

5. VOORBEREIDEND ONDERZOEK

Aan de inrichtingswerken van Bergenmeersen ging heel wat voorbereidend onderzoek vooraf. Dat was nodig om inzicht te krijgen in de bodemkwaliteit en -opbouw en in de archeologische rijkdom van het projectgebied. Die elementen beïnvloeden immers het ontwerp en de kosten van het project.

Dit hoofdstuk beschrijft de resultaten van het milieuhygiënische, geotechnische en geofysische bodemonderzoek en het archeologische onderzoek. Daarnaast neemt het de modelproeven van de in- en uitwateringssluis onder de loep. Via die in- en uitwateringssluizen zal het Scheldewater in en uit het gecontroleerde overstromingsgebied met gecontroleerd gereduceerd getij (GOG-GGG) vloeien.

Auteurs: Erwin Meylemans (Agentschap Onroerend Erfgoed), Koenraad Haelterman (afdeling Geotechniek), Michaël De Beukelaer-Dossche (Waterwegen en Zeekanaal NV) en Patrik Peeters (Waterbouwkundig Laboratorium)

5.1 Milieuhygiënisch bodemonderzoek

Om het grondverzet mogelijk te maken volgens de Vlaamse wetgeving werd een technisch verslag opgesteld. Bij dat milieuhygiënische onderzoek werden de richtlijnen van de OVAM onder de vorm van de codes van goede praktijk gevolgd. De erkend bodemsaneringsdeskundige Talboom NV werd hiervoor aangesproken in het kader van een lopende raamovereenkomst.

Een boorplan werd opgesteld, wat resulteerde in 52 mengmonsters. Die mengmonsters werden geanaly-

seerd op het standaardpakket voor grondverzet en 5 mengmonsters voor waterbodem. Bijkomend werden korrelverdelingen genomen van 24 grondstalen, zodat een eerste inschatting van bouwtechnische kwaliteit kon worden gemaakt. Het veldwerk en de analyses vonden plaats half september 2010.

Omdat Bergenmeersen een historische polder is, waar bovendien al drie decennia lang gecontroleerde overstromingen plaatsvinden, was een zekere verhoging ten opzichte van de achtergrondwaarden te verwachten. Het Scheldesediment is namelijk nog aangerijkt door



Afbeelding 5.1. Resultaten van het milieuhygiënische bodemonderzoek

de historische industriële (lozings)activiteiten. Uit het onderzoek bleek dat hergebruik van de gronden binnen dezelfde kadastrale werkzone milieuhygiënisch mogelijk was. Daardoor konden de grondtransporten en de hinder tijdens de werken sterk beperkt worden.

5.2 Geotechnisch en geofysisch onderzoek

5.2.1 Geotechnisch onderzoek door de afdeling Geotechniek

De afdeling Geotechniek werd aangesproken om, in een voorbereidende fase, een grondig onderzoek uit te voeren naar de ondergrond. In een eerste fase werd gekeken naar de informatie die in dat gebied al beschikbaar was. Oude kaarten (Ferraris, oude topografische kaarten, ...) werden bestudeerd, met aandacht voor zaken die de ondergrond mogelijk hebben verstoord, zoals wielen, dijkdoorbraken, oude grachten en meanders. In die fase gingen de onderzoekers ook na welke geotechnische proeven al werden uitgevoerd in het gebied. Hiervoor maakten ze gebruik van de Databank Ondergrond Vlaanderen (DOV).

Op basis van de beschikbare informatie werd een programma voor grondonderzoek opgesteld. Dat onderzoek werd opgesplitst in terrein- en labowerk.

In de zone van de ringdijk en op de plaats van de toekomstige kunstwerken in de bestaande dijk werden 11 sonderingen uitgevoerd, gemiddeld om de 50 m. Bij sonderingen worden met behulp van hydraulische vijzels stalen buizen in de grond gedrukt. Om de 2 cm wordt de weerstand van de grond gemeten, waardoor een eerste onderkenning van de ondergrond mogelijk wordt.

