde slechts 16 kPa bedraagt, de waarde die te hanteren is bij een afschuiving van een klein grondvolume. De standaardwaarde van 20 kPa, aangenomen uit NBN EN 1997-1 ANB-2014 – Tabel 2.1, wordt weerhouden voor de uitvoering van de berekeningen. Bij onvoldoende veiligheid wordt een gevoeligheidsanalyse opgesteld, waarbij zowel bezwijken onder aanname van de standaardwaarde als de berekende waarde wordt bepaald.

Maatgevende snedes

Op basis van het beschikbaar grondonderzoek, de plannen uit het schetsontwerp en beschikbare randvoorwaardes zoals de noodzakelijke ophoging ten gevolge van het bodemsaneringsproject, worden enkele maatgevende dwarsprofielen geselecteerd. Het maaiveld binnen de contouren van het fort wordt opgehoogd naar 13 m TAW, waar het in bestaande toestand op sommige delen slechts tot 10 m TAW reikt, bijvoorbeeld ter hoogte van het talud aan de zijde van de vijver [Fig. 09].

Voor het project worden zes typesnedes of dwarsprofielen weerhouden, zowel ter nazicht van het landtalud als van het riviertalud. Per snede worden enkele hydraulische belastingschema's beschouwd [Fig. 05-08].

85

Ontwerpcriteria

Ontwerp van dijken

Het ontwerp is afgestemd op enerzijds de geometrische eisen, beperkingen en inplanting van de dijken in het schetsontwerp en, anderzijds op de technische haalbaarheid.

Onder de technische haalbaarheid verstaan we de geotechnische berekeningen en stabiliteitscontroles van de waterkering. Een controle van de zettingen is nodig om het vervormingsgedrag van de dijken te bepalen en om de kruinhoogte van de dijk te kunnen controleren. Deze kruinhoogte moet gegarandeerd zijn, ook na oplevering van het project.

Het schetsontwerp van de dijken wordt vervolgens nagekeken en bijgesteld waar nodig. Het nazicht omvat de controle van de macrostabiliteit, het opdrijven en opbarsten onder een hydraulische belasting, zandmeevoerende wellen (piping) en horizontale vervormingen.

De dijkbekleding wordt gedimensioneerd en gekozen in functie van de golfbelasting: de impact, oploop en aanval (richting) van golven. De golfparameters worden afgeleid uit het onderzoek “Studie ten behoeve van aanleg van overstromingsgebieden en natuurgebieden in het kader van het Sigmaplan – Hydraulische randvoorwaarden voor toetsen op en ontwerpen naar veiligheid” opgesteld door het Waterbouwkundig Laboratorium, uitgebracht in maart 2009 en onderdeel van het bestek.

Ontwerp van harde waterkering

De harde waterkering wordt bij stormvloed onderworpen aan golfbelasting. Onder de aangrijpende belasting moet de wand weerstand bieden tegen afglijding en kantelen en moet het evenwichtsdraagvermogen voldoen. Onderloopsheid van de muur wordt vermeden door installatie van een kwelscherm. De sterkte van de wand wordt afgetoetst aan NBN EN 1992. Daar waar de wand nabij de toekomstige leidingenstrook gelegen is, wordt bekeken of de wand stabiel is of de voorziening van een damplank noodzakelijk is om de stabiliteit te waarborgen.

Ontwerp

Zettingen

Om voldoende kruinhoogte te voorzien wordt over een groot deel van het project het bestaande maaiveld opgehoogd. De zettingen ten gevolge van de ophoging worden enerzijds berekend aan de hand van een zettingsberekening volgens Terzaghi, anderzijds met de methode van Koppejan. De berekening volgens Terzaghi stelt ons niet in staat de zettingen in de tijd te berekenen en dient louter ter verificatie van de berekende zettingen volgens de methode van Koppejan, die wel in de tijd worden berekend.

86 *Zettingsberekening volgens formule van Terzaghi*

De zetting onder een spanningstoename Δp aan het maaiveld, dit ten gevolge van een ophoging van de bestaande dijk, is de som van de zetting van elke afzonderlijke laag, dit berekend met volgende formule:

$$\Delta h = \frac{h}{C} \ln \frac{\sigma'_{v;0} + \Delta \sigma'_v}{\sigma'_{v;0}}$$

De berekening wordt uitgevoerd volgens de klassieke spanningsverdeling volgens Boussinesq, met $\Delta \sigma'_{v;0}$ gelijk is aan $i \cdot \Delta p$ waarbij i de invloedscoefficiënt volgens Boussinesq. De oorspronkelijke effectieve korrelspanning $\sigma'_{v;0}$ wordt berekend halverwege de beschouwde grondlaag. Voor elk dwarsprofiel wordt de meest representatieve grondlagenopbouw geselecteerd en wordt een verdere opdeling gemaakt volgens het interval van de gerapporteerde sondeerwaardes, namelijk elke 0,20 m. Elke laag krijgt nadien een samendrukbaarheidsmodulus toegekend volgens de formule van Sanglerat.

$$C = \alpha \cdot \frac{q_c}{\sigma'_{v;0}}$$

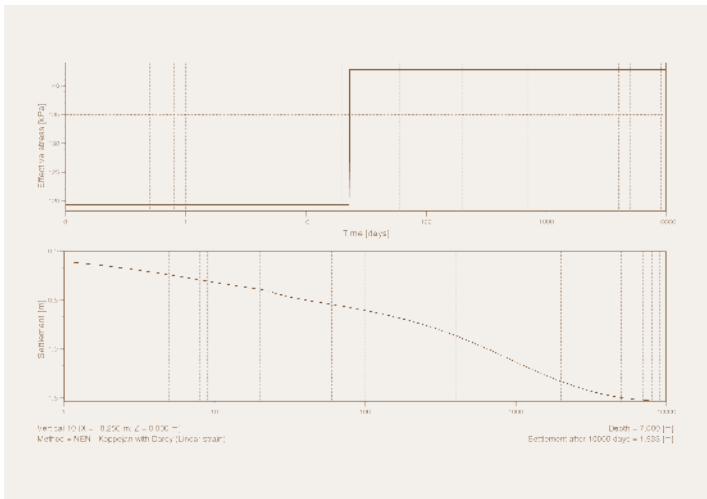
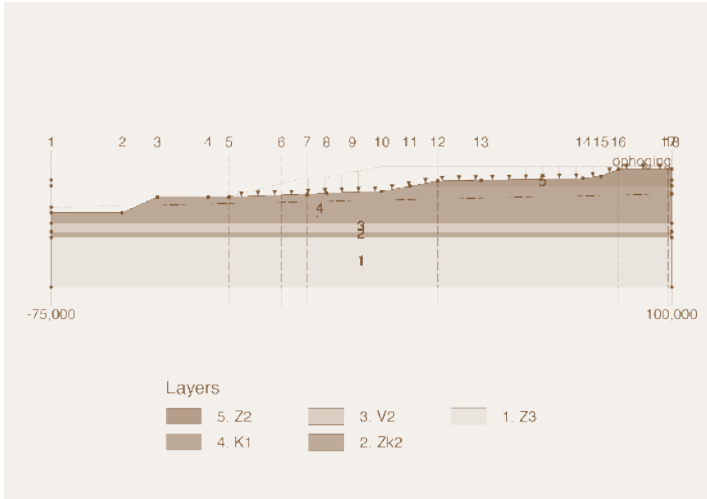


Fig. 10 Grafische weergave snede zettingsmodel.

Fig. 11 Opgelegde belasting in de tijd en de resulterende zetting in de tijd.

De samendrukbaarheidscoëfficiënt α wordt ingeschat volgens de Richtlijn bemalingen 2009, de conusweerstand q_c wordt bekomen uit de sondering. De samendrukbaarheid van overgeconsolideerde en tertiaire lagen wordt gepast gecorrigeerd door eventuele toepassing van de herbelastingconstante A.

Zettingsberekening volgens Koppejan – D-Settlement

Voor de zettingsberekening wordt gerekend met een gemiddelde waterstand. Een “pre-overburden pressure” (POP), het verschil tussen de effectieve spanning $\sigma'_{v,0}$ en de grensspanning σ_p' (het spanningsniveau waarbij bij overschrijding het maagdelijk samendrukkingsgedrag wordt aangesproken), van 10 kPa wordt ingerekend om historische fluctuaties in de grondwaterstand en bijhorende zettingen in te rekenen. De consolidatie van de slappe klei en veenlagen wordt ingerekend aan de hand van de theorie van Darcy. Doorlaatbaarheden k_h en k_v zijn ingeschat op basis van literatuur.

De berekeningen – uitgevoerd met D-Settlement, een softwarepakket van Deltares – stellen ons in staat om zettingen in een 2D-snede te berekenen. Typisch worden er 3 fases ingerekend. Vertrekkende van de initiële toestand wordt de nodige ophoging en ontgraving ingetekend als een tweede fase. De derde fase wordt automatisch door het programma gecreëerd en voorziet een aanvulling ter herstel van de nieuwe toestand na zettingen. Het tijdstip waarop dit herstel wordt uitgevoerd, is vooraf ingegeven in de software [Fig. 10].

88

Als voorbeeld worden de zettingen weergegeven ter hoogte van de snede met maximaal te verwachten zettingen. Ten gevolge van de te voorziene ophoging is ca. 1,53 m zettingen te verwachten, dit binnen de bestaande grondopbouw. Zettingen binnen het aanvulmateriaal worden niet berekend gezien een goede compactering op de werf wordt verondersteld, dit volgens de regels in het standaardbestek 260, een bundeling van gemeenschappelijke bepalingen inzake de studie en uitvoering van werken in de waterbouw en civieltechnische kunstwerken. In de berekening werd verondersteld dat na twee weken de aanvulling wordt hersteld volgens het ontworpen profiel. In realiteit verandert de toestand van de aanvulling constant, met verschillende aanvullingen in de tijd. Het uiteindelijke herstel van het terrein wordt pas net voor het aanbrengen van de fietsverharding voorzien, dit op het einde van het project [Fig. 11].

Opvolgen zettingen tijdens de werf

Tijdens de werkzaamheden worden in functie van het projectverloop de zettingen opgevolgd en vergeleken met de theoretische voorspellingen, dit ter ondersteuning van beslissingen zoals het inplannen van de asfaltering achter de Sigmaking. Door de opdrachtnemer werden periodiek topografische opmetingen gemaakt van het terrein. Deze geven een inzicht in de evolutie van de zettingen en stellen in staat de theoretische zettingen te verifiëren.

Als voorbeeld worden de opgetreden zettingen ter hoogte van de hierboven

theoretisch benaderende snede aangehaald. Over een periode van ruim anderhalf jaar werd het maaiveld tot tweemaal opgehoogd, met een eerste ophoging anno eind 2019 – begin 2020. Op basis van de opmetingen werd waargenomen dat de zetting ca. 0,82 m bedraagt, een onderschatting omdat een topografische opmeting anno begin 2020, net na de aanvulling, ontbreekt. Dit resultaat ligt in lijn met het eerder berekende zettingsverloop waar op ca. 600 dagen een zetting van 0,95 m te verwachten is.

Een bijkomende ophoging wordt voorzien ter compensatie van de langdurige zettingen. Hierbij wordt de kruinhoogte op het einde van het project tot wel 35 cm hoger afgewerkt dan de ontworpen hoogte.

Taludstabiliteit

Als basisontwerp/typedwarsprofiel wordt een talud met volgende geometrische randvoorwaarden vooropgesteld:

- kruinhoogte (na zetting) +11 m TAW = Sigmakering;
- kruinbreedte 5,50 m;
- helling landtalud 12/4;
- helling riviertalud 16/4.

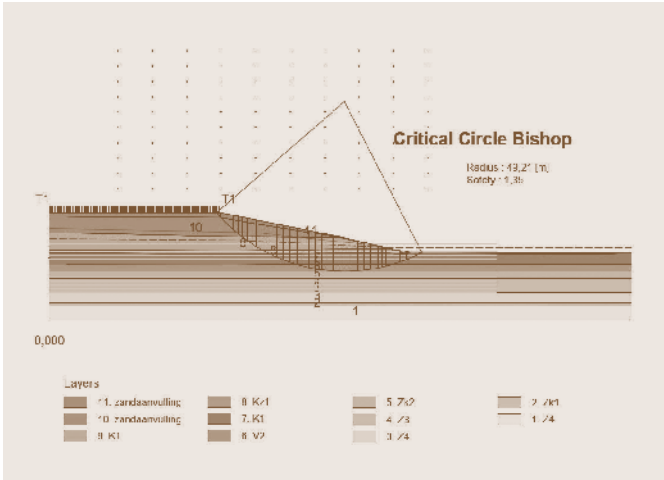
De beoogde detailopbouw bestaat uit een dijk met een kern afgedekt met 1 m vette grond als hydraulische barrière met hierop een steenbestorting van 0,5 m in dikte afgescheiden door een filtergeotextiel. Een goede praktijk is om de laag vette grond wigvormig aan te brengen, met een bredere basis in snede zodat de hydraulische weerstand het grootst is waar de potentiaal ook het grootst is. Op de kruin wordt een verkeersbelasting ingerekend van 15 kN/m².

De taluds zijn zowel gedraineerd als ongedraineerd doorgerekend. Een ongedraineerde situatie doet zich voor bij weinig doorlatende gronden die men bijkomend belast door bijvoorbeeld een ophoging of bemaling (toename effectieve spanning). Water dat zich binnen de korrelstructuur bevindt – poriënwater – , kan onder toenemende belasting niet snel dissiperen, waardoor tijdelijk een gewijzigde grondreactie ontstaat. Deze grondreactie wordt onderzocht bij nazicht van de ogenblikkelijke of ongedraineerde toestand. De ‘uiteindelijke toestand’ verwijst naar een gedraineerde situatie.

De maatgevende snedes, gekenmerkt door een specifieke geometrie zoals een steiler talud, lagenopbouw van de bodem en/of afwijkende kruinhoogte, worden nagekeken inzake macrostabiliteit, kwel (piping) en opdrijven en opbarsten.

