

RAPPORT

Planuitwerking versterking IJsselmeerdijk

Samenvatting onderzoeken

Klant: Waterschap Zuiderzeeland

Referentie: BI8482-RHD-RP-0053_IJMD_samenvatting
onderzoeken_D01

Status: Definitief/01

Datum: 29 oktober 2024

Projectgerelateerd

HASKONINGDHV NEDERLAND B.V.

Laan 1914 no.35
3818 EX Amersfoort
Netherlands
Water & Maritime

Telefoon: +31 88 348 20 00
Fax: +31 33 463 36 52
Email: info@rhdhv.com
Website: royalhaskoningdhv.com

Titel document: Planuitwerking versterking IJsselmeerdijk

Sub titel: Samenvatting onderzoeken
Referentie: BI8482-RHD-RP-0053_IJMD_samenvatting onderzoeken_D01
Uw kenmerk
Status: Definitief/01
Datum: 29 oktober 2024
Projectnaam: Dijkversterking IJsselmeerdijk
Projectnummer: BI8482
Auteur(s): Nynke Tack, Lotte Braat

Opgesteld door: Nynke Tack

Gecontroleerd door: Matthijs Logtenberg

Datum: 4 juli 2024

Goedgekeurd door: Mirjam Walbeek

Datum: 4 juli 2024

Classificatie

Projectgerelateerd

Behoudens andersluidende afspraken met de Opdrachtgever, mag niets uit dit document worden veelevoudigd of openbaar gemaakt of worden gebruikt voor een ander doel dan waarvoor het document is vervaardigd. HaskoningDHV Nederland B.V. aanvaardt geen enkele verantwoordelijkheid of aansprakelijkheid voor dit document, anders dan jegens de Opdrachtgever.

Let op: dit document bevat mogelijk persoonsgegevens van medewerkers van HaskoningDHV Nederland B.V.. Voordat publicatie plaatsvindt (of anderszins openbaarmaking), dient dit document te worden geanonimiseerd of dient toestemming te worden verkregen om dit document met persoonsgegevens te publiceren. Dit hoeft niet als wet- of regelgeving anonimiseren niet toestaat.

Samenvatting

Dit document geeft een overzicht van de onderzoeken voor project Versterking IJsselmeerdijk, zoveel mogelijk in begrijpelijke taal. We hebben deze onderzoeken gedaan om te kijken hoe we de dijk het beste kunnen versterken. Voor elk onderzoek vertellen we waarom we het deden, hoe we het deden, wat we ontdekten en hoe dat helpt bij het verbeteren van de dijk.

We hebben de onderzoeken in dit document ingedeeld per hoofdstuk. Elk hoofdstuk gaat over één onderzoek. We hebben de onderzoeken in alfabetische volgorde gezet, maar dat betekent niet dat sommige onderzoeken belangrijker zijn dan andere. Als je meer wilt weten over een onderzoek, kun je soms extra informatie krijgen van waterschap Zuiderzeeland. Als dat kan, staat dat erbij vermeld.

De volgende hoofdstukken komen aan de orde.

AERIUS-berekening

De AERIUS-berekening is een belangrijk onderdeel van Nederlandse projecten om de invloed van stikstof op beschermde natuurgebieden te beoordelen. Voor de IJsselmeerdijk is berekend dat het gebruik van 80% uitstootvrije machines, 20% gewone machines en gewone transportschepen de natuur niet te veel belast met stikstof. De berekeningen tonen aan dat de dijkversterking binnen de toegestane normen blijft en geen belangrijke negatieve invloed heeft op het natuurgebied Rijntakken en de daar levende soorten zoals de kwartelkoning en de watersnip.

Archeologisch onderzoek

Het archeologisch onderzoek richtte zich op het bepalen van de historische waarde van het gebied rond de IJsselmeerdijk. Er zijn twee studies uitgevoerd: een bodemonderzoek door boringen en een visueel onderzoek van de bodem van het IJsselmeer. De resultaten toonden geen belangrijke vondsten, maar er is een kans op toekomstige ontdekkingen omdat vroeger in dit gebied de Swifterbant-cultuur voorkwam. Er is besloten geen extra onderzoek te doen, maar waakzaamheid voor toevallige vondsten tijdens de werkzaamheden blijft noodzakelijk.

Chemische waterkwaliteit

De chemische waterkwaliteit van het IJsselmeer is onderzocht om de aanwezigheid van bepaalde chemische stoffen te bepalen. Dit dient als basis voor toekomstige metingen om het effect van de dijkversterkingswerkzaamheden op het water te beoordelen. Metingen zijn uitgevoerd op zes locaties langs de IJsselmeerdijk van januari tot juni 2023. De resultaten zijn te zien op de website van waterschap Zuiderzeeland.

Erosiebestendige overgangen

De plekken op de dijk waar gras overgaat in een weg zijn cruciaal voor de sterkte van de IJsselmeerdijk. Tests hebben aangetoond dat de klei in de dijk erosie vertraagt en dat schade voornamelijk optreedt waar de grond en het gras zwak zijn. Nieuwe methoden om de overgangen te versterken zijn getest en geen enkele methode leidde tot het doorbreken van de dijk. De dijk bleek wat sterker dan gedacht. Daardoor hoeven we iets minder te versterken. Dat bespaart kosten.

Geohydrologisch onderzoek

Het onderzoek ging over de invloed van dijkwerkzaamheden op het grondwater. Het leek erop dat het graven van een cunet (dat is de fundering van de vooroeverdij) de grondwaterstroming kan beïnvloeden, maar dat het effect minimaal is. Zolang er een laag van minstens 1 meter grond is die het

Projectgerelateerd

water tegenhoudt zoals klei, is er geen effect. De vooroever blijkt geen belangrijke invloed te hebben op de grondwaterstroming. Er is dus geen gevaar dat het land in de polder achter de dijk natter of droger worden.

Geotechnisch onderzoek

Dit onderzoek heeft de samenstelling en stevigheid van de bodem onder de IJsselmeerdijk onderzocht. Er komen veel verschillende bodemlagen voor van klei, veen en zand. We weten nu goed welke laag op welke plek voorkomt. De resultaten van dit onderzoek zijn gebruikt om betere ontwerpen voor de dijk te ontwikkelen.

Golfgootproeven

De golfgootproeven zijn uitgevoerd om de werking van de nieuwe vooroeverdam te testen. Uit de proeven blijkt hoe groot de stenen moeten zijn, zodat ze bij zware stormen blijven liggen. Een dam die minstens 60 meter van de dijk af ligt is goed in het verminderen van golven bij de dijk. De vooroeverdam hoeft niet boven water uit te steken, maar het is beter als dat wel zo is. Ongeveer een halve meter boven het water is het beste. Dat blijkt goed de golven te verminderen.

Lichtonderzoek

In de planuitwerkingsfase van de versterking van de IJsselmeerdijk is er ook onderzoek gedaan naar mogelijke lichthinder. Hieruit volgt dat er geen lichthinder wordt verwacht als gevolg van de aanleg van de IJsselmeerdijk. Dit komt omdat in de toekomst dezelfde type verlichting terugkomt en er over de huidige situatie geen klachten zijn.

Meetcampagne IJsselmeer

De meetcampagne in het IJsselmeer heeft waardevolle gegevens opgeleverd over de waterbeweging, golven en waterkwaliteit. Deze gegevens zijn belangrijk voor het ontwikkelen van nauwkeurige computermodellen die de invloed van dijkversterking op het water kunnen voorspellen.

Milieukundige onderzoeken

In dit hoofdstuk laten we de resultaten van verschillende milieukundige onderzoeken zien die belangrijk zijn voor de versterking van de IJsselmeerdijk. De onderzoeken richten zich op de kwaliteit van de asfaltlaag aan de buiten- en binnenkant van de dijk, de stenen, de bodem op de locatie van de toekomstige vooroever, en de grond waar het cunet komt. Er is gekeken naar de aanwezigheid van vervuilende stoffen en de mogelijkheid om materialen opnieuw te gebruiken.

Natuuronderzoeken

In dit hoofdstuk laten we de resultaten van natuuronderzoeken zien. Deze onderzoeken gaan over planten, graszoden, zoogdieren, vleermuizen, broedvogels en andere fauna die we in het gebied van de IJsselmeerdijk gevonden hebben. Er is vastgesteld dat de dijkversterking invloed heeft op de biodiversiteit en het leefgebied van verschillende beschermde soorten. Door het project verbetert de natuur op de dijk en in de vooroever uiteindelijk. Maar de aanleg kan tijdelijk verstoring werken. Met goede maatregelen kunnen negatieve effecten op beschermde soorten voldoende voorkomen worden. We weten nu goed voor welke soorten we zulke maatregelen moeten nemen.