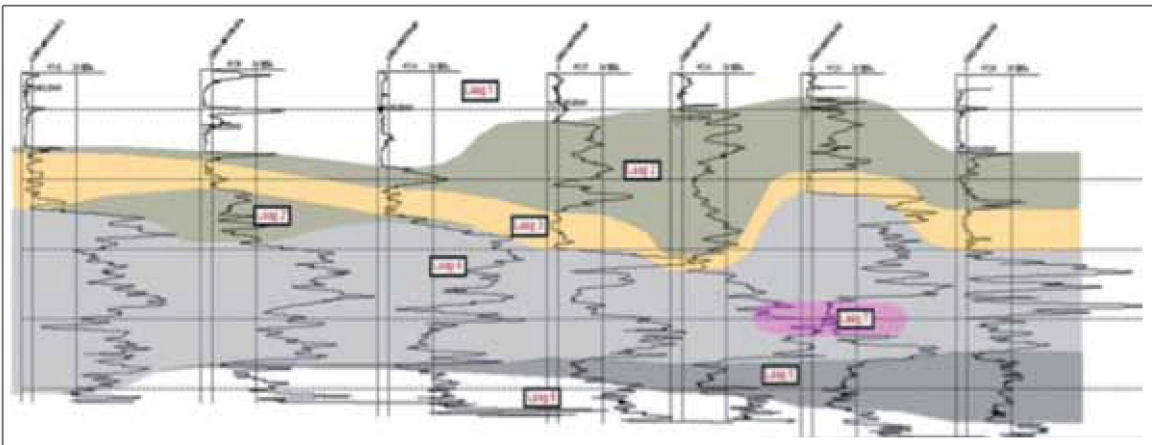
Op basis van de resultaten van de sonderingen werd beslist op welke locaties boringen nuttig zouden zijn. In totaal werden 4 boringen uitgevoerd met een diepte tussen 15 en 30 m. Hierbij werd de grond losgemaakt; in totaal werden 17 ongeroerde monsters genomen, die nadien in het laboratorium werden beproefd. Een uitgebreide reeks laboproeven (onderkenningproeven, bepaling volumegewicht en watergehalte, samendrukingsproeven en CU-triaxiaalproeven) laat toe om nauwkeurig de samenstelling van de grond te bepalen, naast een aantal specifieke eigenschappen zoals schuifweerstand en samendrukbaarheid.

Op basis van het grondonderzoek werd een lagenopbouw opgesteld over het volledige traject (Afbeelding 5.2). Hierbij werd de ondergrond opgedeeld in lagen en werden de rekenparameters bepaald waarmee de stabiliteitsberekeningen konden worden uitgevoerd. Ter hoogte van de ringdijk bestaat de ondergrond uit een pakket slappe lagen die 5 à 6 m dik zijn, gevolgd door een afwisseling van klei en zand. Op een diepte van 10 à 15 m wordt een weerstandbiedende zandlaag aangetroffen.

5.2.2 Niet-destructief geofysisch onderzoek door G-Tec/IMDC

In aanvulling op het geotechnische onderzoek van de afdeling Geotechniek voerde G-Tec/IMDC niet-destructief geofysisch onderzoek uit op de Scheldedijk. Dat onderzoek bestond uit een geofysische onderkenning door gebruik te maken van elektromagnetische metingen en een onderkenning via weerstandstomografie.

Elektromagnetische metingen hebben als doel de elektrische geleidbaarheid van het dijklichaam en de ondergrond in beeld te brengen. Hierbij zal het door het



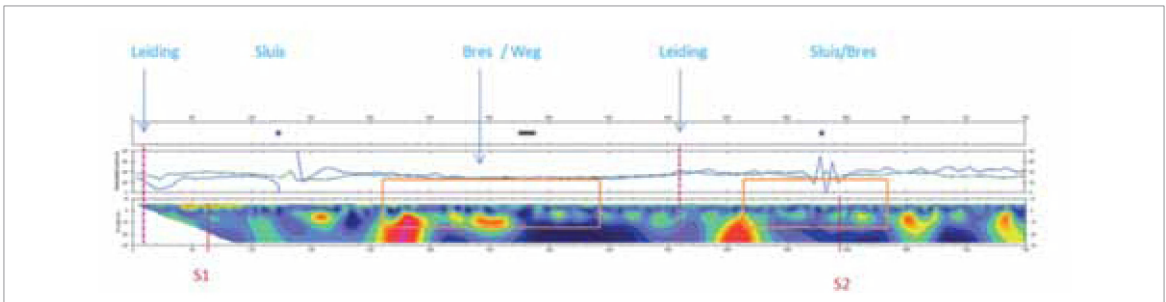
Afbeelding 5.2. Lagenopbouw ter plaats van de ringdijk