Nazicht macrostabiliteit in D-Geo Stability

De berekening van de dijken wordt uitgevoerd in D-Geo Stability, rekensoftware uitgebracht door Deltares. We importeren de gezette grondopbouw uit



90

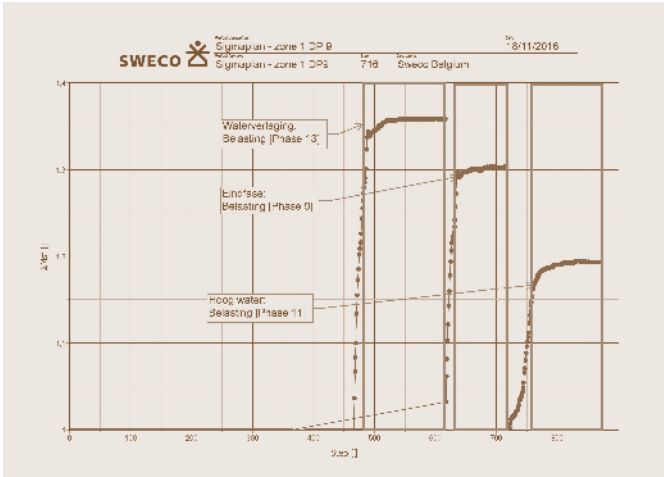


Fig. 12 Grafische weergave resultaten model macrostabiliteit.
Fig. 13 Resultaten nazicht in Plaxis 2D van macrostabiliteit.

D-Settlements en berekenen de macrostabiliteit volgens Bishop. Bij de berekening volgens Bishop wordt gewerkt met een lamellen berekeningsmethode. Een hypothetisch punt wordt gekozen waarin een afschuiflijn met de vorm van een cirkelsegment wordt getekend. Deze lijn bakent een grondmassief af waarbinnen we het krachtenevenwicht gaan uitschrijven. Binnen elke lamel worden de aandrijvende en weerstandbiedende krachten berekend. De aandrijvende krachten bestaan uit de kracht uitgeoefend door de naastgelegen lamellen, het gewicht van de lamel en de reactiekracht uitgeoefend loodrecht op de afschuiflijn. De weerstandbiedende kracht bestaat uit de wrijving ter hoogte van het afschuifvlak. Deze wrijving kan in de ogenblikkelijke (ongedraineerde) of uiteindelijke (gedraineerde) toestand doorgerekend worden.

- Ongedraineerd: $\tau = c_u$
- Gedraineerd: $\tau = c + \sigma'_v \tan(\phi')$

Figuur 12 geeft het kritische afglijvlak weer voor een talud aan de vijverzijde van Fort Sint-Filips. De berekening wordt uitgevoerd in gebruiksgrenstoestand. Aangrijpende belastingen, volumegewichten en materiaaleigenschappen worden niet gepondereerd. De benodigde veiligheid, de verhouding tussen de weerstandbiedende en aandrijvende krachten, dient groter te zijn dan 1,1 in ogenblikkelijke (ongedraineerde) toestand en 1,3 in uiteindelijke (gedraineerde) toestand. De toetsingsvoorwaarden worden opgelegd in het standaardbestek 260, een bundeling van gemeenschappelijke bepalingen inzake de studie en uitvoering van werken in de waterbouw en civiel technische kunstwerken.

91

Bijkomende maatregelen taludstabiliteit

De gevraagde veiligheid van de taluds kan niet gegarandeerd worden voor elke maatgevende snede zonder bijkomende maatregelen. De geometrie van het vijvertalud is bepaald door de nodige buffercapaciteit (volume) van de vijver. Op de vijver is de uitwatering van een aanpalend bedrijf aangesloten en bij hoog water dient de vijver over voldoende capaciteit te beschikken om het lozingswater te bufferen. De aanwezigheid van vervuilde grond laat niet toe de dijken te verplaatsen. De hellingsgraad van het talud aan vijverzijde is een gevolg van de interactie tussen de randvoorwaarden i.v.m. de te behalen oppervlakte natuur en de te behouden buffercapaciteit in de vijver.

Ter stabilisatie van het talud wordt een verticale vernageling met palen voorzien zoals aangeduid in figuur 14. De vernageling wordt berekend aan de hand van een eindige elementenberekening, dit omdat de methode toelaat de grond-paal interactie goed te modelleren.

Nazicht macrostabiliteit in Plaxis

De taludstabilisatie door middel van een vernageling wordt gecontroleerd in een eindigelementensoftwarepakket. Plaxis 2D, rekensoftware uitgebracht door Bentley, wordt gebruikt ter nazicht van de macrostabiliteit en inschatting van de interne krachtwerking in de palen (Fig. 13).

De toetsingsvoorwaarden voor een in het standaardbestek (HST 21 §6.4.11) omschreven 'methode van geoptimaliseerde glijvlakken', zijn beperkt tot een benodigde veiligheidsfactor van 1,25 in uiteindelijke (gedraineerde) toestand, 1,1 in ogenblikkelijke (ongedraineerde) toestand.

Nazicht zandmeevoerende wellen (piping) met Bligh en Lane

Zandmeevoerende wellen kunnen ontstaan bij een onevenwicht van hydraulische condities links en rechts van een waterkerende constructie. Door het grote drukverschil baant water zich een weg door een goed doorlatende grondlaag net onder de waterkerende constructie. Bij het transport gaan grondpartikels verloren waardoor water zich nog sneller een weg kan banen van de zijde met een hoge waterstand naar die met een lage. Het gevolg is een gereduceerde taludstabiliteit (microstabiliteit) aan de zijde met een lage waterstand. De reductie ontstaat door de belasting van de grondpartikels onder een stroming. Bij het langdurig aanhouden van de hydraulische conditie kan de dijk in zijn totaliteit falen en spreken we van dijkbreek.

Onder elke waterkerende constructie wordt daarom binnen het project een damplank voorzien. Door toevoeging van een aaneengesloten scherm bestaande uit damplanken, wordt een hydraulische barrière gevormd en wordt de omlooplenge of het mitigatiepad verlengd ter vermindering van zandmeevoerende wellen (kwel of piping). Een dergelijke hydraulische barrière wordt ook wel een 'kwelscherm' genoemd. Het kwelscherm wordt uitgevoerd tot een weinig doorlatende grondlaag zoals een kleilaag of veenlaag. Over het algemeen wordt dergelijke laag doorgaans op ca. 2 m maaiveld aangesneden. Er is steevast beslist om over het gehele project een damplank te voorzien onder de waterkering, dit omdat door uitvoering van een damplank in beperkte lengte, het mechanisme volledig wordt uitgesloten.

Daar waar de keermuur grenst aan de leidingenstrook in beheer van Port of Antwerp, wordt een damplank en anker uitgevoerd. Naast het feit dat dit scherm fungeert als een kwelscherm, is het in eerste instantie voorzien om een uitgraving mogelijk te maken bij het aanleggen van nieuwe leidingen.

De toetsingsvoorwaarden worden gedefinieerd in het standaardbestek (HST 21 §6.4.11) en zijn afhankelijk van de toegepaste berekeningswijze. Bij controle volgens Bligh en Lane is een veiligheidsfactor van 1,0 vereist.

Nazicht opdrijven / opbarsten

Bij ontwerp van een dijk gebouwd op een weinig doorlatend grondpakket

van beperkte dikte, met de aanwezigheid van een watervoerend zandpakket daaronder dat in verbinding staat met de zijde waar een hoge waterstand heerst, bestaat het risico dat onder de verhoogde waterdruk in het zandpakket, de weinig doorlatende grondlaag opbarst, dit waar de dikte minimaal is, vaak net achter de dijk.

In het project doet een dergelijke situatie zich niet voor. De toetsingsvoorwaarden worden gedefinieerd in het standaardbestek (HST 21 §6.4.11). Een veiligheidsfactor van 1,2 is vereist.

Stabiliteit breuksteen

Onder golfbelasting kan breuksteen meegevoerd worden met de stroming. De dimensies van de breuksteen worden bepaald aan de hand van de regels 'van der Meer'. De bestorting moet de aanval van de stroming, windgolven en scheepsgolven weerstaan. Een minimale diameter D_n van 0,46 m moet toegepast worden. Concreet betekent dit dat er nood is aan een steenbestorting in de gradering 60/300 kg. Een laagdikte van 0,75 m à 0,8 m wordt aangehouden.





CHI SUMITOMO



03/755 62 15













E

Financiering & Procedures

Samenwerking

DVW - POA

P. 107

Interreg Smartsediment

DVW

P. 111

Samenwerking gebruikers van de buffervijver

POA

P. 113

Vergunningen

DVW - SWECO

P. 115

Aanbesteding

DVW

P. 117

Gezien Port of Antwerp de leidingcapaciteit tussen de Scheldelaan en de Zeeschelde wenste uit te breiden, en De Vlaamse Waterweg nv de realisatie van het Sigmaplan in diezelfde beperkte ruimte op haar planning had staan, was een samenwerking de natuurlijke gang van zaken. Een eerste principiële samenwerkingsovereenkomst werd door de verantwoordelijke projectleiders/ingenieurs bij beide organisaties opgesteld. Een goedkeuring door de Raad van Bestuur van het toenmalige W&Z en Port of Antwerp volgde op 12 februari 2014. In de samenwerkingsovereenkomst werden de verschillende belangen en principes opgenomen die voor beide organisaties leidend waren om tot uitwerking van de projecten te komen.

In totaal werden vier zones gedefinieerd waarin bepaalde knelpunten en mogelijke oplossingen voorkwamen:

zone 1 (1.894 m): de zone rond het voormalige Fort Sint-Filips waarin getijdennatuurdoelstellingen werden vastgelegd door de Vlaamse Regering en waarin een cruciale verontreinigingsproblematiek van historische verbrandingsactiviteiten diende opgelost te worden. Bijkomend is er in deze zone ook een uitwateringsproblematiek van aanpalende bedrijven;

zone 2 (941 m): een zone bestaande uit een smalle strook tussen aanwezige getijdennatuur en de Scheldelaan waar een dijk en leidingstrook elkaar al overlapt, nog voor een geplande ophoging van 2,5 m van de waterkering;

zone 3 (1.668 m): een zone rond de Van Cauwelaert- en Boudewijnsluizen

waar de voorhavens, leidingen en bedrijven tot vlakbij de Scheldeoeveren werden aangelegd;

zone 4 (2.568 m): een bredere zone waar de laagste punten in de waterkering gelegen waren. Bijkomende getijdennatuur zou hier nog een plaats kunnen krijgen.

In totaal gaat het over een gebied van meer dan 7 kilometer waarin bestaande knelpunten voor de verdubbeling van de leidingencapaciteit worden weggevoerd en waarin de waterkering tot 11 m TAW wordt aangelegd om de haveninfrastructuur te beschermen tegen stormen met een retourperiode van 1 op 10.000 (niveau jaar 2000) vanuit de Zeeschelde. Voor de verschillende zones worden realisatieovereenkomsten afgesloten waarin de praktische afspraken rond onder andere financiering zijn opgenomen.

Voor zone 1, waarover we hier meer in detail gaan, werd deze overeenkomst afgesloten op 22 augustus 2017. Dit was het startschot voor Port of Antwerp en haar saneringsdeskundige ABO nv en De Vlaamse Waterweg nv en haar ontwerper Sweco om voor deze bijzonder uitdagende zone de koppen bij elkaar te steken.

Interreg Smartsediment

DVW

111

Smartsediment is een in 2016 opgerichte samenwerking tussen de Nederlandse provincie Zeeland, Rijkswaterstaat Zee en Delta, het Koninklijk Nederlands Instituut voor Onderzoek der Zee (NIOZ), de Vereniging Natuurmonumenten en de Vlaamse partijen Afdeling Maritieme Toegang van de Vlaamse Overheid en De Vlaamse Waterweg nv. De samenwerking heeft als doel het evenwicht te herstellen tussen biodiversiteit, bodem en andere functies in de Scheldedelta door middel van slim sedimentgebruik. Op een totaal budget van 7.582.687,68 euro levert Interreg een bijdrage van 3.791.343,84 euro of dus 50%. Onder het project Smartsediment vallen verschillende deelprojecten:

- suppletie en monitoring van de Roggenplaat;
- aanleg van een kribbe in Fort Sint-Filips;
- de ontwikkeling van een ecosysteemdiensttool;
- ecologisch monitoren van de Proefstorting Suikerplaat;
- monitoring van de stortlocaties Beneden-Zeeschelde (Parelputten en Ketelputten).

Naast de financiering van de projecten heeft de insteek van Interreg sterk bijgedragen aan de communicatie en samenwerking rond de projecten en het in beeld brengen van de uitdagingen die hierbij worden aangepakt.

ref. <https://www.grensregio.eu/projecten/smartsediment>; <https://youtu.be/Tp7SU5HUkY>

Samenwerking gebruikers van de buffervijver

POA

Op basis van de onderzoeksgegevens door erkend bodemsaneringsdeskundigen in opdracht van Port of Antwerp van de gehele Fort Sint-Filipssite inclusief de vijver/bufferbekken, bleek ook in het bufferbekken dat wordt gebruikt als buffer van het gezuiverd bedrijfsafvalwater en van water van de Scheldelaan een te saneren verontreiniging aanwezig.

113

Uit de gevoerde bodemonderzoeken bleek dat de verontreiniging van de waterbodem van het bekken voornamelijk veroorzaakt is door verspreiding van de verontreinigingen (minerale olie, PCB's, VOCL's) die ook in het fort worden aangetroffen. Maar daarnaast werd een duidelijke gradiënt in de concentraties waargenomen die afneemt met de afstand tot de locatie waar er een verbinding is tussen het bekken en het fort. Het was globaal duidelijk dat ook de afvoer van afvalwater gedurende tientallen jaren een bijdrage heeft geleverd tot de verontreiniging met minerale olie. Op basis van het voorkomen van minerale olie verontreiniging in (quasi) afwezigheid van parameters die geen verband houden met de activiteiten van de gebruiker van het bekken, is er een raming gemaakt van de mogelijke maximale bijdrage van de afvoer.

Er werden met de betrokken partijen de nodige praktische en financiële afspraken gemaakt (en vastgelegd) m.b.t. de aanpak van deze verontreiniging. Verdere gesprekken leidden tot een gecombineerde uitvoering van de werken. Tevens werden de nodige afspraken gemaakt m.b.t. opvolging van de werken aan de uitwateringsconstructie en het bufferbekken tijdens uitvoering.