Niet gesprongen explosieven onderzoeken

Er is onderzoek gedaan naar niet gesprongen explosieven in het gebied van de IJsselmeerdijk zodat straks veilig kan worden gewerkt. Er zijn geen explosieven gevonden. De dijkversterking kan veilig doorgaan, maar het is belangrijk om alert te blijven op mogelijke vondsten van explosieven tijdens de werkzaamheden.

Projectgerelateerd

Teenconstructie

De teenconstructie is een belangrijk onderdeel van de dijkversterking die zorgt voor stabiliteit en bescherming tegen erosie. Er zijn verschillende methoden onderzocht en getest hoe de teenconstructie het beste gemaakt kan worden. Een goed ontworpen en uitgevoerde teenconstructie zorgt voor een duurzame en veilige dijkversterking en bespaart kosten.

Veenoxidatie

Omdat er veen in de bodem zit, kan dat naar boven komen als er gegraven gaat worden. Als veen met lucht in aanraking komt, kan er veel CO₂ vrijkomen door veenoxidatie. Er zijn metingen en onderzoeken uitgevoerd om de hoeveelheid veenoxidatie te bepalen. We weten nu dat dat behoorlijk veel kan zijn. Ook weten we nu hoe we moeten graven om dat te voorkomen.

Deze samenvattingen zijn uitgegaan van de informatie uit de onderzoeken die zijn gedaan in de Planuitwerkingsfase van de versterking van de IJsselmeerdijk. Voor meer informatie kan je het volledige onderzoek bekijken.

Inhoud

1	AERIUS berekening	1
2	Archeologisch onderzoek	2
3	Chemische waterkwaliteit	3
4	Erosiebestendige overgangen	4
5	Geohydrologisch onderzoek	6
6	Geotechnisch onderzoek	7
7	Golfgootproeven	9
8	Lichtonderzoek	10
9	Meetcampagne IJsselmeer	11
10	Milieukundige onderzoeken	12
10.1	De asfaltlaag aan de buitenkant van de dijk	12
10.2	De asfaltlaag aan de binnenkant van de dijk en de stenen	13
10.3	Bodem op de locatie van de toekomstige vooroever	13
10.4	De grond waar het cunet komt	14
10.5	De grond van de huidige dijk	14
11	Natuuronderzoeken	15
11.1	Planten	15
11.2	Graszode en graslandtype	15
11.3	Zoogdieren	16
11.4	Vleermuizen	16
11.5	Broedvogels	16
11.6	Watervogels	17
11.7	Vissen	17
11.8	Waterplanten	18
11.9	Kiezelalgen	18
11.10	Korstmossen	18
11.11	Insecten	19

12	Niet gesprongen explosieven onderzoeken	20
13	Teenconstructie	22
14	Veenoxidatie	23

Figuren

Figuur 3-1: Een kaart met de zes plekken langs de IJsselmeerdijk waar de kwaliteit van het water in het IJsselmeer is onderzocht.	3
Figuur 4-1: Foto van de overslagproeven bij de IJsselmeerdijk.	5
Figuur 6-1: Situatietekeningen van de verschillende boorvakken waarin grondboringen zijn uitgevoerd voor het geotechnisch onderzoek.	7
Figuur 7-1: Een foto van een golf in de golfgoot die over een schaalmodel van de vooroeverlangsdam rolt.	9
Figuur 10-1: Een kaart met de verdeling van de boringen voor het waterbodemonderzoek bij de IJsselmeerdijk.	14
Figuur 12-1: Een kaart van het gebied bij de IJsselmeerdijk waar onderzoek is gedaan naar explosieven.	20
Figuur 12-2: Een kaart van het gebied bij de IJsselmeerdijk waar onderzoek is gedaan naar explosieven. De kaart hoort bij een onderzoek naar explosieven in heel Flevoland.	21
Figuur 13-1: Een tekening van een dijk met een teenconstructie (boven) en het probleem dat ontstaat wanneer de teenconstructie niet meer werkt (onder)	22
Figuur 14-1: De manieren waarop veen CO ₂ of methaan (CH ₄) kan worden in de natuur.	23

1 AERIUS berekening

In Nederland moeten grote projecten uitrekenen hoeveel stikstof ze op beschermde natuurgebieden laten neerkomen. Dit wordt uitgerekend met een speciaal rekenprogramma, de AERIUS-calculator. Hiermee wordt berekend hoeveel stikstof er van het project, door de machines die er gebruikt worden, in de natuur komt. De uitkomst laat zien hoeveel stikstof er al is, hoeveel het project toevoegt, en het totaal daarvan. Als het project niet meer dan ongeveer 0,05 mol per hectare per jaar toevoegt, dan is het zo weinig dat het niet schadelijk voor de natuur is en mag het project doorgaan.

Voor de versterking van de IJsselmeerdijk is uitgerekend dat, als er voor 80% machines zonder uitstoot worden gebruikt en voor 20% gewone machines, de natuur niet te veel stikstof krijgt. De transportschepen gebruiken wel allemaal gewone brandstof. Er is gepland hoeveel uur de machines nodig zijn, gebaseerd op hoelang het werk duurt. Bij de Baaidijk en Meerdijk-Midden duurt het drie jaar, en bij Meerdijk-Noord en Zuid vijf jaar.

De berekeningen laten zien dat de dijkversterking bijna nergens extra stikstof in de natuur brengt tijdens het werk, minder dan 0,05 mol per hectare per jaar die als grens geldt. Het natuurgebied waar het meeste neerkomt is het natuurgebied Rijntakken, dat is ongeveer de 0,05 mol per hectare per jaar en alleen tijdens het werk. Na uitvoering van het werk komt er niets bij.

Daarom is er als laatste nog extra goed gekeken wat de extra stikstof doet met de natuur in natuurgebied Rijntakken. Dit is weinig en tijdelijk en geeft geen problemen voor de dieren die er leven, zoals de vogelsoorten kwartelkoning en watersnip. De dijkversterking verandert dus niets aan hoe het natuurgebied eruit hoort te zien.

2 Archeologisch onderzoek

Om de historische waarde van het gebied bij de IJsselmeerdijk te onderzoeken, zijn twee studies gedaan. Het eerste onderzoek keek naar de grond in het IJsselmeer door boringen te doen. Het tweede onderzoek was om de bodem van het IJsselmeer te bekijken en te zien of er iets belangrijks uit het verleden te vinden is. De resultaten laten zien dat er niets speciaals gevonden is. Maar er is nog steeds een kans dat er iets gevonden wordt tijdens het werk, omdat het gebied bekend is van de Swifterbant-cultuur.

Voor de dijkversterking bij Lelystad en Dronten heeft een bedrijf gekeken naar de bodem van het IJsselmeer. Hierbij is een plek gevonden waar misschien mensen van de Swifterbant-cultuur hebben gewoond. Er zijn geen duidelijke tekenen, maar ze denken dat er misschien iets kan zijn. Omdat de aannemer daar straks gaat werken, kan dat belangrijke plekken beschadigen.

De aannemer gaat straks graven om een vooroeverdam aan te leggen, en dat kan belangrijke plekken in de grond beschadigen. De aannemer gaat ook zand storten, wat ook niet goed kan zijn voor deze plekken.

Waterschap Zuiderzeeland heeft zich afgevraagd of ze meer onderzoek moeten doen en of dat de moeite waard is. Onderzoek op het land kost ongeveer 25.000 euro, maar in het water zou het veel meer kosten, misschien wel 500.000 tot 600.000 euro. En als ze iets vinden, weten ze misschien niet veel meer dan nu. Ze moeten eerst zeker weten dat er iets is voordat ze meer gaan onderzoeken.

De onderzoekers hebben aangeraden om met de gemeenten Lelystad en Dronten en Rijkswaterstaat te gaan praten om te beslissen of ze meer onderzoek moeten doen. In april 2024 hebben de gemeenten Lelystad en Dronten en Rijkswaterstaat besloten dat ze geen extra onderzoek nodig vinden. Er wordt niet verder graven voor wetenschappelijk onderzoek.