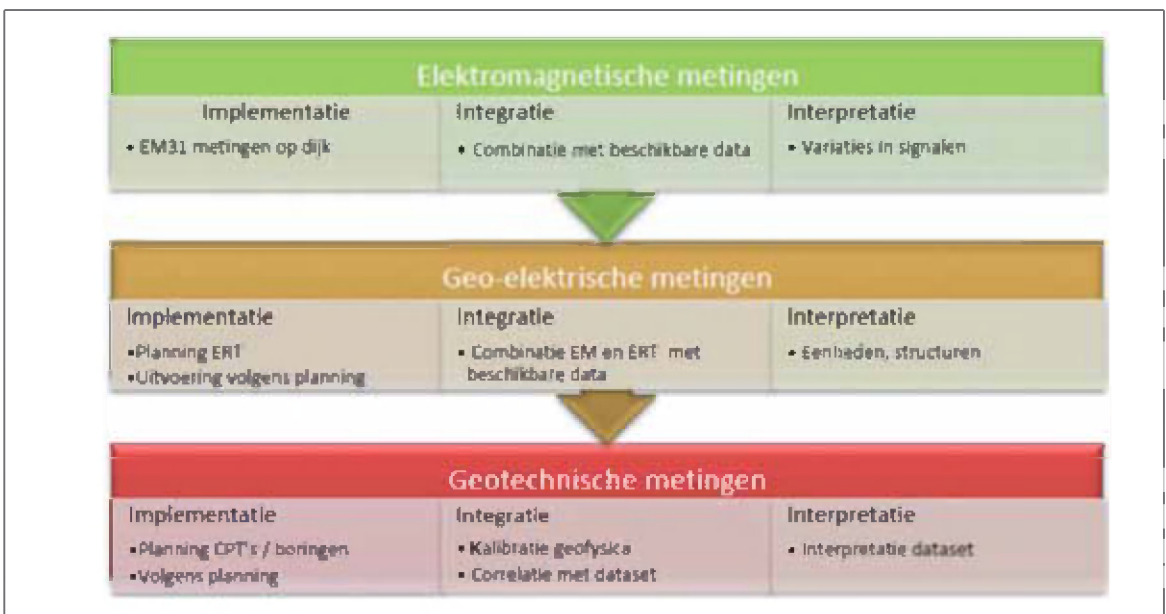
Afbeelding 5.3. Toestellen ingezet bij het niet-destructieve geofysische onderzoek

toestel opgewekte primaire elektromagnetische veld in de omgeving een secundair elektromagnetisch veld ontwikkelen. De faseverschuiving van het resulterende veld levert informatie op over de schijnbare geleidbaarheid van de ondiepe bodem. Variaties in bodemtype, vochtgehalte maar ook elektrisch geleidende objecten zullen leiden tot variaties in opgenomen schijnbare geleidbaarheid.

Het gebruik van weerstandstomografie heeft als doel een indicatie te geven over het materiaal waaruit de dijk is opgebouwd of waaruit de ondergrond bestaat. Hierbij wordt de potentiaal gemeten tussen twee elektroden onder invloed van een aangelegd stroomveld tussen twee andere elektroden. Praktisch werden hierbij honderden combinaties met een opstelling van meerdere elektroden gemeten. Afbeelding 5.4 geeft een uittreksel van de resultaten.



Afbeelding 5.4. Resultaten van het niet-destructieve geofysische onderzoek



Afbeelding 5.5. Stappenplan van het geotechnische en geofysische onderzoek

5.2.3 Interactie geofysisch onderzoek met klassiek geotechnisch onderzoek

Naar aanleiding van een studie van het Waterbouwkundig Laboratorium werd een stappenplan ontwikkeld (Afbeelding 5.5). In de toekomst (in andere projecten) zal men daarom starten met het geofysische onderzoek bestaande uit elektromagnetische en geo-elektrische metingen. Na evaluatie kan het geotechnische onderzoek gericht voortgezet worden.

5.3 Archeologische rijkdom

De evolutie van het landschap in Bergenmeersen werd vanaf de vroege prehistorie sterk gedomineerd door het gedrag van de Schelde. De mens heeft vanaf het einde van de laatste ijstijd, ongeveer 12.000 jaar geleden, altijd zijn plaats moeten zoeken in dat veranderende landschap.