Omwille van de functionele en geografische samenhang van het project in Fort Sint-Filips met de overige zones waar het Sigmaplan op rechteroever van de Zeeschelde in het havengebied nog niet werd uitgevoerd, werd besloten om de vier zones te integreren in één vergunningsaanvraag, waarbij een gefaseerde uitvoering werd nagestreefd. Er werd een apart vergunningstraject voor het bodemsaneringsproject gevolgd (zie deel Bodemsanering). De gefaseerde aanpak van de Sigmawerken werd verder geconcretiseerd na vooroverleg met de dienst Milieueffectenrapportage, het Agentschap voor Natuur en Bos en de dienst Vergunningen, alle drie van de Vlaamse Overheid. Een eerste procedure die werd doorlopen was het bekomen van een ontheffing van project-MER. Deze ontheffing diende aan te tonen dat er geen significante negatieve effecten van de geplande ingrepen verwacht werden. Een tweede procedure was het bekomen van de stedenbouwkundige vergunning. Hierbij diende de te saneren zone uit deze vergunningsaanvraag weggelaten te worden gezien hiervoor een aparte procedure werd doorlopen (zie hoger). Hierdoor werden mogelijke problemen van tegenstrijdige bepalingen in beide vergunningen vermeden gezien het BSP op het moment van de aanvraag nog niet was afgerond. Beide procedures werden vlot doorlopen, al was er nog enig extra overleg met het Agentschap voor Natuur en Bos nodig om zeker aan de gestelde voorwaarden te voldoen. De aanvraag tot ontheffing werd op 23 februari 2015 ingediend. De ontheffing werd verkregen op 26 oktober 2015. De vergunningsaanvraag werd ingediend op 31 mei 2016 en bijna een jaar later, op 21 april 2017 verkregen.

Aanbesteding

DVW

117

De aanbesteding van de werken werd, na de opmaak en publicatie van het bestek AZZ-18-0011 en de bijbehorende technische plannen een eerste maal ondernomen op 19 november 2018. Gezien de complexiteit en de onderlinge samenhang van de verschillende onderdelen in het bestek werd na het opvragen van bijkomende verantwoording van de inschrijvers besloten om op 22 maart 2019 de opdracht niet te plaatsen en de nodige bijkomende verduidelijkingen in het bestek op te nemen. Ook werd een informatievergadering voor potentiële inschrijvers georganiseerd voor opening van de offertes zodat eventueel nog bijkomende vragen konden beantwoord worden.

Een tweede aanbesteding (opening van de offertes) vond plaats op 13 mei 2019. In het bestek AZZ-19-0015 werden vijf gedeelten opgenomen, die juridisch als vijf onafhankelijke contracten worden geïnterpreteerd. Hierdoor werd het mogelijk om de betalingsmodaliteiten tussen Port of Antwerp en De Vlaamse Waterweg nv duidelijk te onderscheiden alsook de Europese medefinanciering (Interreg) hierin helder te krijgen:

- vast gedeelte 1: Sigmawerken Zuid (DVW);
- vast gedeelte 2: saneringswerken Fort Sint-Filips en buffervijver (POA);
- vast gedeelte 3: aanleg kribbe (Interreg);
- voorwaardelijk gedeelte 1: grondkering en leidingenstrook (POA);
- voorwaardelijk gedeelte 2: Sigmawerken Noord (DVW).

In het bestek werden twee gunningscriteria opgenomen, namelijk de prijs (op 76/100 punten) en het plan van aanpak (op 24/100 punten). Op basis van deze criteria bleek dat inschrijver TM Jan De Nul-Envisan-DEME Environmental de hoogste score behaalde van de vijf inschrijvers. De werken werden voor een totaalbedrag van 19.896.883,25 euro (excl. btw) toegekend aan de aannemer.

Speciale technieken in beeld

TM

P. 123



Afb. 27 Plaatsen damplanken in CB wand.



Afb. 28 Saneringszone 4.



Afb. 29 Poliewerken vijver.

Afb. 30 Zinkstukken.



Afb. 31 Plaatsen breuksteen.

Afb. 32 Slib buffervijver.



Afb. 33 Plaatsen betonnen heipalen.





Afb. 34 Afbraak dakconstructie.

Afb. 35 Betonwerken.



F

Uitvoering

Vorbereiding

TM - DVW - POA

P. 131

Saneringszones

TM - ABO

P. 135

Civiele werken

TM

P. 165

Dijkwerken

TM

P. 173

Zink & zoolstukken

TM

P. 177

Grondwerken

TM

P. 181

Aanleg Kribbe

TM

P. 185

Milieukundige opvolging saneringswerken

TM - ABO - DVW - POA - SWECO

P. 195

Voorbereiding

TM - DVW - POA

Het onderdeel uitvoering geeft in dit boek een unieke kijk in de visie van de aannemer (TM Jan De Nul-Envisan-DEME Environmental) en toont de praktische uitdagingen waarop werd gebotst bij de uitvoering van de werken. Het is niet bedoeld als een handleiding voor toekomstige werken maar wel een weergave van de ervaringen op het terrein.

131

De werken zijn geïntegreerd uitgevoerd met een tijdelijke maatschap (TM) tussen drie verschillende firma's: Jan De Nul, Envisan en DEME Environmental. Om de samenwerking tussen de verschillende firma's te organiseren werden er verschillende comités opgericht. Op die manier kon de TM fungeren als een aparte firma met een eigen structuur en duidelijke verantwoordelijkheden. Er werd daarom een directiecomité (DC) verkozen met beslissingsrecht voor de TM. Als ondersteuning van de werfleiding werd er ook een technisch comité (TC) opgericht met een adviserende functie. Het organigram voor de werfleiding werd zodanig opgesteld dat iedere firma voldoende vertegenwoordigd was.

Het aanvangsbevel voor vaste delen 1 (Sigma-Zuid) en 2 (Sigma-Noord) werd gegeven op 14 oktober 2019. De praktische en administratieve voorbereiding van de werken werd echter reeds gestart in augustus 2019. Vanaf september 2019 werd er met drie equivalente fulltime bedienden gewerkt om te kunnen starten midden oktober van datzelfde jaar.

Een belangrijk aspect van de voorbereiding was het opstellen van een degelijke planning. Het was van belang om reeds van in het begin de

verschillende interacties tussen de saneringen, groot grondverzet, civiele werken, dijkwerken en de grondbalans in het algemeen in kaart te brengen en op elkaar af te stemmen. De uitdaging bestond in hoofdzaak uit de interferenties van de verschillende types werken en het inpassen van de globale grondbalans.

Omdat het om zo veel verschillende types van werken ging, zoals het saneren van een negentiende-eeuws fort, het afdekken van een niet-begaanbare vijver en het aanleggen van een kribbedijk in de Schelde, waren de toe te passen technieken, werkmethodes en het in te zetten materieel nog niet volledig in detail gekend bij de start. Pas naarmate er meer inzicht verkregen werd in de werken, was dat het geval en kon een exacte planning worden opgemaakt.

Voor de grondbalans en het grondverzet, spreekt het voor zich dat een ontgraving in een bepaalde zone gepaard moet gaan met een ophoging in een andere zone om rendabel te kunnen werken. Het tussentijds stoc-keren van gronden is immers een dure en dus te vermijden tussenstap. Het ontbreken van een inmeting van het terrein maakte het vooraf onmogelijk om een degelijke volumebalans te kunnen maken en het was aanvankelijk ook niet mogelijk om het terrein in te meten, noch manueel noch met een dronemeting, omwille van de dichte begroeiing rondom de buffervijver en in het noordelijk gedeelte van de site. Er werd dus uitgegaan van de volumes vermeld in de meetstaat maar ook hier moest er gewerkt worden met inschattingen aangezien er verschillende posten zowel volumes in ophoging als in afgraving (opgeteld) bevatten. Het aandeel ophoging of afgraving binnen deze posten was onbekend.

132

Zoals op iedere werf dienden er contracten aangegaan te worden met onderaannemers en leveranciers. De belangrijkste contracten die in de voorbereidende fase dienden onderhandeld te worden, waren die voor het leveren van breuksteen, het uitvoeren van de civiele werken en het vervaardigen en plaatsen van zinkstukken. Voor werken en leveringen die gespreid moeten uitgevoerd worden over een periode van circa 1,5 jaar was de belangrijkste focus de afspraken m.b.t. prijsherzieningen of prijsvariaties. Gezien de omvang van de werken was ook beschikbaarheid van materialen en/of materieel een belangrijk aandachtspunt en selectie criterium.

Inleiding sanering

TM - ABO

In totaal werden er vier verschillende saneringszones gedefinieerd voor de gehele site. Voor de volledigheid worden deze hieronder nogmaals opgelijst:

Zone 1: het oude Fort Sint-Filips en omliggend terrein, in het zuiden en het westen afgebakend door de bestaande taluds van de Schelde en in het oosten door de buffervijver. De noordelijke rand van deze zone werd afgeperkt door de bodemsaneringsdeskundige ABO nv op basis van staalname en aanwezige verontreiniging; **Zone 2:** de buffervijver. De omtrek van deze buffervijver ligt op een natuurlijke manier vast door de rondom aanwezige taluds; **Zone 3:** de noordelijke taluds van de buffervijver. De omtrek van deze zone werd bepaald door ABO nv in de studiefase; **Zone 4:** een zone ten noorden van het fort waar verontreiniging werd vastgesteld in het vaste deel van de aarde. De contouren werden indicatief vastgelegd door ABO nv in de studiefase aan de hand van bodemstalen.

Voor elke zone werd in het bodemsaneringsproject (BSP) een andere saneringstechniek uitgewerkt. Het betrof een stortplaatsinkapseling (zone 1), een afdek met HDPE-folie (zone 2), een leeflaagsanering (zone 3) en het ontgraven en verwerken van de verontreinigde gronden (zone 4). Dit scala aan toe te passen technieken weerspiegelt het complexe karakter van de werken die dienden uitgevoerd te worden. Deze grootschalige en in vele opzichten unieke saneringen dienden tijdens uitvoering gecombineerd te worden met de vele civiele werken en het groot grondverzet. De interferentie zal in de volgende paragrafen in detail worden toegelicht.

135

Zone 1 is de zone van het negentiende-eeuwse Fort Sint-Filips en het direct omliggend terrein dat diende ingekapseld te worden in een cement-bentonietwand. Aanvankelijk werd deze zone begroot op 22.022,7 m². Bij de start der werken zijn er bijkomende afperkende boorstalen genomen waardoor de omtreklijn langsheen de noordelijke kant verder werd opgeschoven. De finale grootte van zone 1 bedroeg 27.183,69 m². 137

Het saneringsconcept voor zone 1 werd uitgebreid besproken in het BSP en voorgaande paragrafen. Vanuit een praktisch oogpunt kunnen de werken in zone 1 als volgt opgesomd worden:

1. voorbereidend grondverzet voor het kunnen plaatsen van de cement-bentonietwand (aanleggen maaiveld en aanleg nieuwe taluds/dijken van de Schelde);
2. het plaatsen van de cement-bentonietwand inclusief selectieve ontgraving en het plaatsen van HDPE-folie en damplanken in de wand;
3. bovenafdek van de fortzone: het vrijgraven van het fort en afbreken van de dakstructuur, het opvullen van het fort met gronden en het plaatsen van de bovenafdek, bestaande uit gasdrainage, kleimatten, HDPE-folie, waterdrainage, een leeflaag en teelaarde.

1. Voorbereidend grondverzet

De blauwe omtreklijn getoond op figuur 3 (pagina 75), is de centerlijn van de te plaatsen cement-bentonietwand. De bestaande theoretische omtreklijn in praktijk omvormen tot de nieuwe, was een uitdaging.

In het zuiden en het westen van zone 1 bevonden zich de taluds van de Schelde. In het oosten was een kleine vijver aanwezig die mee in de ingekapselde zone moest opgenomen worden. Langsheen de noordelijke rand was er slechts een beperkte voorafgraving nodig. De finale taluds zelf, en ook de cement-bentonietwand, dienden op te schuiven richting de Schelde en aangelegd te worden op de scheiding tussen de kleine vijver en de grote buffervijver. Het hoogteverschil tussen het bestaande maaiveld tussen de twee vijvers en het finale afwerkingsniveau bedroeg ongeveer 7 m.

Omdat er was voorzien om het plaatsen van de cement-bentonietwand zo snel als mogelijk te laten starten, werd er gekozen om met het grondverzet eerst te focussen op het aanleggen van de taluds van de Schelde in deze zone. Aansluitend werd er een dijk aangelegd tussen de kleine en grote vijver. Stabiliteit was hier en tijdens het gehele traject van cruciaal belang. Er werd dan ook gebruik gemaakt van de bestaande CPT-sonderingen voor het karakteriseren van de ondergrond en er was nauw overleg met Sweco voor de stabiliteitsstudie.

138 Voor het aanleggen van de taluds van de Schelde dienden er slappe lagen op de bestaande oevers weggenomen te worden. Deze lagen waren een combinatie van aanslibbing en de humusrijke laag van het riet. De gronden werden bemonsterd door ABO nv en hergebruikt indien mogelijk. Een deel van de gronden bleek vervuild met minerale olie en is afgevoerd voor externe verwerking.

Ter hoogte van de kleine vijver stelde zich een ander probleem: het aanwezige water was vervuild, kon niet afgevoerd worden en er was slib aanwezig waarop geen dijk kon aangelegd worden. Het water werd daarom opgepompt en gezuiverd met behulp van een waterzuiveringsinstallatie (WZI) alvorens het afgevoerd werd. Het slib werd opgeduwd richting het fort zodat dit niet kon gevangen zitten onder de nieuwe ophoging.

De diepere (slappe) lagen waren bij aanvang wel gekend omwille van de uitgebreide CPT-sonderingen maar met de aanwezigheid van de bovenste lagen was er aanvankelijk te weinig rekening gehouden. Na het vaststellen van deze bovenste slappe lagen en inschatting van de impact, alsook bij het vaststellen van het slib in het bufferbekken, werd er dan ook overleg gepleegd met de interne studiediensten en teruggekoppeld met het bestuur en Sweco.