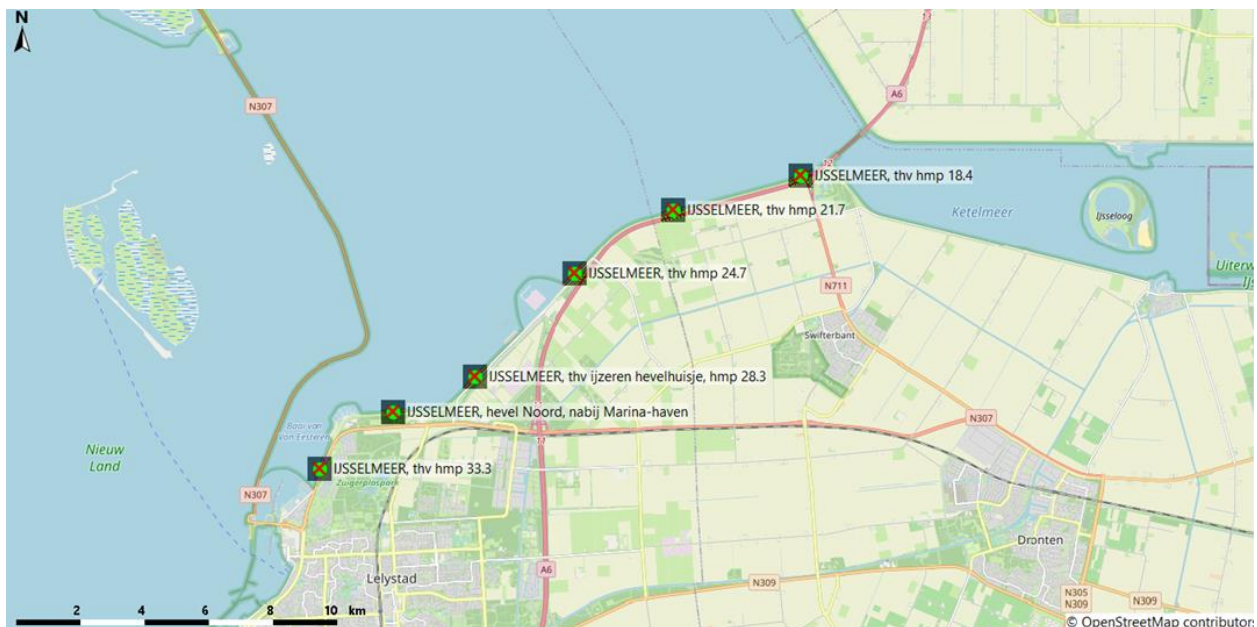
De onderzoekers hebben ook een onderzoek in het water gedaan voor de dijkversterking. Ze hebben het gebied gescand en gekeken naar ijzer in de grond. Ze vonden zes dingen, maar alleen één leek misschien belangrijk. Later bleek dat het bouwafval was.

De onderzoekers hebben geen belangrijke dingen gevonden, maar er zijn wel kleine dingen die misschien iets kunnen betekenen. Er komt een plan voor als er toch iets wordt gevonden tijdens het werk. Als er geen verder onderzoek nodig is, moeten ze toch melden als ze iets vinden tijdens het graven.

3 Chemische waterkwaliteit

We hebben de kwaliteit van het water in het IJsselmeer onderzocht. We wilden weten hoeveel van bepaalde chemische stoffen er in het water zitten. Deze informatie gebruiken we als een startpunt voor we beginnen met het versterken van de dijk. Als we later weer metingen doen, kunnen we zien wat het effect van de werkzaamheden is op de kwaliteit van het water.

Van januari tot juni 2023 hebben we op zes plekken langs de IJsselmeerdijk metingen gedaan. Deze plekken staan zijn te zien in Figuur 3.1. Bij elke plek hebben we gekeken hoeveel zuurstof er in het water zit, wat de temperatuur en de zuurgraad is, hoe goed het water geleidt en hoe ver je erdoorheen kunt kijken. Ook hebben we gekeken naar de hoeveelheid van verschillende elementen, zoals stikstof en fosfaat. De uitkomsten van deze metingen kun je op onze website vinden.



Figuur 3-1: Een kaart met de zes plekken langs de IJsselmeerdijk waar de kwaliteit van het water in het IJsselmeer is onderzocht.

4 Erosiebestendige overgangen

We willen de IJsselmeerdijk sterker maken zodat hij beter beschermt tegen overstromingen. We hebben een speciaal rekenprogramma gebruikt om te kijken of het nieuwe ontwerp van de dijk sterk genoeg is. Het blijkt dat de plekken waar de dijk verandert, zoals waar het gras overgaat in een weg, belangrijk zijn voor de sterkte. We weten nog niet precies hoeveel invloed dit heeft. Daarom hebben we in 2023 een test gedaan met de naam "Erosiebestendige overgangen". Er is ook een filmpje van deze test.

Dit project had twee doelen. Het eerste doel was om te kijken hoe sterk de overgangen nu zijn. Het tweede doel was om nieuwe manieren te testen om deze overgangen sterker te maken. De test heeft ons ook informatie gegeven over hoe sterk de grond en het gras van de dijk zijn.

We hebben verschillende testen gedaan. Eerst hebben we gekeken naar hoe de dijk nu is. Voor de zomer hebben we niets veranderd aan de dijk. Om ook te begrijpen hoe sterk de dijk is in de winter, hebben we het gras vier weken bedekt voordat we de test deden. Hierdoor werd het gras zwakker, net zoals in de winter.

We hebben de dijk blootgesteld aan veel nepgolven. Dit kun je zien in Figuur 4 1. De testen lieten zien dat de grond, die uit een soort klei bestaat, helpt om te voorkomen dat de dijk wegspoelt. Deze klei vertraagt ook het ontstaan van schade. Schade kwam het snelst op plekken waar de grond en het gras niet sterk waren, bijvoorbeeld door muizenholen. We zagen niet veel schade waar het gras overgaat in asfalt. Omdat het gras iets lager ligt dan het asfalt, vangt het asfalt de kracht van de golven op. Ook was het gras vaak vergroeid met het asfalt, wat de overgang sterker maakt.

We hebben ook vijf nieuwe ideeën getest om de dijk sterker te maken:

- **Bermverbandblokken:** Dit zijn blokken die je langs de weg legt om de berm stevig te maken. De blokken zijn veilig en je kunt deze opnieuw gebruiken.
- **Betonbanden met geogrid:** Dit zijn sterke randen van beton voor wegen. Deze helpen de weg goed te houden. Geogrid is een soort net dat de grond sterk maakt.
- **Extra verdichte klei:** Dit is klei die heel stevig is aangedrukt. Het laat minder water door en maakt de dijk steviger.
- **Geometrische afgeronde overgang:** Dit betekent dat de hoeken van de dijk afgerond worden. Dit maakt het sterker en ziet er beter uit. Voor dijken helpt het om alles goed in elkaar over te laten lopen.
- **Toepassing Novocrete:** Novocrete is een speciaal middel dat zand of klei heel sterk maakt. Het zorgt voor een goede fundering die lang meegaat.

Geen van deze nieuwe ideeën zorgde voor problemen. Maar het gras dat we terugplaatsten na het aanbrengen van de nieuwe ideeën, wortelde niet goed. Daardoor ontstond er sneller schade dan bij de dijk zoals hij nu is. De meeste schade was boven op de dijk. Pas later zagen we schade bij de overgangen.

Als laatste hebben we getest hoe sterk de asfaltweg op de dijk is. We dachten altijd dat als de golven het zand in de dijk bereiken, de dijk zou breken. Dit komt door het wegspoelen van het zand, wat we kliferosie noemen. We wisten niet of een asfaltweg dit kan voorkomen.

De test liet zien dat zelfs bij hele zware stormen de asfaltweg kliferosie kan tegenhouden. Pas toen we het zand tot drie meter onder de weg weghaalden, brak de asfaltweg. Hieruit concluderen we dat een

Projectgerelateerd

asfaltweg van zes meter breed en 0,25 meter dik kliferosie kan stoppen. Het wegspoelen van de binnenkant van de dijk leidt dus niet tot een doorbraak.

We gebruiken de resultaten van deze tests om de overgangen beter mee te nemen in de berekeningen van de sterkte van de dijk. Ook helpen ze ons om betere ontwerpen te maken voor de bovenkant en binnenkant van de dijk.



Figuur 4-1: Foto van de overslagproeven bij de IJsselmeerdijk.

5 Geohydrologisch onderzoek

Om de IJsselmeerdijk sterker te maken, hebben onderzoekers gekeken naar het water onder de grond. De onderzoekers wilden weten of het werk aan de dijk iets zou veranderen aan het water in de buurt en of het veilig zou blijven. Ze dachten dat als ze een geul in de bodem van het IJsselmeer graven, wat ze een 'cunet' noemen, het water onder de grond misschien anders gaat stromen. Dit kan ook de hoeveelheid water in de dijk zelf beïnvloeden.

De aannemer die de dijkversterking gaat maken, mag voor een deel zelf weten hoe hij dat doet. Hij kan een cunet graven, maar hij kan ook iets anders doen om de bodem van de dijk sterker te maken. Het graven van een cunet kan veel veranderen aan hoe het water onder de grond stroomt. Daarom is deze manier onderzocht. De bodem van de dijk kan ook sterker worden gemaakt door drainage. Hierbij worden buisjes in de grond geplaatst om het water sneller weg te laten lopen. Dat heeft meestal minder effect op het water in de grond en duurt niet zo lang. Bij beide manieren is het belangrijk dat het water niet de verkeerde kant op gaat. Als de aannemer buisjes gebruikt, moeten die niet te diep in de grond zitten.