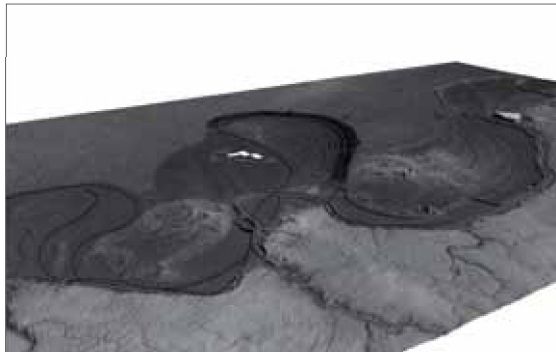
Het archeologische onderzoek in Bergenmeersen bracht dan ook op de eerste plaats het vroegere landschap in kaart, via boringen en historische kaarten. Zo werden enkele zones herkend die bij uitstek geschikt leken voor de aanwezigheid van archeologische sites. Met boringen en zogenaamde geofysische prospectie gingen archeologen daar op zoek naar mogelijke vindplaatsen.

De oorspronkelijke inrichtingsplannen werden beperkt aangepast, zodat enkele archeologische vindplaatsen gespaard bleven. Twee andere terreinen, waar men de bedreiging van toekomstige erosie niet kon vermijden, werden in 2012 opgegraven. Al die gegevens, wellicht enkel het archeologische topje van de ijsberg, tonen een gebied dat zeer rijk is aan archeologische vindplaatsen, van de prehistorie tot nu.

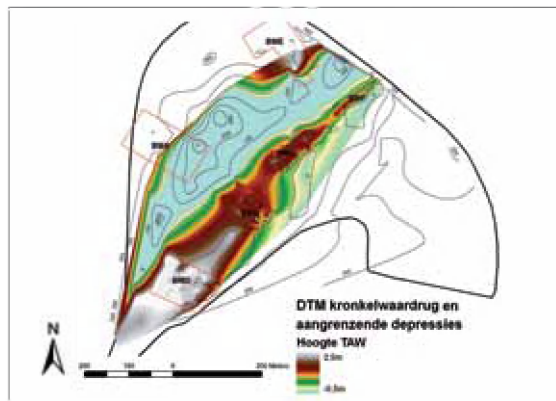
Een dynamisch landschap

De opbouw en evolutie van het landschap in Bergenmeersen zijn alleen te begrijpen vanuit een ruimer regionaal perspectief. De ondergrond van alle zones in de Cluster Kalkense Meersen herbergt immers de restanten van een indrukwekkend riviersysteem, waarvan de hoofdrivier ongeveer 100 m breed en tot 9 m diep was (Afbeelding 5.6).

Ook in Bergenmeersen is die geul aanwezig; die is nu opgevuld met veen en klei en is onzichtbaar aan het oppervlak. Ten zuidoosten ervan loopt ook nog een kleinere zijgeul. Die geulen flankeren zo een markante rug, die tijdens de hele vroege prehistorie een 'schiereiland' heeft gevormd (Afbeelding 5.7).



Afbeelding 5.6. Restanten van een indrukwekkend riviersysteem in de ondergrond van de Cluster Kalkense Meersen



Afbeelding 5.7. De geulen flankeren een markante rug.

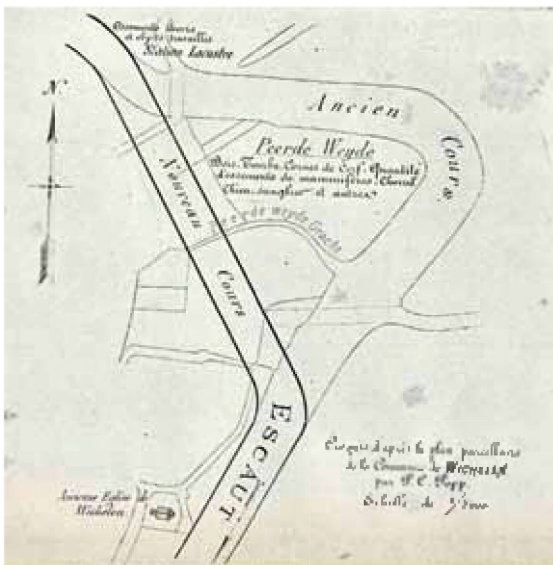
Het onderzoek van fossiele stuifmeelkorrels en radiokoolstofdateringen van de opvulling van die geulen geven een goed beeld van het veranderende milieu en de snelheid waarmee het systeem zich heeft opgevuld. Zo zien we vanaf het einde van de laatste ijstijd de evolutie naar een sterk bebost landschap, eerst met berk en den, en later naar een heel divers loofbos, met onder meer eik, linde en hazelaar. Ongeveer 6000 jaar geleden was het geulsysteem echter volledig opgevuld en werd het gebied heel drassig. Els en later wilg waren de dominante boomsoorten. Het 'schiereiland' van Bergenmeersen verdween vanaf die periode geleidelijk onder veen en klei. Het riviersysteem van de Schelde evolueerde naar een patroon van kleinere riviertjes die door het moerasbos kronkelden. Het is pas ongeveer 3000 jaar geleden, bij het begin van de ijzertijd, dat er opnieuw een rivier van betekenis werd ingesneden: de huidige Schelde. De ondergrond van Bergenmeersen toont nog tal van sporen van de activiteit van die rivier, in de vorm van kleine zijgeultjes en lobben van zandige overstromingsafzettingen. Al die relictten van de vroegere Schelde worden afgedekt door een laag klei, overstromingsslib dat vooral in de Romeinse periode tot na de middeleeuwen werd afgezet. Historische bronnen wijzen erop dat de inpoldering van Bergenmeersen pas vrij laat tot stand kwam, in de