De foto's op de pagina hierlangs geven de situatie weer tijdens dit grondverzet in chronologische volgorde. Afbeelding 36 toont het oorspronkelijk maaiveld na het verwijderen van de vegetatie. Zichtbaar zijn de kleine vijver (centraal) en beperkte dijk die aanwezig was waarmee de vijvers gescheiden waren. Verder ziet men ook de metselwerkstructuren in de kleine vijver die de ingang tot het fort vormen. Het eerste andere grondverzet bestaande uit



Afb.36 Fortzone na verwijderen vegetatie.

Afb.37 Fortzone na eerste nivellering.

Afb.38 Fortzone uitvoeringsfase.

nivelleren en ophogen is te zien op afbeelding 37. Op afbeelding 38 ten slotte is de situatie tijdens de werken weergegeven. Op de foto's is duidelijk te zien dat er een aanzienlijke dijk werd aangelegd. Die dijk maakt deel uit van het finale grondprofiel.

2. Plaatsen van de cement-bentonietwand met HDPE-folie en damplanken

In deze fase waren er verscheidene uitdagingen waarmee men werd geconfronteerd.

Ontoegankelijke zone midden in de (fort)werfzone

Het centrale gedeelte van zone 1 is het negentiende-eeuwse fort dat nagenoeg volledig onder de grond lag. Van in het begin van de werken is deze zone afgezet en was ze verboden terrein voor materieel of personeel. De stabiliteit van de structuur was immers niet gekend en het gevaar op instortingen was te groot. Dit hinderde de werken in die zin dat het middelste gedeelte van zone 1 niet toegankelijk was en errond diende gewerkt te worden. Zowel voor transport binnen deze zone als voor het leggen van leidingen zorgde dit voor de nodige logistieke aanpassingen. Op afbeelding 36 is de omtrek van het fort zichtbaar aan de hand van de oranje werfnetten.

140 De aanwezigheid van de niet toegankelijke zone van het fort en daarnaast de bekkens zorgde ervoor dat er voor het werfverkeer en het plaatsen van de leidingen voor het cement-bentonietmengsel enkel een piste rond zone 1 liep. Het was belangrijk alle werken goed op elkaar af te stemmen omdat er slechts één werfweg aanwezig was en diezelfde werfweg ook de werkpiste was voor de ploeg van de cement-bentonietwand. Er werd een transportplan opgesteld en ook in de planning diende men steeds rekening te houden met het gebruik van deze werfweg.

Bescherming personeel in het kader van sterke verontreiniging

De grootste uitdaging met betrekking tot de verontreiniging was ongetwijfeld het voldoende beschermen van het personeel betrokken bij de werken. De voornaamste verontreiniging in de zink- en drijfslagen, waar moest doorgegraven worden, waren vinylchloride en chloorethanen in extreem hoge concentraties. Deze componenten zijn vluchtig en zeer schadelijk voor de gezondheid.

Het opstellen van een veilige grenswaarde voor het werken met VOCL's was cruciaal, maar niet eenvoudig. Er zijn immers wel toestellen (PID's) beschikbaar voor het momentaan meten van aanwezige concentraties van VOCL's in de lucht, maar die geven niet weer welke componenten er gemeten worden. Gezien er steeds een mengsel gemeten werd van tientallen tot honderden stoffen, met elk een eigen gekende grenswaarde, was het bepalen van de grenswaarde van het totale mengsel niet evident. Er werd daarom een externe en onafhankelijke firma aangesteld om na te gaan

welke veiligheidsmaatregelen dienden genomen te worden en wat als veilige grenswaarde kon vooropgesteld worden.

Op basis van de gekende gegevens uit het BSP werd berekend welke stoffen zouden vrijkomen en in welke verhoudingen. Dit werd getoetst aan de werkelijkheid aan de hand van enkele testcampagnes van luchtmetingen. Zowel in de omgeving van de fortzone als in andere verontreinigde zones rondom het fort, waar gelijkaardige verontreiniging verwacht werd, werden er tijdens de eerste graafwerken op regelmatige basis luchtmetingen gedaan. Alhoewel de totale concentraties hier vele malen lager lagen, was het toch de bedoeling om de relatieve concentraties van de gevaarlijkste componenten te kennen. Op basis van al die gegevens kon een veiligheidsgrens bepaald worden voor het mengsel in zijn geheel. De belangrijkste veiligheidsmaatregelen die dienden genomen te worden waren:

- vermijden van huidcontact met de verontreinigde specie/grond of inname via de mond;
- vermijden van inademen van de verontreiniging in de lucht;
- vermijden van het meenemen van de verontreiniging in de schaftkeet of wagen.

Alle medewerkers die in contact konden komen met de grond of specie uit de sleuf voor het maken van de cement-bentonietwand dienden continu een wegwerpoverall te dragen. Aan het einde van de shift werd de overall gedeponneerd in speciale afvalcontainers voor chemisch afval. Ook diende men speciale chemisch resistente handschoenen en een veiligheidsbril te dragen. Het spreekt voor zich dat het tevens strikt verboden was om te eten, drinken of roken op de werf. Aan de hand van deze maatregelen kon contact met de huid of inname via de mond vermeden worden.

Om de verontreiniging niet te kunnen meenemen in de schaftkeet, wagen of naar huis werd er gebruik gemaakt van een decontaminatie-unit. Deze unit bestond uit twee sassen: één propere en één vuile unit. Alvorens de vuile unit te betreden kon het schoeisel gereinigd worden met een bottenwas. In de vuile unit kon men de wegwerpoverall uittrekken en deponeren, het werkschoeisel uitdoen en alle vuile werkkledij achterlaten. In de propere unit kon men dan de handen wassen en propere kledij en schoeisel aantrekken. Het was verplicht deze unit te passeren en alle vuile werkkledij te verwijderen aan het einde van elke shift. Bij het begin van de shift diende men via de propere unit de vuile unit te betreden om daar de werkkledij opnieuw aan te trekken.

Nabij het ontgravingsfront werden er eveneens PID-meters bevestigd op de graafkraan. Indien de veiligheidsgrens van gemeten VOCL's werd overschreden ging er een alarm af. Er waren twee grenzen gedefinieerd: een grens voor het dragen van een mondmasker en een grens voor het stopzetten van

de werken. De eerste grens was 50% van de berekende veiligheidsmarge. Bij het overschrijden van deze grenswaarde was het verplicht een mondkmasker met filters (ABEKP3) te dragen. Het dient vermeld te worden dat 100% van de veiligheidsgrens overeenkomt met de veilige waarde indien men gedurende een volledige loopbaan telkens een volle werkdag werkt bij het gegeven mengsel. Veiligheidshalve werd er reeds een masker gedragen bij 50% van de grens. De tweede grens was gebaseerd op de efficiëntie van een mondkmasker met filter. Boven deze grens zou dit niet voldoende bescherming meer bieden en diende er overgeschakeld te worden op een masker met perslucht.

In de praktijk is er nagenoeg continu met maskers gewerkt tijdens het graven van de sleuf voor de cement-bentonietwand. Bij het bovenkomen van de graafbak waren er telkens pieken boven de eerste veiligheidsgrens maar ver onder de tweede veiligheidsgrens. Het bleek dus niet noodzakelijk om perslucht te gebruiken.

Niet-steekvaste en verontreinigde specie

Het plaatsen van een cement-bentonietwand gebeurt door het uitgraven van een sleuf met een grijper op een kabelkraan waarbij er een vloeibaar mengsel van cement en bentoniet in de sleuf gepompt wordt. Om ervoor te zorgen dat de grijper steeds op dezelfde plaats in de grond gaat, worden er langs beide zijden van het tracé betonnen geleidemuren van 1 m geplaatst in de ondergrond. Het mengsel houdt de sleuf open en vormt na uitharding een waterondoorlatende wand. Bij het graven werd er zowel door drijf- als zinklagen gegraven. De laatste meter van de wand werd geplaatst in de Boomse klei.

142

ABO nv gaf de opdracht om de ontgraving zo veel mogelijk selectief uit te voeren. De verwachting was dat er nog verontreinigde gronden of lagen aanwezig waren ter hoogte van het tracé van de wand. Er werd een plan opgesteld waarop, zowel in de diepte als in de langsricting, de verschillende kwaliteiten zichtbaar waren. Er werd gekozen voor ‘groen’ (waarschijnlijk niet verontreinigd), ‘oranje’ (mogelijks verontreinigd) en ‘rood’ (zeer waarschijnlijk verontreinigd). De vierde categorie was ‘klei’.

Bij het maken van een cement-bentonietwand is de ontgraven grond steeds een mengsel van de in-situ grond met de cement-bentoniet-specie. Dit mengsel is niet-steekvast en kan niet gestapeld worden. Om de verschillende categoriën uitgegraven grond apart te kunnen stockeren en analyseren werden er verschillende bekkens gegraven binnen zone 1. Die zijn te zien op Afbeelding 38. De bekkens werden bekleed met folie.

Er werden twee werftransporten met waterdichte bakken ingezet voor het intern transport van de graafzone naar de bekkens. Er werd door de graafkraanmachinist steeds gemeld aan de chauffeur in welk bekken er geloosd diende te worden. Om cross-contaminatie tegen te gaan werden de bekkens telkens gebruikt voor dezelfde kwaliteit (groen/oranje/rood/klei).



Afb. 39 Inbrengen folie.

Per categorie waren er twee bekkens voorzien. Op die manier kon er vlot overgeschakeld worden als één bekken van een bepaalde categorie vol was.

De specie was zoals gezegd niet-steekvast en kon niet zomaar van de site verwijderd worden. Bij een vol bekken werd de specie eerst steekvast gemaakt met klassieke laguneringstechnieken. De verontreinigde gronden zijn afgevoerd van het terrein voor externe verwerking.

Plaatsen van HDPE-folie tot op diepte

In een gedeelte van de wand diende HDPE-folie geplaatst te worden tot op de bodem om de waterdoorlatendheid nog meer te verminderen. Dit gebeurde aan de hand van rollen folie die met een gewicht werden afgezonken naar de bodem van de sleuf. Afbeelding 39 toont de kabelkraan (rechts) met het valgewicht. Om te vermijden dat de folie onder het eigen gewicht zou wegzakken in de nog niet uitgeharde specie werd deze opgehangen aan een soort van schragen. De verschillende rollen folie dienden aan elkaar bevestigd te worden zodat deze in de wand een aaneengesloten geheel vormen. Dit gebeurde door het gebruik van een Geolock-systeem [Fig. 15].

Potentieel wegzakken van damplanken

144

In een ander gedeelte van de wand dienden er damplanken geplaatst te worden in functie van de stabiliteit. De damplanken konden gewoon met een kabelkraan in de nog niet uitgeharde specie gebracht worden. Om te vermijden dat deze zouden wegzakken werden deze opgehouden met een stalen buis die door een oog bovenaan de damplank werd gestoken, steunend op de betonnen richtmuren. De overgang van de HDPE-folie naar de damplank werd gerealiseerd met een Geolock die werd vastgebouwd op de eerste en laatste damplank.

3. Bovenafdek van het fort

De stabiliteit van het fort was voor aanvang van de werken ongekend en de metselwerkstructuren leken (chemisch) aangetast. Om toekomstige zettingen of verzakkingen te vermijden, was het belangrijk om te zorgen voor een stabiele werkzate alvorens de afdichtende lagen aan te leggen. Om dit te bekomen diende het oude fort opgevuld en gestabiliseerd te worden met grond [Afb. 40].

Het dak werd afgebroken met behulp van hydraulische graafkranen met breekhamers. Het metselwerkpuin werd opgemengd met gronden en verdicht in de kamers van het fort. De vloerplaten en muren werden behouden. In het kader van opmenging werden gronden gebruikt uit zones die dienden verlaagd te worden binnen de CB-wand. De opgevlude kamers werden verdicht zodat er geen differentiële zettingen zouden kunnen optreden. In sommige kamers was grond- of regenwater aanwezig. Dit water was door contact met de verontreiniging in de fortzone verontreinigd en diende verwijderd te worden. Het water werd gezuiverd door een WZI alvorens het geloosd werd. Tijdens deze



Afb. 40 Vrijgraven van het fort.

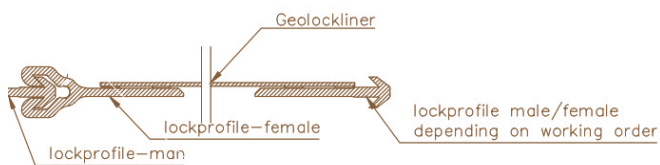


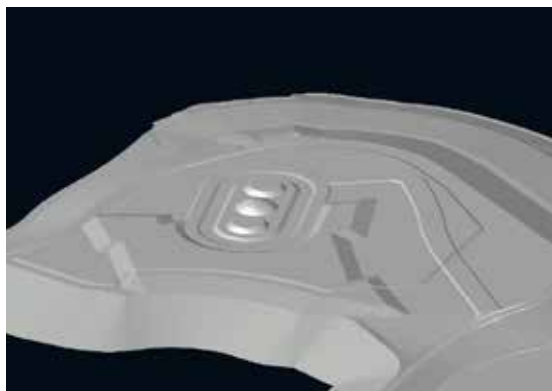
Fig. 15 Geolock systeem folie.



Afb. 41 Afdek isolatie fortzone.

146

Fig.16 Render aanleg teelaarde.



F

werken werden geen overschrijdingen van VOCL's in de lucht meer vastgesteld.

Het afbreken van het dak en het opvullen van de kamers diende stelsmatig en kamer per kamer van buiten naar binnen te gebeuren. De kern van het fort kon immers enkel bereikt worden door eerst de buitenste kamers op te vullen.

Nadat het fort was opgevuld in een stabiele toestand diende er een waterdicht bovenafdak aangelegd te worden om de verontreiniging in en rond het fort volledig in te kapselen. Er waren vier lagen voorzien: (van onder naar boven) een gasdrainage, kleimatten, HDPE-folie en een waterdrainage.