Grond en waterstroming

Onderzoekers hebben gekeken naar de grond en het water in dit gebied. De grond bestaat uit klei en veen tot ongeveer 10 tot 12 meter onder het zeeniveau. Daaronder zitten lagen waar water doorheen kan stromen, maar soms zitten er ook laagjes tussen die het water tegenhouden. Water stroomt van het IJsselmeer naar deze lagen en dan naar de polder, waar het boven de grond komt. Dit heet kwel.

Effecten van cunet ontgraving

Als er een cunet wordt gegraven, dan wordt een deel van de bovenste grond weg gehaald. Wel moet er minstens 1 meter klei overblijven om het water tegen te houden. De klei kan het water ongeveer 100 dagen, of misschien wel 300 dagen, tegenhouden. Er is uitgerekend dat het water in de lagen eronder niet veel hoger komt als de klei er nog is. Als het laagje 300 dagen het water kan tegenhouden, is het effect nog kleiner. Dit betekent dat er niet veel water omhoog stroomt en dat het water in de dijk niet veel verandert. Als er een laagje dicht bij de oppervlakte zit dat het water tegenhoudt, kan het water daar wel wat hoger komen.

Vooroever

Als er materiaal wordt gebruikt dat het water niet goed doorlaat aan de voorkant van de dijk, verandert er bijna niets aan hoe het water door de grond stroomt. Daarom denken onderzoekers niet dat dit de hoeveelheid water in de dijk of het kwelwater verandert.

Aandachtspunten voor uitvoering

Er moet voor gezorgd worden dat er minstens 1 meter van de bovenste grondlaag blijft liggen. Als alles wordt weggehaald, kan dit een groot effect hebben op de druk van het water in en rond de dijk. Deze druk kan dan meer dan 50 cm toenemen, niet alleen in de dijk zelf, maar ook in het gebied ernaast. Dit is te zien tot ongeveer 3500 meter van de dijk. Met meetinstrumenten let waterschap Zuiderzeeland goed op om te zien of er geen grote veranderingen zijn. Dat zou kunnen betekenen dat er te veel van de bovenste grondlaag is weggehaald.

Voordat we het cunet vullen met zand, wordt er gekeken of de waterdruk niet te veel is gestegen. Als dat zo is, kan dat nog veranderen door een materiaal te gebruiken dat het water tegenhoudt. Dit is moeilijker als het cunet al vol zand zit, omdat dan de hele bovenkant afgedekt moet worden.

6 Geotechnisch onderzoek

Het doel van het onderzoek was om goed te kijken naar hoe de dijk en de bodem van het IJsselmeer in elkaar zitten, en hoe stevig de grond is. Dit onderzoek is gedaan door een onderzoeksbedrijf tussen maart 2023 en april 2024. Het was het vijfde grondonderzoek voor het sterker maken van de IJsselmeerdijk.

Het onderzoek bestond uit twee delen. Eerst is de grond met speciale apparatuur onderzocht in het gebied van het project. Daarna hebben onderzoekers in een laboratorium gekeken naar wat ze uit de grond hebben gehaald, om te zien hoe stevig de grond is en hoeveel het kan zakken. De onderzoekers hebben ook vijf kaarten gemaakt die laten zien hoe de grond onder de dijk eruitziet.

In het eerste deel hebben de onderzoekers op verschillende plekken langs de hele dijk metingen gedaan. Ze hebben 355 keer gemeten hoe stevig de grond is, waarvan 265 keer in het IJsselmeer op dieptes van -15 tot -20 meter onder het normale waterpeil (NAP). De andere 90 keer waren op het land, tussen -13 en -19 meter NAP. Ook hebben de onderzoekers 20 keer een gat geboord en grondmonsters genomen.



Figuur 6-1: Situatietekeningen van de verschillende boorvakken waarin grondboringen zijn uitgevoerd voor het geotechnisch onderzoek.

In het tweede deel hebben de onderzoekers 518 grondmonsters onderzocht en beschreven. Ze hebben gekeken hoeveel de grond weegt als het nat en droog is, wat voor soort grond het is, en hoeveel plantenresten erin zitten.

Met de informatie van de metingen en de monsters hebben de onderzoekers bepaald hoe de grond onder de dijk is opgebouwd en wat de eigenschappen zijn. Dit hebben ze laten zien in vijf kaarten. Op de kaarten kun je zien hoe de grond onder de dijk eruitziet op verschillende plekken, zoals bij de sloot aan de voet van de dijk, boven op de dijk, en op verschillende afstanden van de kant van het water.

Projectgerelateerd

De kaarten laten zien dat de grond bij de Baaidijk en Meerdijk-Zuid bestaat uit dunne lagen veen en veel klei. Over het algemeen is er een laag zand van ongeveer twee meter dik vanaf -5 meter NAP, die overgaat in een laag veen van ongeveer 0,5 tot 1 meter dik. Onder deze veenlaag is er klei van -8 tot -11 meter NAP, die verandert van een lichte, plantenrijke klei naar een zware, kalkrijke klei. Er is ook een dunne veenlaag die het pakket afsluit. Bij Meerdijk-Noord en de Ketelbrug is de grond anders, met meer zand- en veenlagen. Ten zuiden van de Maxima-centrale vinden we zandlagen van de laatste ijstijd vanaf -11,5 meter NAP.

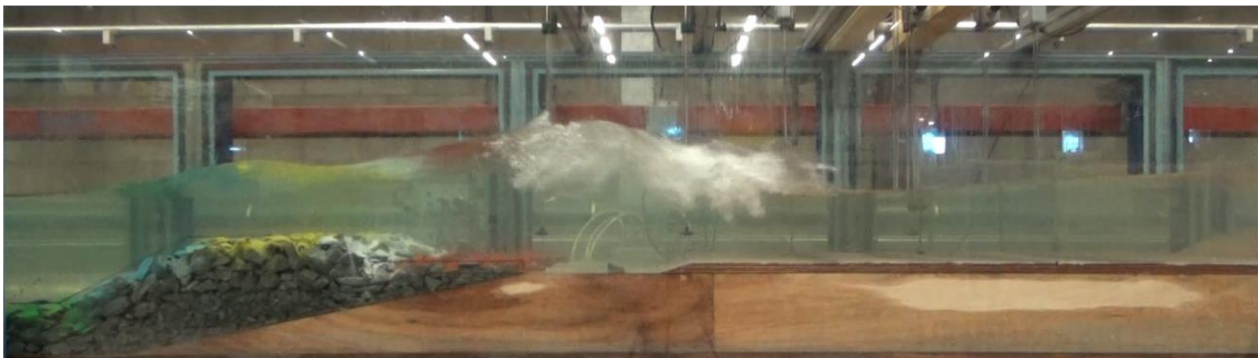
Als we kijken naar de grond ten noorden van de Maxima-centrale, zien we dat het anders is. Daar is eerst ook een laag zand vanaf -5 meter NAP, die overgaat in silt en/of klei vanaf -6 meter NAP. Soms is er een laag veen rond -7,5 meter NAP, maar soms zien we die pas op -9 meter NAP. Bij de Ketelbrug is er maar één veenlaag, en gaat het veen over in zandlagen van de laatste ijstijd rond -9,5 meter NAP. In andere boringen zien we meer afwisseling, met twee veenlagen en een kleilaag ertussen die vooral uit lichte klei bestaat. Direct ten noorden van de Maxima-centrale zien we beide soorten klei, maar de onderste veenlaag ontbreekt. Vanaf -10 meter NAP zien we de overgang van de huidige grondlagen naar de zandlagen van de laatste ijstijd. Dit betekent dat ten noorden van de Maxima-centrale de laag met de jongste grondlagen dunner is dan ten zuiden van de Maxima-centrale.

Tot slot hebben de onderzoekers ook gekeken naar wat voor soorten grond er zijn. Er zijn vijf verschillende soorten gevonden: een kleilaag die we kunnen verdelen in een lichte, plantenrijke klei en een zware, kalkrijke klei, een laag van silt en klei, en twee veenlagen. De diepere veenlaag heeft minder water. Met de informatie is het ontwerp van de vooroever beter gemaakt.

7 Golfgootproeven

De dijk bij het IJsselmeer wordt op veel plekken sterker gemaakt. Dit doen we door een soort dam van stenen voor de dijk te bouwen. Tussen de dijk en de dam wordt een soort zandplaat gemaakt. Dit noemen we een vooroever. Dit is een nieuwe manier van dijkversterking in Nederland. Er zijn nog geen vaste regels voor hoe dit moet. Daarom is het lastig om goed te berekenen dat deze nieuwe dam de dijk veilig genoeg maakt tegen het water. Met golfgootproeven kan dat wel bewezen worden.