achttiende of negentiende eeuw. Voor die periode is er in de bronnen slechts melding van kleine zomerdijkjes. Belangrijke overstromingen van het gebied worden dan ook vermeld tot in de zeventiende eeuw. Een laatste markante verandering is het rechtekken van de Schelde op het einde van de negentiende eeuw, waarbij de oostelijke meanderbocht werd afgesneden (Afbeelding 5.8). Hierbij kwam een groot aantal belangrijke archeologische vondsten aan het licht.

Archeologische sites

Vroegere vondsten in de zone van Bergenmeersen toonden voor het archeologische terreinwerk al aan dat het gebied vermoedelijk heel wat archeologische sites bevat. Bij het rechtekken van de Schelde in 1892 ter hoogte van Paardeweide werd bijvoorbeeld een van de grootste verzamelingen werktuigen uit bot en hertshoorn verzameld door advocaat A. Moens (Afbeelding 5.9). Via een openbare veiling in 1922 kwam een groot deel van die vondsten terecht in de collectie van amateurarcheoloog Georges Hasse. Die wijdde op basis van de vondsten midden de jaren 1930 twee artikels aan 'Wichelen préhistorique'.

Uit onderzoek weet men dat de locatie van de vondsten niet verwonderlijk is. De rechtekking kruist immers precies de vroegere loop van de Schelde (Afbeelding 5.8). De objecten zijn dan ook meer dan waarschijnlijk afkomstig van kampementen van prehistorische jager-verzamelaars op de oevers van die geul. Radio-koolstofdateringen op enkele werktuigen tonen aan dat verschillende periodes van bewoning vervat zitten in



Afbeelding 5.8. Planneetje van 1905 van de hand van A. Moens, met de locaties van de rechtgetrokken meanderbocht en de prehistorische vondsten



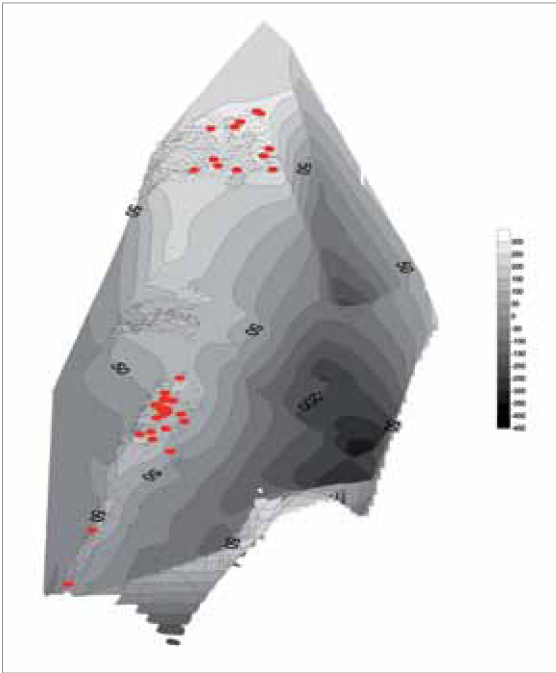
Afbeelding 5.9. Bij het rechtekken van de Schelde in 1892 ter hoogte van de Paardeweide werd een van de grootste verzamelingen werktuigen uit bot en hertshoorn verzameld.

de collectie, gaande van ongeveer 5300 tot 3800 voor onze jaartelling.