Voor de drainagelagen werd in maximale mate zand van op de werf aangevoerd en uitgespreid. Er waren op voorhand verschillende zones op de werf getest en de geschikte zandzones werden pas ontgraven wanneer deze nodig waren voor de drainagelagen. Zowel in de gasdrainage als in de waterdrainage zijn drainagebuizen ingegraven. De buizen voor de gasdrainage werden verbonden met een HDPE-put met actieve kool voor passieve afvoer en zuivering van eventueel vrijkomende gassen. De waterdrainage, de bovenste laag die regenwater moet afvoeren, watert af richting de buffervijver en de Schelde.

Op de gasdrainagelaag werden kleimatten uitgerold met de nodige overlap. Om de waterdichtheid ter hoogte van de naden te verzekeren werd er bentonietpoeder tussen de matten aangebracht. Langsheen de rand was het bentonietpoeder voorbestrooid in de fabriek, op de kopse kanten diende dit manueel te gebeuren op de werf. Bovenop de kleimatten werden HDPE-folierollen afgerold en aan elkaar gelast. Bovenop de HDPE-folie werd dan de waterdrainerende laag aangelegd. Om bij eventuele toekomstige (grond) werken de ligging van de drainagelaag duidelijk te maken, werd er een geotextiel geplaatst alvorens de bovenafdek te realiseren [Afb. 41].

De bovenafdek bestond uit propere gronden, vanop de werf of aangevoerd, met een finale afdeklag van 30 cm in teelaarde. De teelaarde werd ingezaaid met een grasmengsel.

Om de historische waarde van de site niet te laten verloren gaan, werd het grondplan van het negentiende-eeuwse Fort Sint-Filips en het eerdere Spaanse fort uit de zestiende eeuw kenbaar gemaakt in de profilering. Figuur 16 toont een eenvoudige render uit de besturingsmodellen van de machines waarmee de teelaarde werd aangelegd. De buffervijver bevindt zich onderaan op deze figuur. De stervorm van het zestiende-eeuwse fort is hierin duidelijk herkenbaar, net als de drie koepels van het Fort Sint-Filips en een ringgracht die de oude binnenkoer voorstelt. De buitenste ovale ophoging, naast de ringgracht, geeft de ligging van de buitenste kamers van het fort weer.

Installatie peilfilters Geosonda

Buiten de opdracht van de TM Jan De Nul-Envisan-DEME Environmental dienden er peilfilters geplaatst te worden, zowel binnen als buiten de

cement-bentonietwand. Het belangrijkste doel van deze peilfilters was het kunnen opvolgen van de waterstanden net binnen en buiten de fortzone en eventuele bemonstering van het grondwater mogelijk maken.

Port of Antwerp stelde een aannemer aan, Geosonda, om deze werken uit te voeren. De TM diende wel de werkzones te effenen en de planning zodanig aan te passen dat er geen interferenties waren met Geosonda. De peilfilters werden geplaatst gelijktijdig met het aanleggen van de finale grondlagen op de waterdrainage. Voor Geosonda was het dus ook belangrijk de volgorde van boren op de verschillende locaties af te stemmen op de planning van de TM, enerzijds voor de werken gerelateerd aan het afdekken van de fortzone en anderzijds voor het vrijhouden van de werfwegen rondom het fort.

Aangezien de filters geplaatst werden nadat de waterdichte afdek was gerealiseerd, diende Geosonda doorheen de kleimatten en folie te gaan. Om te vermijden dat er oncontroleerbare schade zou zijn aan de afdek, werd de HDPE-folie vrijgegraven en werd door Geosonda gecontroleerd door de folie geprikt. Nadien werd de folie lokaal hersteld en werden er HDPE-buizen over de peilfilters geplaatst en op de folie gelast. De HDPE-buizen werden doorgetrokken tot op het niveau van het toekomstige maaiveld. De ruimte tussen de peilfilters en de HDPE-buizen werd opgevuld met bentoniet.

148 *Grondwaterverlaging met dieptebronnen*

Door het afdekken van de fortzone en plaatsen van een cement-bentonietwand rondom de hele zone verkrijgt men een volledige waterdichte inkapseling, zowel onderaan, bovenaan als aan de zijkanten. Er kan dus geen water meer in of uit de ingekapselde zone komen. De grondwatertafel binnen de wand diende wel nog verlaagd te worden tot 1 m onder het omliggende grondwater buiten de wand. Dat was nodig om ervoor te zorgen dat er geen hydraulische druk bestond van binnen de cement-bentonietwand naar buiten toe. Het was niet geweten met welk niveau er buiten de wand rekening diende gehouden te worden omdat er geen gegevens beschikbaar waren. Ook was het niet duidelijk wat het waterniveau binnen de wand was na volledige afdek. Er werd dus gebruik gemaakt van de meetgegevens van de peilfilters, geplaatst door Geosonda, om de initiële niveaus te kennen en hieruit de finale gewenste niveaus te bepalen.

Het plaatsen van de peilfilters en achteraf de meetgegevens verzamelen, had een grote invloed op de planning. Er werd aanvankelijk vanuit gegaan dat er sneller zou geweten zijn wat er diende te gebeuren met betrekking tot de grondwaterverlaging. De eindafwerking van de fortzone, binnen de cement-bentonietwand, heeft vertraging opgelopen omwille van de tijdsduur die nodig bleek voor het plaatsen en bemonsteren van de peilfilters.

Om niet te veel vertraging op te lopen, werd besloten de dieptebronnen te plaatsen alvorens alle meetgegevens gekend waren. Er kon immers al gestart

worden met pompen zonder dat het effectieve te bereiken eindniveau bekend was. De locatie en de diepte van de deepwellpompen werden bepaald door ABO nv op basis van de PID-metingen die gebeurd waren tijdens het plaatsen van de peilfilters door Geosonda. Het was immers van belang om ervoor te zorgen dat de deepwellpompen niet geplaatst werden in zones met drijf- of zinklagen. Een te hoge verontreinigingsgraad zou immers te nefast zijn voor de werking van de WZI, of het reinigen van het water gewoon onmogelijk maken.

Voor het plaatsen van de deepwellpompen diende er doorheen de folie gegaan te worden. Er werd op een gelijkaardige manier gewerkt als het plaatsen van de peilfilters.

Eens de pompen geïnstalleerd waren, werden de hoogtes van de pompen geoptimaliseerd om zo weinig als mogelijk de WZI te belasten met verontreiniging. Het was echter nog altijd nodig om de WZI uit te breiden met bijkomende filterelementen en striptorens om het water van binnen de fortzone te kunnen reinigen.

Zone 2 is de buffervijver die gebruikt wordt door het nabijgelegen bedrijf en de afwatering van de Scheldelaan gebruikt als buffer voor hun gezuiverd water dat uiteindelijk naar de Schelde afwatert.

151

Aanpak uitwateringsconstructie

Omwille van het verschil tussen de hoogwaterstand in de Schelde en het niveau van de uitwateringssluis in de dijk doet het bufferbekken dienst als buffer bij hoogwater, waarbij het water uit het bufferbekken naar de Schelde loopt bij laag water. Het water liep bij aanvang van de werken weg via een sterk verouderde en in verval geraakte uitwateringsconstructie. De kleppen in deze constructie waren niet meer waterdicht dus was er steeds lekwater van en naar het bufferbekken. De uitwateringsconstructie bevond zich ten zuiden van de buffervijver en het instroompunt ten noorden. Er wordt tussen de 1.300 m³ en 2.000 m³ water per uur geloosd in het bufferbekken

Om de werken in het bufferbekken te kunnen uitvoeren was het nodig om het bufferbekken droog te zetten. Langs de kant van de Schelde werd een dijk in grond aangebracht aan de buitenzijde van de uitwateringsconstructie. Op afbeelding 42 ziet men de buffervijver bovenaan de foto met daaronder de oorspronkelijke dijk, de betonnen constructie die onderdeel is van de uitwateringsconstructie en de nieuwe dijk die de Schelde scheidt van het bufferbekken. Om deze dijk aan te leggen was het belangrijk de bovenste slappe lagen van het rietpakket eerst te verwijderen. De werken



Afb. 42 Gote vijver.

152

Afb. 43 Afdek met HDPE-folie en kleimatten.



Afb. 44 Werfpiste door vijver.



dienden uitgevoerd te worden volgens het getijde in de Schelde: er kon enkel gewerkt worden bij laag water totdat er een bepaalde hoogte bereikt was. Gedurende de volledige termijn van de werken is deze dijk verschillende malen hersteld of versterkt moeten worden. Om de stabiliteit van de tijdelijke dijk te kunnen garanderen werd er uiteindelijk ook tijdelijk vette grond en breuksteen aan de buitenzijde aangebracht.

Aan de noordzijde van de buffervijver komt het gezuiverde afvalwater in de buffervijver terecht via een betonnen koker die onder de Scheldelaan loopt. De uitstroomconstructie op het einde van deze koker werd geblokkeerd met een stalen plaat die langs de randen waterdicht werd afgewerkt. Er werd een pompinstallatie geplaatst om het water te verpompen naar de Schelde, via een baggerleiding van ongeveer 250 m lengte. De gehele pompinstallatie bestond uit vier pompen die elk circa 700 m³/u konden verpompen. Bij een normale afwatering moesten dan twee pompen werken, bij een extreme afwatering drie. Er was dus op ieder moment minstens één pomp stand-by voor het geval er een pomp stuk zou gaan, blokkeren of uitvallen. Alle pompen werden gestuurd op basis van een vlotter en het waterniveau in de koker. De installatie was aangesloten op het vast stroomnetwerk maar een generator stond stand-by om bij stroompanne automatisch over te nemen. De noodgenerator werd periodiek getest om zeker te zijn dat de pompen bij een stroomonderbreking verder het water konden verpompen.

154

De werking van de pompinstallatie was cruciaal omdat bij een falings het volledige bufferbekken terug zou vollopen en de werken in het bufferbekken zouden moeten stopgezet worden, de veiligheid van het werfpersonnel in het gedrang zou komen en de reeds uitgevoerde werken zouden onderlopen.

Omdat er een gegarandeerde afvoer van het water diende bekomen te worden, werd er nog een laatste fail-safesysteem ingebouwd: gravitaire uitwatering bij laag water doorheen de dijk in de Schelde. Er werden in totaal drie baggerbuizen met terugslagkleppen ingegraven in de tijdelijke dijk tussen de Schelde en de bestaande uitwateringsconstructie. Die baggerbuizen zouden dan de werking van de uitwateringsconstructie overnemen (afvoer bij laagwater in de Schelde) indien noodzakelijk bij een falings van de pompen.

De dijk tussen de Schelde en de uitwateringsconstructie werd pas bij zeer laag water op de Schelde volledig toegemaakt, op een moment dat het bufferbekken dus volledig was leeggelopen. Op die manier kon vermeden worden dat het bufferbekken diende leeggepompt te worden.

Globale saneringsaanpak van het bufferbekken

Het aanwezige slib in de buffervijver was niet begaanbaar voor personeel of machines. Het afdekken van het bufferbekken met HDPE-folie en kleimatten kon dus niet gebeuren op de klassieke manier waarbij de rollen

worden afgerold vanaf een frame dat aan de arm van een hydraulische graafkraan is bevestigd. Er werd getracht het slib te laten uitdrogen en alhoewel er zich een uitgedroogde korst vormde, bood die geen oplossing of verbetering voor de draagkracht van het slib. Alvorens de folie en kleimatten geplaatst werden, werd er een tussendijk van zand in de buffervijver aangebracht. Die dijk was niet enkel bedoeld als werkplatform in het bufferbekken maar tevens als werkkoffer voor het aanleggen van de betonnen geul die in het bufferbekken diende te komen. Het slib werd ontgraven terwijl er zand in de plaats werd gebracht. Via de bak van de graafkraan werd het aangevuld zand naar voren geduwd om het slib vooruit te duwen. Op die manier werd een holte gecreëerd aan de aanvulzijde en kon er zand aangevuld worden in de propere zone (afb. 44). De locatie van de dijk in zand, en dus de toekomstige betonnen geul, werd gekozen op de locatie van een natuurlijk ontstane schuurgeul. Op deze locatie was immers het minst dikke pakket van slib aanwezig.

De HDPE-folie, en nadien de kleimatten, werden aan de hand van een liersysteem over het slib getrokken. Hierbij stond één hydraulische graafkraan op de werkdijk en één graafkraan aan de rand van het bufferbekken. Eén van de kranen hield het frame met daarop de rol vast en de andere kraan trok de folie of kleimat naar zich toe. De grootste overspanning bedroeg ongeveer 100 m.

Eenmaal de folie was afgerold, was het mogelijk om over de folie te lopen en hadden de foliessers toegang tot het bufferbekken. Het was niet mogelijk om nog correcties uit te voeren op de positie van de folie eenmaal die afgerold was. De seingever diende tijdens het afrollen dus continue signalen te geven aan beide graafkranen om ervoor te zorgen dat de overlap tussen twee grenzende stukken folie niet te veel of te weinig bedroeg. Indien de overlap niet correct was, kon de folie niet gelast worden. Er werd daarom geopteerd om steeds iets meer te overlappen waarbij er dan een stukje folie langsheen de rand werd weggesneden. Het wegsnijden van een stuk folie langsheen de rand zorgde uiteraard wel tot verliezen en een lager rendement.

Een ander belangrijk aspect waren de weersomstandigheden. De folie kon pas belast worden nadat deze was gelast. Omwille van de grote afstanden waarover de folie over het bufferbekken diende getrokken te worden, kon er niet gewerkt worden bij te veel wind. Tevens kon er minder snel opgestart worden bij regenweer aangezien het regenwater van alle omliggende taluds in het bufferbekken terecht kwam en dit eerst verwijderd moest worden.

Bovenop de HDPE-folie werden kleimatten afgerold op dezelfde manier. Die matten moeten niet aan elkaar bevestigd worden maar bij het afrollen diende wel nog steeds de minimale overlap gerespecteerd te worden. De kleimatten werden aan de randen voorbestrooid met bentonietpoeder waardoor er enkel op de kopse kanten manueel bentonietpoeder diende gestrooid te worden. Bovenop de kleimatten werd een afdeklaag van grond

aangebracht. De belangrijkste functie van de afdeklaag is het beschermen van de onderliggende kleimatten en folie. Om uitspoeling van de grond te vermijden diende dit een vette grond (klei-achtig) te zijn.