Om te begrijpen hoe de nieuwe dam werkt, hebben we een schaalmodel gemaakt. We hebben gekeken hoe verschillende dingen, zoals de grootte van de stenen en hoe hoog de dam is, de dam beïnvloeden. We hebben dit model getest met golven in een speciale bak. Zo konden we zien wat er gebeurt als we iets aan het ontwerp veranderen. Met deze informatie hebben we de regels voor het bouwen van de dam beter gemaakt.



Figuur 7-1: Een foto van een golf in de golfgoot die over een schaalmodel van de vooroeverlangsdam rolt.

We hebben drie schaalmodellen van de dam getest. We keken hoe stevig de stenen waren op verschillende plekken van de dam. Grote stenen bleven beter liggen dan kleine stenen. Als de dam hoger was, was er meer schade. Deze tests hielpen ons om de dam beter te ontwerpen.

We hebben ook gekeken hoe de dam de golven beïnvloedt. We deden dit door het model vast te zetten zodat de stenen niet konden bewegen. We veranderden hoe breed en hoe hoog de dam was in de modellen. We ontdekten dat een vooroever van 60 meter breed de golven het beste tegenhield. Een dam die onder het wateroppervlak ligt, werkte ook goed. We hebben veel geleerd over hoe de dam de golven beïnvloedt. Dit laat zien dat de dam kan helpen om kleinere golven te maken bij de dijk. Bij rustig weer hebben we liever dat de dam wat boven water uitsteekt. Dat is beter voor de natuur en voor scheepvaart.

Daarom deden we nog een test met een model van de uiteindelijke dam die een halve meter boven water uitsteekt. We wilden weten hoe goed de dam werkt tijdens verschillende stormen. We keken hoeveel water over de dijk kwam en hoe hoog de golven waren. De uiteindelijk geteste dam en vooroever blijken de IJsselmeerdijk weer helemaal veilig te maken. Deze informatie gebruiken we als uitgangspunt voor de versterking van de dijk.

8 Lichtonderzoek

Om de IJsselmeerdijk goed te versterken, moeten we letten op licht dat misschien stoort tijdens de uitvoering. Waterschap Zuiderzeeland wil niet dat de overlast van licht toeneemt door de dijkversterking. Er is onderzoek gedaan om dit te bekijken.

Op dit moment zijn er lichten bij de dijk voor de weg, terreinen, voertuigen en gebouwen. De lichten op deze plekken zijn niet heel fel. Er zijn ook niet veel lichten. De lichten staan ook ver van huizen en in het verleden heeft niemand geklaagd. Daarom denken onderzoekers dat licht nu geen probleem is voor bewoners.

Voor de versterking van de IJsselmeerdijk worden er geen nieuwe lichten geplaatst. Oude lichten worden terug op hun plek gezet. Nieuwe lichten kunnen beter zijn doordat ze minder energie gebruiken of minder licht de lucht in schijnen. Onderzoekers denken dat er door de nieuwe lichten geen nieuwe klachten komen.

9 Meetcampagne IJsselmeer

Van mei 2023 tot maart 2024 hebben we onderzoek gedaan in het IJsselmeer. We wilden drie dingen weten: hoe het water beweegt, hoe de golven zijn en hoe schoon het water is. We hadden informatie nodig voor onze computermodellen. Deze modellen helpen ons te begrijpen wat er kan gebeuren als we de dijken sterker maken. De informatie die we hebben verzameld, helpt ons om een beter plan te maken voor de dijk.

We hebben vier meetapparaten op de bodem van het IJsselmeer geplaatst en ook één paal met meetapparatuur. Deze apparaten hebben ons verteld hoe het water stroomt, hoe hoog en welke kant de golven op gaan, en of het water schoon is. We hebben ook een weerstation op de paal gehad om het weer bij te houden. Soms hebben we ook met een boot metingen gedaan, bijvoorbeeld om de temperatuur van het water bij de Maxima-centrale te meten.

We hebben alle gegevens die we hebben verzameld goed bekeken. Waterschap Zuiderzeeland gebruikt deze gegevens om een goed beeld te krijgen van hoe het nu is met het water. Ook helpt het hen om hun computermodellen beter te maken, zodat ze de dijkversterking goed kunnen plannen. De gegevens die we hebben verzameld, kun je vinden op de website van waterschap Zuiderzeeland.

10 Milieukundige onderzoeken

We werken aan het sterker maken van de IJsselmeerdijk. Hierbij halen we oude grond en asfalt weg en leggen we nieuwe neer. We willen weten of we deze materialen opnieuw kunnen gebruiken. Daarom kijken we naar wat erin zit. Als er vervuiling in zit, halen we die er veilig uit. Als de materialen schoon zijn, kunnen we ze weer gebruiken. Dit is beter voor het milieu.

We hebben zes onderzoeken gedaan om te zien of er vervuiling in de grond zit. Deze onderzoeken hebben we gedaan op verschillende plekken van de dijk:

- Waar nu asfalt op de dijk ligt;
- Waar de dijk nu verhard is;
- De bodem waar later de vooroever en het cunet komen;
- De bodem van het nieuwe cunet;
- De bodem van de dijk zoals die nu is.

Hieronder vertellen we wat we bij elk onderzoek hebben gevonden.

10.1 De asfaltlaag aan de buitenkant van de dijk

We zijn bezig met het verbeteren van de IJsselmeerdijk en we vervangen het hele pad dat we gebruiken om de dijk te inspecteren. Hierdoor komt er oud asfalt en materiaal van de fundering vrij. We hebben onderzoek gedaan om te zien of we dit materiaal opnieuw kunnen gebruiken. Eerder, in 2018 en 2022, hebben we soortgelijke onderzoeken gedaan, maar de uitkomsten waren niet hetzelfde. Daarom heeft waterschap Zuiderzeeland besloten om nog eens goed te kijken naar wat er in het asfalt zit. We hebben het asfalt en de grond eronder opnieuw onderzocht, en dit keer ook gekeken hoe het eruitziet. Dit hebben we gedaan voor het hele pad en de wegen die naar het pad leiden.

Uit dit onderzoek blijkt dat de grond onder het pad verschillend is. We hebben gaten geboord en gezien dat de grond uit een mix van baksteen, zand en leem bestaat. De dikte van deze lagen is niet overal hetzelfde. We hebben geen vreemde materialen in de grond gevonden.

Daarna hebben we in een laboratorium gekeken of er teer in het asfalt zit. We hebben hiervoor op 12 plekken geboord, over het hele pad en de wegen. Het asfalt aan de noordkant van de Maxima-centrale is schoon en kan opnieuw gebruikt worden. Maar het pad aan de zuidkant van de Maxima-centrale tot aan de Flevo Marina heeft teer in het asfalt. Alleen de bovenste laag van 7 centimeter is schoon. Het asfalt ten zuiden van de Flevo Marina is ook schoon en kan helemaal opnieuw gebruikt worden.

Op de meest noordelijke weg naar de Flevo Marina hebben we teer gevonden. Dit asfalt kunnen we niet opnieuw gebruiken. Maar op de zuidelijke weg was geen teer, dus dat asfalt kunnen we wel hergebruiken.

Samenvattend, de grond onder het inspectiepad en de wegen is verschillend, maar we hebben geen vreemde materialen gevonden. Het meeste asfalt is schoon en kan opnieuw gebruikt worden. De uitzonderingen zijn de onderste laag van het pad tussen de Maxima-centrale en de Flevo Marina en de noordelijke weg naar de Flevo Marina.

Als laatste hebben we ook het asfalt op de landtong bij de Ketelbrug onderzocht. Hier hebben we geen vervuiling in de grond gevonden. Maar ongeveer een derde van het asfalt heeft teer en kan niet hergebruikt worden.

10.2 De asfaltlaag aan de binnenkant van de dijk en de stenen

Aan de binnenkant van de dijk en waar de stenen liggen, gaan we sommige delen vervangen. We denken dat we dit oude materiaal opnieuw kunnen gebruiken. Om te kijken of het niet vervuild is, hebben we goed gekeken naar de stenen en het asfalt.

We hebben ontdekt dat we de materialen die vrijkomen bij het veranderen van de stenen op de dijk, opnieuw kunnen gebruiken. We hebben geen verklaring nodig dat zegt dat de grond schoon is, als we de materialen in de buurt op dezelfde manier gebruiken zonder dat ze anders worden. Materialen die geen vaste vorm hebben zoals grind mogen we ook opnieuw gebruiken zonder zo'n verklaring, zolang de materialen maar niet van eigenaar veranderen. Als de situatie anders is, hebben we wel zo'n verklaring nodig om te laten zien dat de materialen schoon zijn.

Voor het asfalt aan de binnenkant van de dijk geldt dat we het misschien opnieuw kunnen gebruiken. Maar we kunnen de kleeflaag met teer erin niet opnieuw gebruiken.