Het booronderzoek van 2009 bevestigde de aantrekkingskracht van het gebied op de prehistorische mens. Op de rug tussen de beide oude Scheldegeulen werd een relatief groot aantal vondsten (vuurstenen werktuigen) opgeboord. Die tonen dat die plaats in de loop van de steentijd regelmatig werd bezocht. Ook tijdens de opgravingen van 2012 kwamen prehistorische vondsten aan het licht. Enkele van de opgegraven vondsten (opnieuw vuurstenen werktuigen) kunnen toegeschreven worden aan het begin van de middensteentijd (vroeg mesolithicum, ongeveer 8500 tot 7500 voor onze jaartelling).

Uit de ijzertijd en de Romeinse periode werden verschillende vondsten en sporen aangetroffen, zoals enkele grachten, greppels en paalkuilen. Het is echter niet duidelijk wat die vondsten juist betekenen. Vermoedelijk bevinden de sporen zich aan de rand van landbouwnederzettingen uit die periodes.

Historische bronnen wijzen erop dat Wichelen een belangrijk centrum was in de vroege middeleeuwen, meer bepaald in de tiende eeuw (Karolingisch-Ottoonse periode). Vondsten uit die periode blijven echter schaars.



Afbeelding 5.10. Digitaal hoogtemodel van de centrale rug in Bergenmeersen, met aanduiding van de archeologische boringen. De boringen met prehistorische vondsten zijn in het rood weergegeven.

Bij vroegere baggerwerken van de Schelde ter hoogte van Wichelen vond men onder meer enkele mantel-spelden uit die periode. Bij de opgravingen van 2012 bleven de vondsten uit die periode beperkt tot enkele scherven. Wellicht ligt de kern van dat vroegmiddeleeuwse Wichelen buiten het gebied van Bergenmeersen, op hogere en drogere gronden.

Een van de opvallendste vondsten in Bergenmeersen stamt uit de latere middeleeuwen. Op basis van historische bronnen werd sinds lang de aanwezigheid van een middeleeuws 'kasteel' vermoed in het gebied (Afbeelding 5.11). Op een van die bronnen werd een perceel aangeduid met het toponiem 'motte'. Dat deed vermoeden dat zich daar mogelijk een middeleeuwse kasteelsite bevond. Geofysische metingen toonden in 2009 al aan dat in de ondergrond van dat perceel inderdaad een brede cirkelvormige gracht aanwezig kon zijn, wat werd bevestigd door de opgraving van 2012.

De ongeveer 12 m brede en 2 m diepe gracht (Afbeelding 5.12 en 5.13) omringt een cirkelvormig 'eiland' met een diameter van ongeveer 40 m. Helaas bleek de centrale ophoging van dat eiland volledig afgegraven, waardoor geen structuren van het vroegere bouwwerk bewaard bleven. Enkel natuurstenen blokken en baksteenfragmenten die werden gestort aan de binnenkant van de gracht, herinnerden aan de aanwezigheid van

stenen constructies. Door het andere afval in de gracht, in de eerste plaats aardewerk, kon men de site situeren in de dertiende à veertiende eeuw.

In het oosten van de gracht werden de restanten van een brug aangetroffen, een bakstenen pijler en enkele houten balken. Die constructie is vermoedelijk van jongere datum. Dateringsonderzoek op de houten balken zal dat moeten uitwijzen. De laatmiddeleeuwse structuur vormt samen met de locatie van de vroegere kerk van Wichelen (op het huidige kerkhof, net buiten Bergenmeersen) ongetwijfeld een van de kernelementen van het middeleeuwse Wichelen. De oprichting van dat soort kasteelsites, circulaire structuren met een diameter van ongeveer 40 m, is typerend voor de dertiende en veertiende eeuw.



Afbeelding 5.11. Algemeen opgravingsplan van Bergenmeersen. De gracht afkomstig van de kasteelsite bevindt zich in het noordwesten.



Afbeelding 5.12. Een coupe van de middeleeuwse gracht



Afbeelding 5.13. Een coupe van de middeleeuwse gracht

De meeste sporen dateren echter uit de postmiddeleeuwse periode, meer bepaald uit de zestiende en zeventiende eeuw. Vondsten uit die periode kan men meer dan waarschijnlijk in verband brengen met de aanwezigheid van het 'Hof ter Zeype', dat vanaf de achttiende eeuw op historische kaarten verschijnt (Afbeelding 5.14).