Alhoewel het bufferbekken omwille van de folie en kleimatten toegankelijk was voor voetgangers, was er nog niet voldoende draagkracht om met machines over het afgedekte slib te rijden. Langsheen de randen (taluds) en vanop de tussendijk in zand werd er grond aangebracht op de kleimatten met een longreach-graafkraan. Alle randen binnen het bereik van de longreach, ongeveer 20 m, konden dus afgedekt worden zonder het bufferbekken te betreden.

Voor de verdere afdek van het bufferbekken werden er verschillende opties bekeken, waarbij er vooral aandacht was voor het gewicht en de gronddruk van het in te zetten materieel: minikranen met rupsdumpers of compacte rupsladers. Met deze machines kon wel over de reeds aangebracht afdeklaag gereden worden, maar er deden zich problemen voor indien deze machines de rand van de aanvulling naderden, waar geen tegendruk op de folie en kleimatten was en er nog geen grond aanwezig was. De afdek van het bufferbekken vervolledigen met deze machines bleek daarom geen optie, er was nood aan machines die ver genoeg vooruit konden werken om van de randen weg te blijven.

156 Finaal werden er kleine longreach-kranen ingezet (15-20 T) en werd er gebruik gemaakt van houten rijschotten om de gronddruk van de kraan te verminderen. De rijschotten dienden steeds mee opgeschoven te worden met de kraan waardoor er slechts lage rendementen konden gehaald worden. het bufferbekken kon op deze manier echter wel kwalitatief afgedekt worden en de eindlaag werd overal aangebracht.

Aanleg centrale geul in het bufferbekken

De centrale geul werd, zoals eerder gezegd, aangelegd in de zanddijk in het bufferbekken. De koffer werd ontgraven [Afb. 45] in het zand en er diende in deze fase dus geen slib meer ontgraven te worden. Alvorens de betonwerken te starten, werd de koffer bekleed met HDPE-folie die langs de randen werd verbonden met de eerder geplaatste HDPE-folie op het slib. Op deze manier loopt de ondoorlatende afdek door onder de betonnen geul. Er werd bij het ontwerp voorzien om de huidige schuurgeul uit te voeren als een betonnen geul (om verdere erosie tegen te gaan). In de meeststaat werd er uitgegaan van een ter plaatse gestorte ongewapende vloerplaat van 30 cm dikte en prefab elementen van 20 cm dikte op de zijkanen van de geul. Uiteindelijk werd ervoor gekozen om de hele geul (zowel vloer als zijkanen) uit te voeren met ter plaatse gestort beton. Vloeibaar beton voor de vloerplaat welke met een betonpomp werd aangebracht en droog beton op de 2:1 helling welke zoveel mogelijk machinaal ter plaatse werd gebracht (mini rupsdumper) en machinaal verwerkt (minigraver) vanop de gestorte vloerplaat. De afwerking

ZONE 2



- Afb. 45** Uitgraving van de geul.
Afb. 46 Aanleg vloerplaat in de geul.
Afb. 47 Aanleg vloerplaat in de geul.



Afb. 48 Zijkant van de geul.

158

Afb. 49 Eindresultaat vanuit de lucht.



van het droge beton op de zijkanten gebeurde handmatig en de zijkanten werden telkens in vakken van zo'n 4 m breedte opgedeeld om werkbaar te blijven. Daartoe werden er stalen I-profielen van 20 cm hoogte gebruikt als tijdelijke randbekisting waarop het beton kon worden afgestroken. Zo ontstonden dus eigenlijk telkens 'tegels' van zo'n 4 m breed en 2.25 m hoog (gemeten langs de helling). Om te waarborgen dat deze tegels stabiel op de zijkant van de geul zouden blijven liggen, werden deze gestut achter de vloerplaat. Hiertoe werd bij het storten van de vloerplaat een bekisting geplaatst tegen de zijkant van de geul, in de knik van de helling. Na het ontkisten van de vloerplaat konden de tegels zodanig aangrijpend achter de vloerplaat uitgevoerd worden, zodat ze ingeklemd zaten. Afbeeldingen 45-49 geven de verschillende stappen weer.

Problemen en aflaten van de 'bellen'

Tijdens het afdekken van de buffervijver werden er bellen vastgesteld die zich vormden onder de folie. Aanvankelijk waren dit kleine oneffenheden maar naarmate de tijd vorderde werden de oneffenheden groter. Nadat het bufferbekken opnieuw in gebruik was genomen, waren sommige bellen uitgegroeid tot ware 'eilandjes' die niet meer volledig onder water kwamen te staan bij het vollopen van het bufferbekken.

Om te vermijden dat de toestand erger werd en omdat de eilandjes een nefast effect hadden op de buffercapaciteit van het bufferbekken werd besloten om de bellen te verwijderen.

De folie werd opengesneden en het water dat gevangen zat onder de bellen werd afgepompt en verwerkt via de WZI die nog aanwezig was op de werf. Aangezien het bufferbekken reeds in gebruik was, konden deze werken enkel uitgevoerd worden tijdens laagwater in de buffervijver. Hoe dichter bij de centrale geul, hoe kleiner het tijdsframe om in te werken. Nadat het water uit de bellen was weggepompt, werd er een doorvoerbuiskelast op de folie. Bovenaan werd de doorvoer ook waterdicht toegemaakt. Op die manier zijn er doorvoeren voorzien om eventueel op een later tijdstip opnieuw water te kunnen verwijderen als de bellen zich opnieuw vormen.

Zone 3

De noordelijke en oostelijke oevers van de buffervijver waren verontreinigd in het vaste deel van de aarde en als remediëring werd een leeflaagsanering toegepast. Er werd een scheidend geotextiel aangebracht als waarschuwing voor toekomstige (grond)werken waarop propere grond is geplaatst.

Zone 4

Tijdens de studiefase werd in een zone ten noorden van het fort verontreiniging vastgesteld. Met een veiligheidsmarge werd dan een grotere zone voorzien die diende uitgegraven te worden, vanaf een bepaald niveau, onder toezicht van de milieukundig begeleider.

Tijdens uitvoering werden er verschillende 'spots' met afval en verontreiniging aangetroffen buiten de intieel voorziene zone. Voor het afgraven van die spots en de verontreiniging in zone 4 diende er steeds selectief ontgraven te worden. De milieukundig begeleider was altijd aanwezig om aanwijzingen te geven. De hopen werden gestockeerd volgens de verwachte verontreiniging en verwerkingsmethode. De stocks werden uitgekeurd en op basis van de resultaten werd beslist of de grond kon herbruikt worden of diende afgevoerd te worden voor externe verwerking. De algemene bulkontgravingen werden in deze zone dus afgewisseld met selectieve ontgraving onder begeleiding. Vooral voor de diverse ophogingen had dit een invloed op de planning aangezien er bij het selectief ontgraven geen of minder

gronden naar de ophogingszones konden gebracht worden. Tijdens het ontgraven en op stock zetten van (vermoedelijk) verontreinigde gronden was het dus nodig om in andere propere zones de bulkontgraving te kunnen voortzetten zodat de ophoging niet kwam stil te vallen.

Een nauw contact tussen de milieukundig begeleider en de werfleiding was cruciaal om de planning van het grondverzet te laten slagen. Er is namelijk een wachttijd tussen het nemen van de stalen en het verkrijgen van de analyseresultaten. Het was dus altijd afwachten welke stocks dienden afgevoerd te worden en welke zones nog verder moesten ontgraven worden.

Verontreinigde grond werd afgevoerd en in erkende grondreinigingscentra verwerkt.

De civiele werken op de werf Fort Sint-Filips waren onder te verdelen in volgende verschillende onderdelen: **A.** waterkeringsmuur tot +11 m TAW in drie segmenten van respectievelijk 115 m, 150 m en 455 m; **B.** nieuwe uitwateringsconstructie buffervijver.

In totaal omvatten deze werken zo'n 350 T wapeningsstaal en 2.100 m³ beton. Hieronder een korte beschrijving van deze verschillende werken.

A. Waterkeringsmuur tot +11 m TAW

In het ontwerp is op drie verschillende plaatsen een betonnen waterkeringsmuur voorzien ter vervanging van het standaardtype dijk voor de waterkering in kader van het Sigmaplan. In de eerste twee zones (noord- en zuidzijde van de buffervijver) is deze er gekomen wegens ontwerptechnische beperkingen van het dijklichaam (zie ontwerp Sweco). Dit betrof lengtes van 115 m (zuidzijde) en 150 m (noordzijde). Beide segmenten zijn op dezelfde manier opgebouwd:

- damplanken type AZ13-770 tot -6 m TAW;
- kesp 80 cm breedte x 100 cm hoogte;
- muur 35 cm breedte.

De noordelijke muur van 150 m was opgedeeld in acht moten met variabele hoogtes van 175 tot 275 cm [Afb. 50]. De zuidelijke muur van 115 m was



Afb. 50 Civiele keermuur noord.

166

Afb. 51 Civiele keermuur zuid.





Afb. 52 Civiele keermuur blauw damplanken.

Afb. 53 Civiele keermuur blauw.

opgedeeld in zeven moten met variabele hoogtes van 175 tot 500 cm [Afb. 51].

Parallel met de aanleg van beide waterkeringsmuren zijn in het talud aan de vijverkant prefabheipalen ingebracht ter 'vernageling' van het talud. Het betrof circa 100 palen aan de zuidzijde en 150 palen aan de noordzijde met sectie 300 x 300 mm en lengtes van 10 à 12 m (+3 m TAW tot -9 m TAW).

De waterkeringsmuur van 455 m in het noorden van de site sluit aan op een bestaande waterkeringsmuur uit een vorige uitvoeringsfase en heeft als functie de minimum benodigde breedte van de toekomstige leidingenstrook te waarborgen. In dit gedeelte van de site was er immers geen ruimte voor een traditionele dijkopbouw volgens de standaard dwarsdoorsnede. Deze 455 m lange keermuur werd onderverdeeld in 22 standaardmoten van telkens 20 m lang en één eindmoot van 15 m lang [Afb. 52-53]. Deze muur had over de volledige lengte dezelfde opbouw:

- damplanken type AZ20-700 tot -6,5 m TAW (lengte 12,8 m);
- grondankers h.o.h 2.8 m; 522 kN dienstlast; helling 45°;
- kesp 80 cm breedte x 100 cm hoogte (van +6 m tot +7 m TAW);
- muur 35 cm breedte x 400 cm hoogte (van +7 m tot +11 m TAW).

B. Nieuwe uitwateringsconstructie buffervijver

168 Na de saneringswerken diende de buffervijver terug in dienst te worden genomen. Hiertoe heeft de opdrachtgever besloten om de verouderde uitwateringsconstructie te vervangen door een nieuwe constructie. De nieuwe constructie werd zo goed als parallel met de huidige gebouwd, dit om zoveel als mogelijk gebruik te kunnen maken van de bestaande uitwateringsgeul naar de Schelde. Het ontwerp bestond (zoals het oude) uit één koker bestaande uit twee segmenten met elk een doorsnede van 150 cm breedte x 175 cm hoogte en een totale lengte van zo'n 60 m. De functionaliteit van de constructie wordt gewaarborgd door HDPE-terugslagkleppen op het einde van de constructie. Deze sluiten de kokers af bij hoge waterstand van de Schelde en gaan open bij laagwater door druk van de verhoogde waterstand van de buffervijver. In het midden van de kokers werd tevens een verticale schacht bovenop de koker voorzien waarin er uitsparingen werden gemaakt om twee spindelschuiten te plaatsen. Deze geven de mogelijkheid om de buffervijver handmatig af te sluiten van de Schelde.

Afbraak oude constructie

Na uitvoering van de ruwbouw van de nieuwe uitwateringsconstructie werd de oude koker gesloopt. Na verwijdering van het toebehoren (azobe schotten, etc.) werd d.m.v. 35T kraan met hydraulische breekhamer de constructie bestaande uit metselwerk en beton gesloopt. Het puin werd zoveel mogelijk gescheiden gehouden en extern afgevoerd.



Afb. 55 Civiele keermuur UW.

Uitvoering bouwput + moeilijkheden bemaling i.v.m. verontreiniging

Gezien de eerder beperkte diepte (+/- 7 m) en omvang werd er gekozen om de constructie uit te voeren in een open bouwput. Dit was ook mogelijk door de beschikbare plaats om de bouwput onder het talud af te graven. Bij uitgraving moest het plan echter deels worden bijgesteld en werd er nog een bijkomend darmwandscherm geheid om voldoende taludstabiliteit te waarborgen. Dit voornamelijk op de kop van de bouwput aan de zijde van de tijdelijke dijk in de Schelde. Deze damwand bood op zijn beurt dan ook weer extra bescherming voor deze tijdelijke dijk, welke tijdens uitvoering de enige barrière was tussen de Schelde en de werken.

C. Aanpassingswerken riolering Scheldelaan

In de opdracht was er oorspronkelijk voorzien om een tweede uitwateringsconstructie te bouwen specifiek voor de afvoer van het regenwater afkomstig van de Scheldelaan. Dat water werd namelijk voor aanvang van de werken ook afgewaterd en gebufferd in de buffervijver.

170 Omwille van praktische moeilijkheden en de grote interferentie met de aanwezige leidingen werd door Port of Antwerp gekozen om aangetakt te blijven op de buffervijver. Hiertoe is de huidige riolering zo'n 15 à 20 m verlengd om in het nieuwe talud van de verbrede leidingstrook uit te komen. Het betrof een rioleringsdiameter van 1.000 mm met op het einde een prefabuitwateringselement bijkomstig voorzien van een manuele muurschuif. Om uitspoeling van vette grond bij de uitmonding van de riolering te vermijden is er een ter plaatste gestorte uitwateringsgoot uitgevoerd tot aan de rand van de betonnen centrale geul in het bufferbekken.