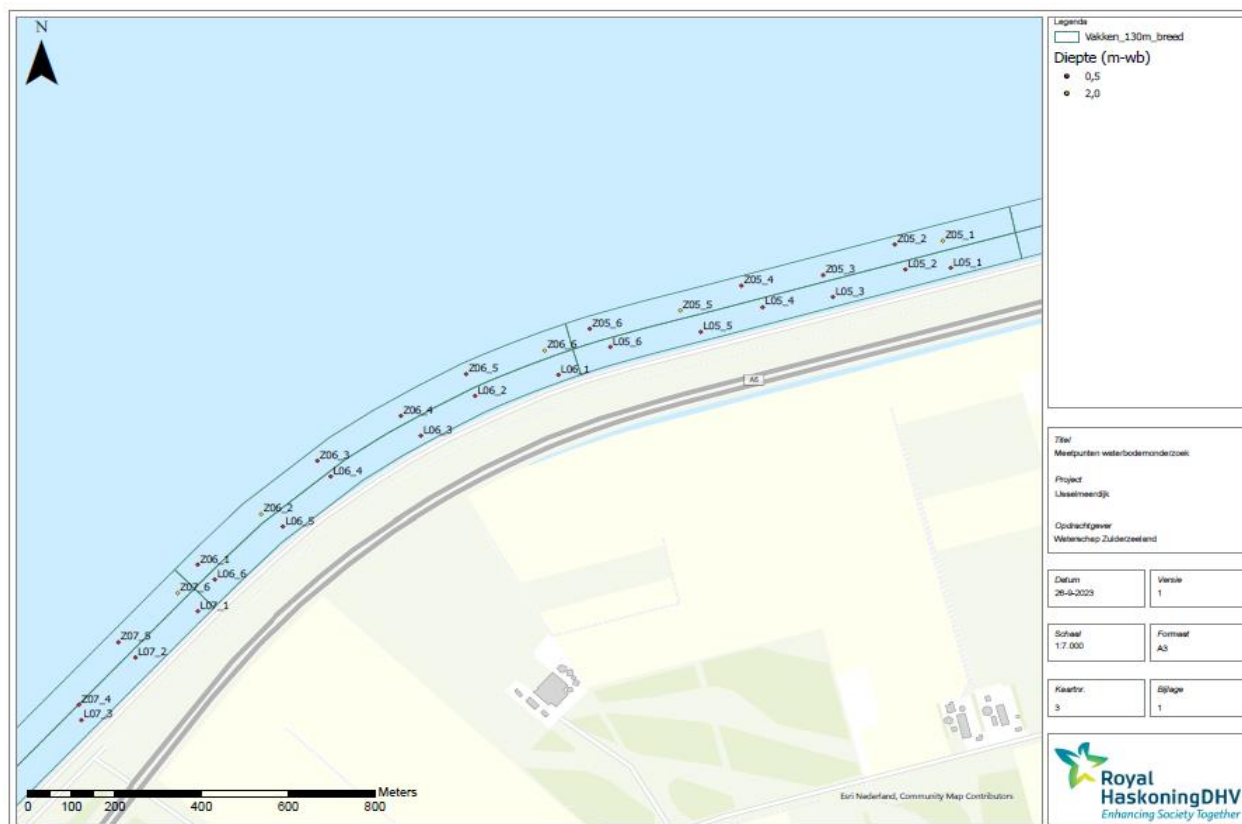
10.3 Bodem op de locatie van de toekomstige vooroever

We gaan een nieuwe vooroever maken tussen de dam en de IJsselmeerdijk. Daarvoor leggen we nieuw zand, klei of slib op de bodem van het IJsselmeer. Deze bodem noemen we de ontvangende waterbodem. De kwaliteit van deze bodem bepaalt hoe schoon het nieuwe zand, klei of slib moet zijn. We hebben dit onderzocht met een waterbodemonderzoek.

Dit onderzoek deden we in twee delen. Eerst keken we wat we al wisten over de bodem. We vonden geen grote problemen. Er zijn ook geen aanwijzingen voor een grote vervuiling op één plek, wat we een puntbron noemen. Maar er kan wel wat vervuiling zijn die verspreid is over de hele bodem, dit noemen we "diffuse belasting".

Om te zien hoeveel vervuiling er is, hebben we veel gaten geboord in de bodem en de grond onderzocht. We keken naar wat erin zit en of er vervuiling is.

We ontdekten dat de bovenste laag van de bodem uit zand, klei of slib bestaat, afhankelijk van waar we boren. Er is geen plek waar te veel PFAS is gevonden. De vervuiling is niet overal hetzelfde. Het meeste van de plek van de vooroever is schoon. Op die plekken moet het nieuwe zand, klei of slib net zo schoon zijn. Een paar plekken ten noorden van de Maxima-centrale en vlak bij de zuidkant van de centrale zijn een beetje vervuild. Het nieuwe materiaal moet daar net zo schoon zijn of schoner. Er zijn ook drie plekken ten noorden van de Maxima-centrale waar iets meer vervuiling is. Ook daar moet het nieuwe materiaal net zo schoon zijn of schoner.



Figuur 10-1: Een kaart met de verdeling van de boringen voor het waterbodemonderzoek bij de IJsselmeerdijk.

10.4 De grond waar het cunet komt

Bij het maken van de nieuwe vooroeverdam graven we een gleuf, het cunet, dat we vullen met zand. Dit zand helpt de dam stevig te houden. We willen het zand dat we uitgraven misschien opnieuw gebruiken. Daarom hebben we gekeken wat er in het zand zit en of het schoon is.

We vonden dat het zand uit de gleuf bestaat uit slib, klei, zand en veen. We hebben het zand in drie groepen verdeeld: 'Niet vervuild', 'Een beetje vervuild' en 'Wat meer vervuild'. Bij sommige stukken zand lijkt het alsof er meer vervuiling is, maar dat komt door de manier waarop we meten. Alleen bij één plek, ten zuiden van de Maxima-centrale, vonden we een stof die niet goed is. Die grond is niet goed opnieuw te gebruiken. Maar dat is waarschijnlijk een uitzondering. Over het algemeen kunnen we het zand dat we uitgraven opnieuw gebruiken.

10.5 De grond van de huidige dijk

We gaan de IJsselmeerdijk sterker maken bij de Maxima-centrale. We hebben onderzocht wat de regels zijn voor het verplaatsen van de grond daar. Uit ons onderzoek blijkt dat de grond niet te veel vervuild is. Er zijn ook geen dingen gebeurd in het verleden die de grond vervuild hebben. Op de bodemkwaliteitskaart staat dat de grond uit het gebied geschikt is voor landbouw en natuur.

De grond die we gebruiken voor het sterker maken van de dijk moet ook geschikt zijn voor landbouw en natuur. Voor een bepaalde groep stoffen, PFAS, betekent dit dat er niet meer dan 0,9 microgram per kilo van de stof PFOS in mag zitten en niet meer dan 0,8 microgram per kilo van andere PFAS-stoffen. De

grond die we verplaatsen bij het werken aan de dijk, kunnen we weer terugleggen als het aan deze regels voldoet. Grond die we even weghalen, mogen we ook weer terugleggen op dezelfde plek of dichtbij.

11 Natuuronderzoeken

De versterking van de IJsselmeerdijk heeft invloed op de planten en dieren in het gebied. Om te weten welke planten en dieren er zijn, zijn er onderzoeken gedaan. Hieronder staan de resultaten van deze onderzoeken.

11.1 Planten

Van mei tot augustus 2023 is de IJsselmeerdijk negen keer onderzocht op planten. Hierbij is gekeken naar bijzondere en zeldzame planten. Dit zijn planten die beschermd zijn volgens de Omgevingswet, planten op de Rode Lijst van Nederlandse plantensoorten, en planten die hier niet van nature voorkomen (exoten).

De dijkversterking geeft ook kansen om waardevolle planten na de versterking opnieuw te gebruiken. Daarom is ook gekeken naar planten die vallen onder het Subsiestelsel Natuur en Landschap. Dit zijn planten die horen op kruiden- en faunarijk grasland en glanshaverhooiland. Ook is gekeken of deze planten in de afgelopen vijf jaar eerder zijn gezien en zijn opgeschreven in een Nationaal overzicht.

Uit het onderzoek blijkt dat er drie exoten en zes Rode Lijst-soorten op de IJsselmeerdijk zijn. Er zijn geen beschermde soorten gevonden. Wel zijn er vijf soorten gevonden die horen bij kruiden- en faunarijk grasland en 14 soorten voor glanshaverhooiland.

11.2 Graszode en graslandtype

De dijk is nu vooral bedekt met gras. We moeten weten hoe goed de graszode is om te beslissen of delen van de dijk sterk genoeg zijn. Dit helpt ook bij het maken van een goed plan voor biodiversiteit en beheer van de IJsselmeerdijk. Als de graszode goed is voor biodiversiteit, kan deze gebruikt worden als nieuwe toplaag op andere plekken. Deze toplaag kan dan zaden leveren. Daarom is het belangrijk om de kwaliteit van de graszode te testen. In maart 2023 is een stuk graszode getest op sterkte en dichtheid.