Afbeelding 5.14. Het Hof ter Zeype verschijnt vanaf de achttiende eeuw op historische kaarten.

Historische bronnen duiden op die plaats al een hoeve met enige status aan in de zestiende à zeventiende eeuw. De sporen omvatten vooral een aantal grachten, greppels en kuilen. Wat de juiste betekenis is van die sporen, moet nog worden uitgeklaard.

Conclusie

Hoewel de verwerking van de opgravingsresultaten nog volop bezig is, kan men aan de hand van alle gegevens besluiten dat het projectgebied Bergenmeersen een

uitzonderlijke archeologische rijkdom bezit. Vooral uit de prehistorie zijn tal van vondsten aangetroffen die erop wijzen dat het gebied duizenden jaren lang een uitgelezen plaats was voor jagers-verzamelaars. Uit latere periodes is vooral de aanwezigheid van een laatmiddeleeuwse 'motte' opvallend.

5.4 Modelproeven van de in- en uitwateringslus

De gecombineerde in- en uitwateringslus is een sleutelement in het concept van het GOG-GGG. Het Waterbouwkundig Laboratorium voerde een hydraulische revisie uit van het desktopontwerp van de gecombineerde in- en uitwateringsconstructie van Bergenmeersen. Het ontwerp van de constructie zelf besteedde Waterwegen en Zeekanaal NV uit aan Technum NV in samenwerking met IMDC NV. De controle van de hydraulische werking van de constructie werd uitgevoerd met een schaalmodelstudie.

Om de gecombineerde in- en uitwateringsconstructies van meerdere GOG-GGG's uit te testen met één schaalmodel werd een sterk vereenvoudigd 2DV-schaalmodel ontworpen. 2DV wil zeggen dat het model ingebouwd



Afbeelding 5.15. Instelmogelijkheden van het schaalmodel

wordt in een stroomgoot; alleen de stroming in een tweedimensionaal verticaal vlak wordt bestudeerd. Het schaalmodel heeft een geometrische schaal van 1:8. De modelzone is 0,56 m breed, 1 m hoog en 15 m lang. De geometrie van de te beproeven constructies wordt gevormd door vlakke platen, bevestigd op verschuifbare schaarliftten. Hiermee kan men niet alleen eenvoudig van constructie veranderen, maar ook geometrische aanpassingen zijn zo vlot in te stellen. Afbeelding 5.15 toont de instelmogelijkheden van het schaalmodel.

In het schaalmodel werden volgende registraties uitgevoerd:

- peil op- en afwaarts,
- debiet door de constructie heen,
- bodem nabije snelheid,
- lengte val,
- peil uitwateringskoker,
- visuele opnames stromingspatroon.

Bij inwatering is het peilverschil over de constructie groter dan bij uitwatering, waardoor in verhouding meer energie gedissipeerd moet worden. De schaalmodelstudie beperkte zich daarom tot inwatering.

De energiedissipatie bij inwatering gebeurt met een watersprong. Voor de duurzaamheid van de constructie moet de superkritische stroming na de vallende straal onmiddellijk worden omgezet in een subkritische stroming via een watersprong. Om die watersprong mogelijk te maken is in het GOG-GGG een voldoende hoog peil nodig. Het minimumpeil waarbij de watersprong onmiddellijk na de val optreedt, is het 'corresponderende' peil. Het benodigde corresponderende peil neemt toe bij een hoger Scheldepeil. Afbeelding 5.16 illustreert links de situatie met een te laag waterpeil en rechts de situatie met het corresponderende peil.

Bij een te laag waterpeil in het overstromingsgebied schiet het water het gebied binnen: de zogenaamde superkritische stroming. Die wordt pas in het overstromingsgebied omgezet naar een subkritische stroming via een watersprong. Zo'n situatie leidt tot ontoelaatbare stroomsnelheden boven de schanskorven en mogelijk tot ontgronding ter hoogte van de watersprong afwaarts van de constructies. Bij een waterpeil dat gelijk is aan of hoger dan het corresponderende peil gebeurt de watersprong onmiddellijk na de val (in de constructie zelf). Aangezien de constructie uit beton bestaat, is dat geen probleem.