De dijkwerken betroffen een zeer omvangrijk deel van de werken. Over het hele gebied van de werken moesten de dijken namelijk opgehoogd en versterkt worden volgens de voorschriften van het standaardtype dijk opgenomen in het Sigmaplan (zie ontwerp DVW). In zijn totaliteit omvatte dit ongeveer 1.900 lopende meter verdeeld over twee zones (Sigma-Zuid en Sigma-Noord). Aan zowel zuid- als noordzijde diende de te realiseren dijk aan te sluiten op dijkwerken uit voorgaande fases. 173

Op de volgende pagina wordt de standaard toe te passen dwarsdoorsnede van het nieuwe dijklichaam weergegeven. De opbouw aan waterzijde is als volgt:

- perkoenpalen $L=2,5$ m; 1 per m (bovenkant +5 m TAW);
- schanskorven 1 m x 1 m (bovenkant +5 m TAW) gevuld met breuksteen type CP 90-250 mm;
- vette grond met 1 m dikte op geprofileerde 16/4 talud;
- kunstvezeldoek (geotextiel type Terralys LF46);
- 0,75 m breuksteenbestorting type LMA60/300;
- kruindijk bestaande uit opbouw jaagpad (afgewerkt peil +11 m TAW).



Afb. 55 Lossen vette grond.

Afb. 56 Lossen breuksteen.

Hieronder enkele kerngetallen bij realisering van bovenstaande dijkwerken.

- lengte: **1.900 m**
- breuksteen type LMA 60/300 kg: **85.000 T**
- vette grond: **110.000 T**

Voor de realisatie van deze dijken was een goede logistieke coördinatie een zeer belangrijk aandachtspunt. Er waren immers twee externe aanvoerstromen (vette grond en breuksteen) welke zeer goed op elkaar en in tijd moesten worden afgestemd. Omwille van de grote benodigde hoeveelheden werden beide grondstoffen aangevoerd over water. Aangezien er geen losvoorzieningen waren op het werk zelf, is men op zoek gegaan naar een nabijgelegen kade die voor dit doeleinde kon gebruikt worden. Die werd gevonden op 5 km van de werf. Er werden de schepen gelost d.m.v. een overslagkraan en met grondkarren werden de laatste kilometers naar de werf afgelegd. Om geen onnodige tussenstock op de werf aan te leggen, werd er telkens getracht de schepen just-in-time af te roepen. Om die reden werd het finale natransport met karren i.p.v. opleggers uitgevoerd zodat heel de werf bereikbaar was. Op de werf zelf werden de grondstoffen onmiddellijk ontvangen en verwerkt door een graafkraan. Bij ontvangst van vette grond [Afb. 55] was dit mogelijk door gewoon op de piste of het talud te dumpen, voor de ontvangst van breuksteen [Afb. 56] was er een inrijbak voorzien welke geschikt was voor dit kaliber breuksteen.

Zink- en zoolstukken

TM

Rondom de kop van het fort moest de dijk bijkomend beschermd worden door zink –en zoolstukken. Hier werd over een lengte van zo'n 200 m bijkomende bescherming op het talud geplaatst tot de laagwaterlijn, om erosie in deze zwaarbelaste zone te vermijden.

177

Zinkstukken zijn opgebouwd uit wiepen. Dat zijn bundels in elkaar gedraaid wilgenhout, die met afbreekbaar sjorringtouw vastgemaakt worden en zo matten vormen. Zinkstukken worden al meer dan 100 jaar gebruikt om bodems en oevers te beschermen tegen erosie door water. Ze kunnen ook worden uitgevoerd met kunststofdoek: geotextiel of bentoniet.

Voor het leveren, plaatsen en bestorten van deze zinkstukken werd er een beroep gedaan op onderaannemer Van Aalsburg B.V., een firma gespecialiseerd in deze (niche)werken. De zinkstukken werden eerst op een geschikt werkplatform (zate) nabij de waterlijn gefabriceerd. Vanaf daar werden ze in het water getrokken en vervolgens door middel van een sleepboot in positie gevaren. De zinkstukken werden met gps gepositioneerd en vervolgens langzaam geballast met bestorting van kleiner kaliber om deze af te zinken [Afb. 57-58]. Na plaatsing werd vervolgens met een kraanschip de finale breuksteenbestorting type LMA 60/300 bovenop het zinkstuk geplaatst [Afb. 59].

Afb. 57 Transport zinkstuk.





Afb. 58 Plaatsen zinkstuk.

Afb. 59 Kraanschip.



Het uitgangspunt voor het uit te voeren grondverzet op de site betrof een zo gesloten mogelijke volumebalans. Dat wil zeggen dat er in het ontwerp vanuit werd gegaan om alle gronden in afgraving zo veel mogelijk te kunnen gebruiken om alle noodzakelijke aanvullingen op ophogingen mee te realiseren. Zo moesten er geen of slechts beperkt externe aanvulgronden worden aan- of afgevoerd. Het hele werk betrof zo'n 550.000 m³ aan grondverzet.

181

Hierbij was een goede interne grondstromenplanning van zeer groot belang. Het kwam er dus op aan om telkens grondverzet in afgraving en grondaanvulling op elkaar af te stemmen om onnodige tussenstockage en dubbel grondverzet uit te sparen. Ook de rijafstanden werden mee in beschouwing genomen om een goede interne grondstromenplanning op te maken.

Hierbij was een extra moeilijkheid dat het gehele projectgebied was onderverdeeld in vijf afzonderlijke contractdelen, met elk een aparte gunnings- en aanvangsdatum. Zo konden de grootste grondverzetwerken pas worden opgestart na het aanvangsbevel van VD3 – Aanleg Kribbe en VWD2 – Sigmawerken-Noord. Deze delen betroffen immers voornamelijk delen in aanvulling terwijl de andere contractdelen voornamelijk delen in afgraving waren. Dus moest de globale planning van het gehele werk over de verschillende contractdelen worden opgemaakt.

In se was de grondstroom van zuid richting noord, om de Kribbe en bijhorende achtervulling tussen Scheldedijk en Kribbedijk te realiseren, het grootst. Dit wordt in een apart onderdeel verder toegelicht. Om de

continuïteit van de werken te waarborgen is er bij aanvang van de werken gekozen voor één specifieke set grondverzetmaterieel om de 550.000 m³ grond te verzetten. Die set was specifiek voorzien voor grondverzet. Andere werken (dijkwerken) werden met ander materieel uitgevoerd. De vaste set materieel bestond doorgaans uit een 40 à 50 T-graafkraan, 3 à 4 40 T-dumpers en 1 bull D6, waarmee een dagproductie van +/- 3.000 m³ kon gehaald worden.

Aanleg Kribbe

TM

Een wezenlijk onderdeel van de gecombineerde grond- en dijkwerken betrof de realisatie van een bijkomende dijk in de Schelde, verder Kribbe genoemd (zie uitleg DVW). De opbouw van deze Kribbe bestaat uit de volgende onderdelen en onderstaande type doorsnede. **185**

- dijk kern van grond afkomstig van de werf;
- bescherming van talud d.m.v. geobags (geotextielelementen);
- zink – en zoolstukken;
- breuksteenbestorting type LMA60/300 kg.

De nieuwe te realiseren dijk was ongeveer 400 m lang en had als bijkomende moeilijkheid dat het niveau zich onder de hoogwaterlijn bevond, namelijk +3.5 m TAW bij aanvang dijk en 0 m TAW bij uiteinde dijk. Om de werken te kunnen realiseren werd er daarom eerst een overhoogte aangebracht zodat de tijdelijke dijk zich steeds boven de hoogwaterlijn zou situeren. Dit maakte het mogelijk om tijdens elk getijde de werken te kunnen verderzetten. De Kribbe werd in grote lijnen gerealiseerd volgens onderstaande methodiek en wordt verder geïllustreerd door de fotoreportage op volgende pagina's [Afb. 60-75].



Afb. 60 Aanbrengen gronddijk.



Afb. 61 Aanbrengen gronddijk.



Afb. 62 Plaatsen geotextiel elementen na profilering dijk.



Afb. 63 Plaatsen geotextiel elementen na profilering dijk.



Afb. 64 Plaatsen geotextiel elementen na profilering dijk.



Afb. 65 Prefab zone zinkstukken.



Afb. 66 Prefab zone zinkstukken.



Afb. 67 Prefab zone zinkstukken.



Afb. 68 Invaren zinkstukken.



Afb. 69 Invaren zinkstukken.



Afb. 70 Plaatsen en ballasten zinkstukken.



Afb. 71 Aanbrengen breuksteenstorting.



Afb. 72 Aanbrengen breuksteenstorting.



Afb. 73 Wegwerken overhoogte (aanvulling tussen Schelde- en kribbedijk).



Afb. 74 Wegwerken overhoogte (aanvulling tussen Schelde- en kribbedijk).



Afb. 75 Wegwerken overhoogte (aanvulling tussen Schelde- en kribbedijk).

Milieukundige opvolging saneringswerken

TM - ABO - DVW -
POA - SWECO

195

De saneringswerken werden uitgevoerd onder begeleiding van erkend bodemsaneringsdeskundige ABO nv. ABO nv controleerde of de saneringswerken in overeenstemming met het bodemsaneringsproject werden uitgevoerd. Hierin vormde het een belangrijke schakel tussen de opdrachtgevers voor de werken enerzijds en de saneringsaannemers anderzijds. Daarnaast verzorgde ABO nv eveneens de contacten met OVAM, de overheidsinstantie die bevoegd is voor controle en toezicht op saneringswerken.

In onderstaande paragrafen worden enkele van de belangrijkste deel-taken toegelicht van de milieukundige opvolging tijdens dit project.

Kartering voor aanvang van de werken

Vooraleer er gestart kon worden met de plaatsing van de isolatie (cement-bentonietwand), diende de omtreklijn van de isolatie nauwkeurig bepaald te worden. In zuidelijke en westelijke richting was de isolatie begrensd door de Schelde en in oostelijke richting door het bufferbekken. In noordelijke richting was er echter een mate van onzekerheid over de meest optimale locatie van de wand.

Er vonden drie karteringscampagnes plaats waarbij boringen werden uitgevoerd om de grens van de kernzone te bepalen. Dit gebeurde voorafgaand aan de werkelijke start van de saneringswerken, maar wel pas na het verwijderen van de begroeiing en de nivellering van het terrein. De slechte toegankelijkheid van de site was immers de hoofdreden waarom er geen

sluitende kartering kon uitgevoerd worden in de eerdere onderzoeksfasen. Als criterium voor de afperking van de kernzone hanteerde ABO nv tien maal de bodemsaneringsnorm. Op basis van de resultaten van de kartering kon de finale locatie van de noordelijke omtreklijn van de cement-bentonietwand vastgelegd worden. De finale omtrek en oppervlakte bleek iets omvangrijker dan geraamd in het BSP: 27.183,69 m² i.p.v. 22.022,7 m².

Opvolging selectieve opslag en afvoer cement-bentonietlib

De grond die vrijkwam bij de plaatsing van de cement-bentonietwand was voor een groot deel zwaar verontreinigd. De verontreiniging was evenwel niet homogeen verdeeld; bepaalde zones waren niet of nauwelijks verontreinigd. Om de afvoer van de gronden te optimaliseren werd een ontgravingsplan opgesteld waarbij de grond die vrijkwam uit de sleuf voor de cement-bentonietwand werd ingedeeld in vier verschillende categorieën, in functie van de verwachte verwerkingsmogelijkheden.

Tijdens de werken werden er periodiek stalen verzameld van de grond die vrijkwam. Aan de hand van organoleptische waarnemingen op het terrein en de analyseresultaten van de stalen werd dit ontgravingsplan constant bijgesteld.

196 De ontgraven gronden werden selectief gestockeerd in partijen van gelijkwaardige kwaliteit. De uiteindelijke verwerkingsopties werden per partij bepaald op basis van bijkomende mengstalen uit de stockagebekkens waar de partijen werden opgeslagen. Op deze manier werd vermeden dat niet- en matig verontreinigde gronden gemengd geraakten met zwaar verontreinigde gronden, en konden onnodige verwerkingskosten vermeden worden.

Opvolging selectieve ontgraving verontreinigingszone 4

Verontreinigingszone 4 betrof een afzonderlijke kern met BTEXN en vluchtige minerale olie. De concentraties waren van een lagere grootteorde dan deze ter hoogte van het fort of in het bufferbekken. Omdat het terrein rondom zone 4 echter buiten de Sigmadijk kwam te liggen, en ontgraven diende te worden tot onder het peil van de Schelde, was een eerder ingrijpende sanering d.m.v. een ontgraving daar noodzakelijk.

De verontreiniging werd in voorgaande onderzoeksfasen in kaart gebracht, maar er waren enkele tegenstrijdige resultaten die deden vermoeden dat de werkelijke ontgravingscontour mogelijk kon afwijken van de voorziene omtrek. Bij aanvang van de sanering werden proefsleuven gegraven om bijkomende staalname uit te voeren ter verfijning van de ontgravingscontour. De resultaten waren niet geheel eenduidig en bij aanvang van de ontgraving bleek de situatie niet overeen te stemmen met de aannames op basis van de proefsleuven. De ontgraving werd verder volledig gestuurd d.m.v. staalnames van putbodem en wanden uit de werkelijke ontgravingszone. De gronden werden na ontgraving kortstondig opgeslagen op de site, waarbij ze werden

onderverdeeld in verschillende partijen in functie van de vermoede kwaliteit/verwerkingsmogelijkheden. Per partij gebeurde dan een staalname om de precieze kwaliteit analytisch te bepalen en de verwerkingsmethode te selecteren.

Peilbuisplaatsing voor monitoring

Om de effectiviteit van de isolatie rondom het fort op te volgen werd een peilbuizen netwerk geplaatst. 63 peilbuizen werden geplaatst, verspreid over 16 clusters met telkens peilbuizen in 3 à 4 verschillende filterstellingen, van snijdend met de grondwater tafel tot vlak boven de Boomse klei (rond 20 m TAW, ca. 30 m-mv).

Een periodieke monitoring van dit peilbuizen netwerk moet toelaten om op te volgen dat de verontreiniging binnen de wanden effectief niet meer verspreid en dus wel degelijk geïsoleerd werd.

Bij de plaatsing van de peilbuizen werden eveneens ongeroerde bodemstalen genomen die dienden als controlestalen voor het vastleggen van de restverontreiniging, zowel binnen als buiten de cement-bentonietwand. Om kwalitatieve staalname én peilbuisplaatsing te combineren, binnen een haalbaar tijds kader, werd er gekozen om de peilbuizen te plaatsen door middel van de roto-sonische boorteknik.