Daarnaast is gekeken welk type grasland op de dijk groeit. Dit is een nulmeting om later te zien of de biodiversiteit is verbeterd. In het voorjaar en de zomer van 2023 is op verschillende plekken de vegetatie bekeken.

De conclusie is dat de graszode over de hele dijk goed is. Het gras is overal dicht en sterk, en muizen en mollen hebben weinig invloed. De meeste plekken vallen onder het graslandtype Glanshaverhooiland H1, omdat er minder dan 20 verschillende soorten per plek zijn. Bij meer dan 20 soorten zou het type H2-H3 zijn.

Om de dijk biodiverser te maken, kunnen we kruiden zaaien die hier van nature horen. Op plekken waar de dijk versterkt wordt, kan dit door de grond met een kruiden/grasmengsel in te zaaien. Op plekken waar de graszode blijft, is alleen zaaien niet genoeg. Daar is meer beheer nodig om gras en mos te weg te houden, of de dijk moet gefreesd worden.

11.3 Zoogdieren

Uit een vooronderzoek bleek dat de IJsselmeerdijk mogelijk het leefgebied is van de bever, otter, boom- en steenmarter, das en kleine marterachtigen. Dit zijn beschermde dieren volgens de Omgevingswet. Om te weten of deze dieren op de dijk leven, is een onderzoek in twee delen gedaan.

In het eerste deel is gekeken naar sporen van deze dieren op plekken waar de kans groot was om ze te vinden. Dit was aan de binnenkant van de dijk. Het onderzoek liet zien dat er bevers zijn op twee plekken. Dit was te zien aan hun holen, burchten en knaagsporen.

In het tweede deel zijn cameravallen en sporenbuizen gebruikt om kleine marterachtigen te vinden. Dit onderzoek toonde aan dat er boommarter, bunzing en wezel in het gebied zijn. Het is niet zeker, maar steenmarter en hermelijn kunnen er ook zijn.

11.4 Vleermuizen

In Nederland zijn alle vleermuizen beschermd. Daarom willen we weten hoe belangrijk de IJsselmeerdijk is voor vleermuizen. Het IJsselmeer is ook een belangrijk gebied voor de meervleermuis.

In 2023 is onderzocht welke vleermuizen er zijn door naar hun geluiden te luisteren. Op vier plekken zijn apparaten geplaatst die een maand lang geluiden hebben opgenomen in het voor- en najaar. Ook is vier avonden met een vleermuisdetector over de dijk gereden tussen Lelystad en de Ketelbrug.

Het onderzoek vond zeven soorten vleermuizen. De gewone en de ruige dwergvleermuis werden het meest gezien. In het najaar was de gewone dwergvleermuis vooral in het zuiden van de dijk bij de Flevo Marina. De ruige dwergvleermuis werd overal op de dijk gevonden. Alle soorten werden vaker gehoord in het najaar dan in het voorjaar. Waarschijnlijk gebruiken alle soorten de dijk als vliegroute en om voedsel te zoeken. De dijk kan ook een belangrijke trekroute zijn voor de ruige dwergvleermuis, rosse vleermuis, tweekleurige vleermuis en meervleermuis. Maar het is mogelijk dat sommige waarnemingen van dieren waren die uit de omgeving kwamen.

11.5 Broedvogels

In Nederland zijn alle broedende vogels en hun nesten beschermd als deze in gebruik zijn. Sommige nesten zijn het hele jaar door beschermd, ook als de vogels niet broeden. Andere nesten zijn alleen beschermd tijdens het broedseizoen.

Broedende vogels kunnen overal zijn. Van maart tot juni 2023 is het hele gebied vier keer onderzocht op nesten van vogels met nesten die het hele jaar beschermd zijn. Ook is gekeken naar nesten van vogels op de Rode Lijst.

Uit het onderzoek blijkt dat er een buizerd een nest heeft bij de Flevo Marina. Dit nest ligt net buiten het gebied, maar verstoring kan toch invloed hebben. Rode Lijst-soorten die mogelijk op de IJsselmeerdijk broeden zijn de gele kwikstaart, kneu en oeverloper. De huiszwaluw broedt zeker aan de zuidkant van de Maxima-centrale. Bij het werk aan de IJsselmeerdijk moet rekening worden gehouden met deze broedvogels en andere soorten. Dit kan door buiten het broedseizoen te werken of door maatregelen te nemen die voorkomen dat vogels in het gebied gaan broeden.

11.6 Watervogels

Het is belangrijk om te weten welke watervogels er zijn en hoeveel, om twee redenen. Ten eerste is het IJsselmeer een belangrijk gebied voor 30 soorten niet-broedvogels (Natura 2000-gebied). Bij het versterken van de dijk moet hiermee rekening worden gehouden. Ook is er gekeken of er extra vogels in de buurt van de windturbines van Windplanblauw komen.

Van april 2023 tot maart 2024 is het water tot 530 meter van de dijk onderzocht op watervogels. Vanaf oktober 2023 zijn ook elke maand vliegbewegingen van watervogels in de avondschemering met radar bekeken. De radar stond op de dijk tussen de Maxima-centrale en de bocht in de IJsselmeerdijk.

In het voorjaar zijn er weinig watervogels in het gebied, meestal minder dan 100 van dezelfde soort. Vooral visetende vogels zoals aalscholvers, futen en visdieven komen voor. In de zomer en nazomer zijn er meer watervogels, vooral futen, kuifeenden en aalscholvers. Deze vogels gebruiken het gebied om te ruien. Vogels die waterplanten eten, zijn er dan bijna niet.

In de periode van najaar en de winter zijn er vooral in oktober veel watervogels, daarna minder. In oktober zijn er veel futen. In november en december zijn er weinig kuifeenden. De meeste vogels zitten in het midden van de dijk, minder in het noorden en zuiden. De meeste ruiende futen zijn in het noordelijke deel van de dijk.

Vliegbewegingen van watervogels zijn met radar en door onderzoekers zelf bekeken. Slechts een paar soorten vliegen regelmatig. Aalscholvers vliegen vaak in groepjes over het water langs de dijk, meestal lager dan 40 meter. Soms vliegen ze tussen binnen- en buitendijkse gebieden, vooral bij Kamperhoek. Slechts een paar keer vlogen aalscholvers tussen de windmolens door van Windplanblauw.

Ook de grote zaagbek vliegt in de avondschemering langs de dijk, waarschijnlijk tussen de plak waar hij voedsel vindt en slaapt. Ze vliegen meestal lager dan 40 meter. Wilde eenden en krakeenden vliegen in de schemering vanaf het water over de dijk naar binnendijkse gebieden. Opvallend is dat kuifeenden bijna niet vliegen en er ook weinig zijn.

11.7 Vissen

De visstand langs de dijk is onderzocht met electrovissen. In augustus en oktober 2023 is op vijf plekken een stuk van 250 meter lang en 1,5 tot 2 meter breed gevist met een electrovisapparaat. De gevangen vissen zijn gemeten en daarna teruggezet in het water. Ook is nagevraagd welke vissen in het visretoursysteem van de Maxima-centrale zijn gezien.

Bij de Houtribsluizen is een glasaaldetector geplaatst, maar deze heeft geen glasaal gevonden. Dit kwam onder andere doordat een deel van de tijd de sluizen open stonden en de vissen daardoor naar de sluizen gingen. Maar ook als de sluizen dicht waren hebben we geen glasaal gevangen. Dat komt omdat er weinig glasalen in dit deel van het IJsselmeer leven. Daardoor is het lastig om ze te vangen.

In totaal zijn 430 vissen gevangen: 226 in augustus (8 soorten) en 204 in oktober (5 soorten). De meest gevangen vis was de zwartbekgrondel, gevolgd door de aal. Deze vissen leven graag tussen de stenen van de dijk. Andere gevangen vissen waren baars, blankvoorn, winde, brasem en marm grondel. Deze soorten leven liever in rustiger water. De aantallen zwartbekgrondels en alen zijn hetzelfde bij andere stenen oevers zoals bij Trintelzand en Kornwerderzand.

In het visretoursysteem van de Maxima-centrale zijn sinds januari 2017 13 vissoorten gevonden. Alver, bot, ruisvoorn en winde zijn soms gezien. Baars, blankvoorn, driedoornige stekelbaars en

zwartbekgrondel zijn in meer dan de helft van de keren gevonden dat is gekeken. Vooral jonge baarzen en snoekbaarzen kwamen veel voor. Ook driedoornige stekelbaarzen waren soms in grote aantallen aanwezig.