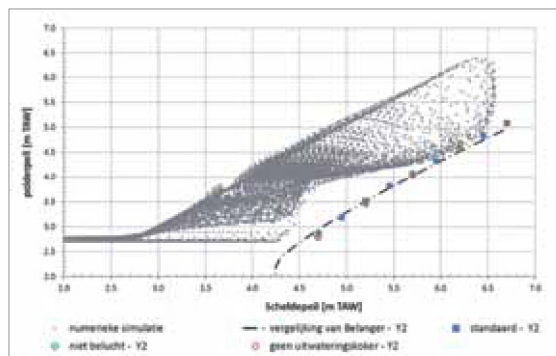
Afbeelding 5.16. De situatie met een te laag waterpeil (links) en het corresponderende peil (rechts)

Uit de vergelijking van het corresponderende peil met de gesimuleerde peilen in het gebied volgt dat de watersprong steeds onmiddellijk na de val zal plaatsvinden.

Voor het afregelen van de inkomende volumes in functie van het getij worden schotbalken geplaatst in de inwateringskoker. Het instromende water in de inwateringskoker kan na de schotbalken versnellen tot superkritische snelheden. De invloed van schotbalken op het verloop van de vallende straal, het ontstaan van een watersprong en de bodem nabije snelheden werd onderzocht. Hieruit volgde dat de configuraties met schotbalken minder kritiek zijn dan de configuratie zonder schotbalken wegens het lagere debiet.

Voor het dimensioneren van de uitwateringskoker bestaande bodembescherming aan de zijde van het overstromingsgebied werden de bodem nabije snelheid boven de schanskorven en de lengte van de watersprong opgemeten.

Om een stabiele vallende straal te krijgen wordt in de literatuur aangeraden om de ruimte onder de vallende straal te beluchten. Om de noodzaak van beluchten te onderzoeken zijn zowel proeven met een beluchte als met een niet-beluchte vallende straal uitgevoerd. Waar de vallende straal in aanraking komt met het wateroppervlak, wordt lucht meegevoerd. De lucht in de uitwateringskoker wordt hierbij meegezogen onder de vallende straal. Daardoor ontstaat bij het niet-beluchten van de vallende straal een onderdruk in de uitwateringskoker. Die onderdruk zorgt voor een aanzuiging van de vallende straal en een stijging van het peil in de uitwateringskoker. Men merkte geen invloed op van het al dan niet beluchten op het ontstaan van een watersprong en op de bodem nabije snelheid boven de bodembescherming. Bij een niet-beluchte vallende straal werden geen onstabiel verloop of trillingen opgemerkt.



Afbeelding 5.17. Resultaten standaardconfiguratie: polderpeil Y2 in functie van het Scheldepeil

Op het moment dat het plafond boven de woelkom verdrongen wordt, kunnen wervels met een luchtkern ontstaan. De combinatie van Scheldepeilen en peilen van het GOG-GGG waarbij wervels optreden, verdient de nodige aandacht. Uit de gesimuleerde peilen leidt men af dat een stromingspatroon met wervels met een luchtkern maar uitzonderlijk voorkomt en dus geen gevaar vormt voor de duurzaamheid van de constructie.

Uit de hydraulische revisie kon men besluiten dat het ontwerp van het studiebureau voor de gecombineerde in- en uitwateringsconstructie hydraulisch voldoet. Belangrijke inzichten werden opgedaan. Die zijn van tel voor enerzijds de evaluatie van de constructie als ze in werking treedt, en anderzijds voor gecombineerde in- en uitwateringsconstructies die nog in ontwerp zijn voor andere Sigmagebieden.

5.5 Referenties

- **Inlet sluices for flood control areas with controlled reduced tide in the Scheldt estuary: an overview.** T. De Mulder et al. (2013), IWLHS 2013: international workshop on hydraulic design of low-head-structures. p. 43-53 / www.vliz.be/imisdocs/publications/243672.pdf
 - **Stilling basin optimization for a combined inlet-outlet sluice in the framework of the Sigmoplan.** J. Verduyck et al. (2013), IWLHS 2013: international workshop on hydraulic design of low-head-structures. p. 55-66 / www.vliz.be/imisdocs/publications/88/243588.pdf
 - **Paleolandschappelijk, archeologisch en cultuurhistorisch onderzoek in het kader van het geactualiseerde Sigmoplan, sigma-cluster Kalkense Meersen, zone Bergenmeersen en Paardenweide.** F. Bogemans et al. (2009), Intern rapport, Vlaams Instituut voor Onroerend Erfgoed (Brussel)
 - **Digitale Ondergrond Vlaanderen** / www.dov.vlaanderen.be
 - **Openbare Vlaamse Afvalstoffenmaatschappij** / www.ovam.be
-