Opvolging waterzuiveringsinstallatie

197

Op een aantal momenten tijdens de sanering was het noodzakelijk om (grond)water te onttrekken en af te voeren. Gezien de verontreinigingsgraad was het hierbij noodzakelijk dat het water gereinigd werd voor afvoer.

ABO nv stond in voor de opvolging van de WZI, in het bijzonder voor de controle of de effluentconcentraties voldeden aan de opgelegde afvoervoorwaarden.

Gezien de hoge vuilvracht in het onttrokken water was op meerdere ogenblikken bijsturing van de installatie vereist. Om optimalisatie van het proces te faciliteren en gerichte bijsturing te kunnen uitvoeren, werd een gedetailleerde opvolging van de WZI uitgevoerd: er werden niet enkel ter hoogte van influent en effluent stalen verzameld, maar ook na alle individuele zuiveringsstappen. Dit liet toe om bepaalde componenten van de WZI gericht af te stellen om een maximaal zuiveringsrendement te bekomen.

Algemene opvolging voortgang werken

ABO nv stond gedurende het hele project in voor het documenteren van alle saneringswerkzaamheden. Hiertoe vond er gedurende de bulk van de saneringsduur een nagenoeg continue begeleiding plaats. Een milieukundige begeleider van ABO nv deed meerdere werfrondgangen per dag en noteerde voortgang, bevindingen en aanbevelingen. Dit werd dan gebundeld in een dagelijks milieukundig dagboek, waar tevens data zoals analyses van

controlestalen en afvoervolumes in werden bijgehouden. Dit dagboek werd telkens de dag nadien rondgestuurd aan alle betrokken partijen, waardoor iedereen steeds op de hoogte bleef van de voortgang van de werken en er waar nodig bijsturing of bijkomend overleg kon gebeuren.

Tijdens de sanering vonden allerhande werkzaamheden plaats waar de werkelijke milieutechnische opvolging – in de zin van staalnames, analyses en bijsturing – beperkt is. Voorbeelden zijn de aanleg van de ondoorlatende bovenafdek boven het fort, de capping van het bufferbekken en de leeflaag-sanering rondom het bufferbekken. Daarbij was het echter wel nog steeds belangrijk dat een opvolging plaatsvond om de voortgang van de werken te documenteren en te garanderen dat de verschillende saneringsmaatregelen conform de bepalingen van het BSP werden uitgevoerd.

Rapportering

ABO nv stond eveneens in voor de officiële rapportering van de saneringswerken richting de OVAM. Tijdens de werken werden reeds twee beknopte tussentijdse rapporten opgemaakt om de OVAM te informeren over de voortgang van de werken en bepaalde technische wijzigingen ten opzichte van het BSP.

198 In 2022 zal een overkoepelend tussentijds rapport worden opgesteld dat de volledige saneringswerken zal omschrijven, met uitzondering van de opvolging van de monitoringspeilbuizen. Deze monitoring zal immers gedurende minstens drie jaar worden doorgezet alvorens er finaal kan gerapporteerd worden. De finale rapportering van de afgeronde sanering zal aansluitend gebeuren in een eindevaluatieonderzoek, nu voorzien voor 2025.

G

**Beheer
& Monitoring**

Kribbe

P. 203

Om de effecten van de aanleg van de Kribbe goed in beeld te krijgen werd in juni 2018 door Flanders Hydraulics en het INBO een monitoringsplan opgesteld en werden de eerste metingen die hierin werden beschreven uitgevoerd (T0 of nulsituatie voor de werken en een T1 vlak na de werken).

203

De Kribbe heeft naast haar essentiële functie als motor om getijdenatuur te ontwikkelen namelijk ook een belangrijke functie als pilootproject. In het kader van een uitgebreide multidisciplinaire studie over de toekomstige ontwikkelingen in de Zeeschelde (Integraal Plan voor de Boven-Zeeschelde) wordt gekeken naar de mogelijkheid om gelijkaardige ingrepen op bijkomende plaatsen uit te voeren. De monitoring tot vijf jaar na de werken zal ons meer leren over de duurzaamheid van de ingreep, de effecten op morfologisch vlak in de omgeving van de Kribbe en de ontwikkeling van de getijdennatuur rond dit pilootproject.

De eerste multibeammetingen tonen al enkele belangrijke effecten op de morfologie rond de Kribbe. Zo werd door het afsnijden van de hoogdynamische nevengeul, stroomopwaarts van de Kribbe al heel wat bijkomende aanzanding tot op slikkenniveau waargenomen. Een eerste rapportage van de resultaten wordt in de loop van 2022 verwacht.

H

Evaluatie

Kerngetallen

P. 207

Financieel

P. 209

Lessons Learned

P. 211

Algemeen: Duur werken: *midden oktober 2019 – eind januari 2022*; Aantal machines ingezet: *variabel, maar op piek 15 à 20 machines*; Personeelsleden op de werf: *variabel, maar op piekmomenten 5 à 6 bedienden (1x projectleider, 1x werkvoorbereider, 3x werfleider, 1x landmeter), 30 à 40 arbeiders*.

Sanering: Isolatievolume: $27.000 \text{ m}^2 \times 30\text{m diepte} = 810.000 \text{ m}^3$; Volume cement-bentoniet gebruikt: 20.000 m^2 oppervlakte CB-wand; Oppervlakte HDPE-folie gebruikt: 62.500 m^2 ; Grondwater gezuiverd: 12.000 m^3 ; Grond gereinigd: 60.000 T (*extern afgevoerd*).

Grondwerken: Volume grond herbruikt: 500.000 m^3 ; Volume breuksteen toegepast: 85.000 T ; Oppervlakte wilgenmatten: 14.000 m^2 ; Volume geotextielen elementen: 15.500 m^3 .

Bouwkundige werken: Volume beton gebruikt: 2.100 m^3 ; Volume staal: 350 T ; Aantal lopende meter grondankers: 160 grondankers van lengtes 28 m tot 36 m .

Resultaten: Getijdennatuur aangelegd: $18,2 \text{ ha}$; Leidingenstrook verbreed: $1.790,64 \text{ m}$; Lengte jaagpad: $2.102,85 \text{ m} + 2.096,18 \text{ m} + 3.216,23 \text{ m}$.

Strategie en communicatieplan	Raming 2019	Offerte 2019	Kostprijs 2021
Werken AZZ-19-0015			
Deel sanering	9.641.000 €	10.630.000 €	10.797.652,27 €*
Deel Sigmawerken	7.415.000 €	7.422.000 €	8.174.864 €*
Deel leidingenstrook	1.791.000 €	1.845.000 €	1.948.37 €*
Totaal werken	18.847.000 €	19.897.000 €	20.920.896 €*
Financiering werken (%)			
Financiering DVW	—	—	34,9%
Financiering POA (incl. financiering derde partij)	—	—	60,3%
Financiering Interreg	—	—	4,8%
Diensten			
Studie Sweco	203.625 €	121.601 €	130.813 €*
Studi ABO nv	361.785 €	447.020 €	391.153 €*
Diensten GEOSONDA	187.270 €	146.910€	136.802 €*
Totaal diensten	752.680 €	715.531 €	658.768 €*

*Tot op datum van 31/10/21

De uiteindelijke kostprijs bestond uit: kostprijs werken + kost herziening/ COVID-maatregelen + kostprijs meerwerken.

Vorbereiding

211

Bij de voorbereiding werden een aantal keuzes gemaakt die het projectverloop en vooral de timing sterk hebben bepaald.

De samenwerking van bij de start van de projectdefinitie tussen DVW en POA heeft ertoe bijgedragen dat de doelstellingen en randvoorwaarden van beide organisaties geïntegreerd werden en er een maatschappelijke kruisbestuiving van meerwaardes op een zeer kostenefficiënte manier mogelijk werd. Dit heeft zich doorgezet tot de uiteindelijke oplevering van de werken en de vele randaspecten van het project zoals eigendoms- en beheersafspraken en gezamenlijke communicatieacties. Ook de vlotte afstemming met de leidingenbeheerders en de industriële spelers die geïmpacteerd worden door de werken werd zo mogelijk gemaakt.

Het werken met een globale vergunning voor de vier zones met een gefaseerde uitvoering heeft ons ongetwijfeld heel wat proceduretijd bespaard. Het opstellen van de vergunningsaanvraag heeft in eerste instantie waarschijnlijk enkele maanden extra geduurd, maar het vier maal moeten doorlopen van de ganse procedure zou de uitvoering met zeker meerdere tientallen maanden hebben vertraagd, zeker rekening houdend met de veranderende Vlaamse procedures tussen 2015-2020, zoals het Archeologiedecreet, de invoering van het Digitaal Loket (met zijn vele kinderziektes) maar ook met het vele extra tekenwerk dat deze verschillende vergunningsdossiers met zich zouden hebben meegebracht. Ook gaf ons dit

de mogelijkheid om de natuurimpact en de vooropgestelde natuurdoelen over de vier zones heen te bekijken en niet versnipperd.

Bij de aanbesteding werd ook de meerwaarde van een toelichting tijdens de publicatieperiode duidelijk. Hierdoor konden onduidelijkheden voor de aannemers worden beantwoord en de belangrijkste aandachtspunten vanuit de opdrachtgevers worden meegegeven. Dit heeft de kwaliteit van de inschrijvingen sterk doen toenemen.

Ontwerp

Ondanks het langdurige contract (uit 2013) en de vele vervangingen van ingenieurs die hierop hebben gewerkt, hebben het integrale ontwerp en advisering tijdens de uitvoering tot een correct resultaat geleid. Leerpunten uit de ene zone (bijvoorbeeld i.v.m. zettingen van bepaalde lagen) konden vlot worden geïmplementeerd in de overige zones. De afstemming tussen ABO nv en Sweco gebeurde vlot, waarbij wel werd opgemerkt dat er enkele kleine verbeterpunten waren bij het opstellen van het bestek. De afstemming in deze fase was eerder beperkt. Dit heeft veel te maken met de typische tijdsdruk bij de opdrachtgevers voor het afwerken van het bestek.

Uitvoering

212 Het complexe karakter van zowel de saneringswerken als de Sigmawerken bleek voor alle partijen een stevige uitdaging. Door een vlotte en intensieve samenwerking tussen alle betrokken partijen en een transparante houding in verband met knelpunten, problemen en gevoeligheden eigen aan elke organisatie werden de werken en de vele onvoorziene wijzigingen snel en kordaat aangepakt. De meeste problemen tijdens uitvoering werden dan ook principieel eerst op de werf besproken (meestal het moment van optreden zelf) en praktische oplossingen in samenspraak uitgewerkt. De dagelijkse afstemming van ABO nv en de opdrachtgevers met de aannemerscombinatie was dan ook primordiaal in het succes van dit project. De aanpassingen tijdens uitvoering waren van velerlei aard:

- massieven in de ondergrond bij inbrengen cement-bentonietwand en HDPE-folie;
- zwaar verontreinigd grondwater buiten de isolatiecontour bij bemaling bouwput uitwateringsconstructie;
- vuilvracht van het te reinigen water hoger dan capaciteit waterzuivering;
- weigering afname verontreinigd slib en drijfslaag in het fort wegens door niemand verwerkbaar met als gevolg bijkomende inclusie verontreinigd slib in de isolatiecontour;
- uitspoeling oever wegens lokale erosie in overgangszone

- zinkstukken/schanskorven;
- onverwachte gasbellen in het bufferbekken onder afgedekte verontreiniging.

De vele noodzakelijke bijstellingen in uitvoering werden verder mogelijk door het flexibel inzetten van materieel en personeel door de aannemers en de snelle evaluatie en studie door Sweco en ABO nv. Net door de complexe combinatie van verschillende sanerings-, grond- en bouwkundige werken kon men dezelfde machines of personeel lokaal op verschillende onderdelen inzetten en zo het rendement verhogen bij aanpassingen aan de planning. Zelfs de gevolgen van het coronavirus (en -maatregelen) hebben de uitvoering niet kunnen vertragen. Gezien er steeds op vele fronten tegelijk werd gewerkt kon bijvoorbeeld het uitvallen van een ploeg door coronaquarantaine worden opgevangen in de planning.

Tijdens uitvoering bleken de dronevluchten en de regelmatige opmetingen een belangrijke meerwaarde. Niet enkel voor communicatiedoel-einden, maar ook voor het gradueel opvolgen van de vorderingen op de werf.

Deze uitgave kwam tot stand in opdracht van De Vlaamse Waterweg nv en Port of Antwerp.

Met dank aan: Roel Meeuwissen (DWW), Bert Bernaert (ABO), Michiel Duyvejonck (Envisan), Jos Dorpmans (DEME Environmental), Nick Pays (BK-ecosys), Joris Vanderhallen (Port of Antwerp) en Bert Moerkens (DEME Environmental).

© Port of Antwerp, Sweco, DEME Environmental, Jan De Nul, ABO nv, De Vlaamse Waterweg, FelixArchief, Stadsarchief Antwerpen

ISBN 9789464597080

Eerste editie: Juli 2022

Redactie

Astrid Verheyen
Michaël De Beukelaer-Dossche

Auteurs

Astrid Verheyen (Port of Antwerp), Johan Braspeninckx (Port of Antwerp), Gilles Trensou (Sweco), Steff Van Cauwenberg (DEME Environmental), Steven De Coen (Jan De Nul), Jan De Vos (ABO nv), Michaël De Beukelaer-Dossche (De Vlaamse Waterweg nv), Karen Minsaeur (Stad Antwerpen).

Eindredactie

Palindroom
palindroom.be
RCA
rca.be

Verantwoordelijke uitgever

Port of Antwerp
De Vlaamse Waterweg nv
portofantwerpbruges.com
vlaamsewaterweg.be

Foto's en illustraties

De Vlaamse Waterweg nv, Sweco, ABO nv, DEME Environmental, Port of Antwerp, Jan De Nul, Auteurs, FelixArchief, Stadsarchief Antwerpen

Grafisch ontwerp

RCA
rca.be

Drukwerk

Drukkerij Bosmans
drukkerijbosmans.be