11.8 Waterplanten

Rijkswaterstaat onderzoekt elke drie jaar waterplanten tot een diepte van drie meter in het IJsselmeer. Het stuk tussen de Houtribsluizen en de Maxima-centrale is in 2020 voor het laatst onderzocht. Het stuk tussen de Maxima-centrale en de Ketelbrug is nooit onderzocht. Daarom is op 10 augustus 2023 een inventarisatie van de onderwaterplanten langs deze stukken gedaan.

Voor dit onderzoek is op dezelfde plekken als het visonderzoek een werphark gebruikt. De hark werd op verschillende afstanden van de dijk naar beneden gegooid en daarna achter de boot gesleept. Planten die in de hark kwamen, werden verzameld en hun naam werd bepaald. Ook is per plek met een onderwatercamera de bodem bekeken om gemiste planten te vinden.

In 2020 vond Rijkswaterstaat zeven soorten waterplanten. Deze planten groeiden alleen langs beschutte delen van de dijk. Langs het onbeschutte deel tussen Flevo Marina en de Maxima-centrale groeien geen waterplanten. Dit werd bevestigd door het onderzoek in augustus 2023.

11.9 Kiezelalgen

Kiezelalgen, en algen in het algemeen, helpen CO₂ uit de lucht te halen. Een goed aantal kiezelalgen helpt zo een beetje mee om de uitstoot van de dijkversterking te compenseren. Ze zijn ook belangrijk voor de ontwikkeling van het leven aan de vooroever van de dijk.

Kiezelalgen reageren snel op veranderingen in zijn omgeving en worden daarom gezien als een waarschuwingssysteem. Ze zijn makkelijk te verzamelen en te bekijken, en daarom goed om de waterkwaliteit en biodiversiteit te bepalen.

Op acht plekken in het gebied zijn monsters genomen, twee per plek. De plekken zijn gekozen waar het grootste deel van het jaar water staat. Ook zijn er twee referentiemonsters genomen bij de toekomstige locatie van vooroever Meerdijk-Noord.

In totaal zijn 78 soorten kiezelalgen gevonden. De meest voorkomende soorten zijn *Diatoma vulgare* en *Cymbella compacta*. *Navicula gregaria*, *N. tripunctata* en *Nitzschia dissipata* kwamen op zeven van de acht plekken voor. 78% van de soorten zijn algemeen in Nederland. Zeldzame soorten werden in lage aantallen gevonden. Over het algemeen is de waterkwaliteit weinig tot een beetje voedsel in het water.

11.10 Korstmossen

In april 2023 is een onderzoek naar korstmossen gedaan. Er zijn 99 soorten korstmossen en 5 soorten korstmosparasieten gevonden op de IJsselmeerdijk. Op de dijk groeien veel bijzondere korstmossen op stenen. Elf soorten staan op de Nederlandse Rode Lijst. Negentien soorten zijn landelijk zeldzaam of zeer zeldzaam.

Sommige korstmossen op de IJsselmeerdijk komen speciaal voor in het gebied waar het water tegen de dijk opspat. De IJsselmeerdijk is de enige plek in Nederland waar waterkrijtkorst voorkomt. Een grote groep groeit tussen de Maxima-centrale en de Ketelbrug. Bruine waterstippelkorst komt ook veel voor in de onderkant van de dijk.

Op het basalttalud en de granieten sierstrook groeien veel korstmossen die veel voorkomen op zure natuursteen. Deze korstmossen groeien langzaam en verspreiden zich slecht. Ze komen vooral voor op plekken waar natuursteen lang blijft liggen zonder eraan te zitten.

Om deze korstmossen te behouden, is het belangrijk om bij dijkversterkingen het natuursteen te laten liggen, te hergebruiken of nieuw zuur natuursteen te plaatsen. Basalton en andere fabrieksgemaakte stenen zijn niet zuur genoeg en ongeschikt voor deze korstmossen. Het gebruik van deze stenen maakt de dijk ongeschikt voor bijzondere korstmossen.

11.11 Insecten

Insecten zijn belangrijk voor de biodiversiteit op aarde. Dijken kunnen helpen deze diversiteit te behouden door hoe ze worden ingericht en beheerd. Het is niet mogelijk en niet nodig om alle insecten op de dijk te onderzoeken. Daarom is gekeken naar vijf groepen: wilde bijen, zweefvliegen, dagvlinders, sprinkhanen en libellen.

Langs de 18 km lange dijk zijn zes plekken gekozen. Deze plekken hebben verschillende soorten planten. Elke plek bestaat uit vakken van 200 meter lang en 4 tot 6 meter breed. Een plek heeft acht vakken. Op sommige plekken was dit niet mogelijk omdat de dijk te smal was. De onderzoeken vonden plaats van april tot augustus 2023.

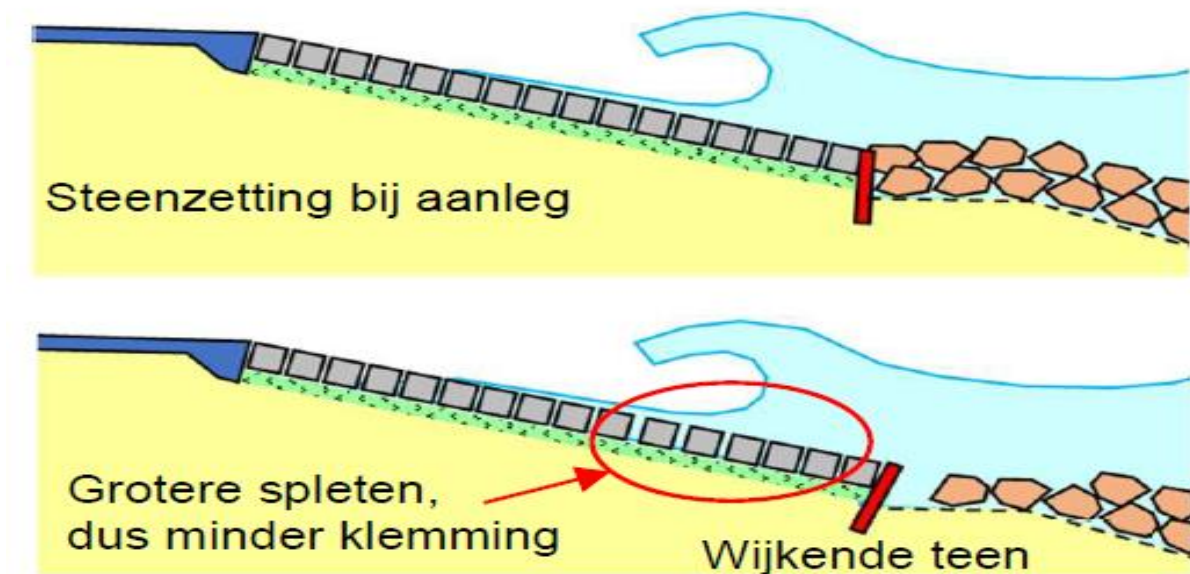
Tijdens het onderzoek zijn ongeveer 120 soorten insecten gevonden op de IJsselmeerdijk. Niet alle soorten zijn herkend, dus het exacte aantal is onzeker. Er waren meer soorten in het zuiden dan in het noorden. Dit komt doordat schapen in het noorden veel grazen, wat het gebied minder interessant maakt voor insecten. In het zuiden was er meer afwisseling ook buiten het onderzoeksgebied. Hierdoor werden daar soorten gevonden die graag in bosgebieden leven.

Bijzondere waarnemingen waren de koninginnenpage, veel bruin blauwtjes, de streepcitroenzweefvlieg en honderden tot duizenden aardhommels en honingbijen op grote engelwortels onderaan de dijk.

13 Teenconstructie

Dijken met stenen aan de buitenkant hebben onderaan een speciale constructie, die we een 'teenconstructie' noemen. In Nederland maken we deze meestal van houten palen en planken, met stenen aan de buitenkant voor steun. Je kunt zien hoe dit eruitziet in een tekening bovenaan in Figuur 13-1.

Tot nu toe baseren we het ontwerp van deze teenconstructies op wat we al weten uit ervaring. Dit gaat meestal goed, maar we weten niet precies hoe deze constructies reageren als het weer heel slecht is. Daarom hebben we onderzoek gedaan. We wilden weten hoe belangrijk de stevigheid van de teen is voor de stabiliteit van de stenen. Met deze kennis kunnen we de dijken, zoals de IJsselmeerdijk, beter maken.



Figuur 13-1: Een tekening van een dijk met een teenconstructie (boven) en het probleem dat ontstaat wanneer de teenconstructie niet meer werkt (onder)

Uit testen en berekeningen blijkt dat als de teen een beetje beweegt, de stenen minder stabiel zijn dan wanneer de teen helemaal niet beweegt. We hebben gekeken hoeveel dit uitmaakt voor de hoogte van de golven die de stenen aankunnen voordat ze kapotgaan.

De resultaten van het onderzoek zijn:

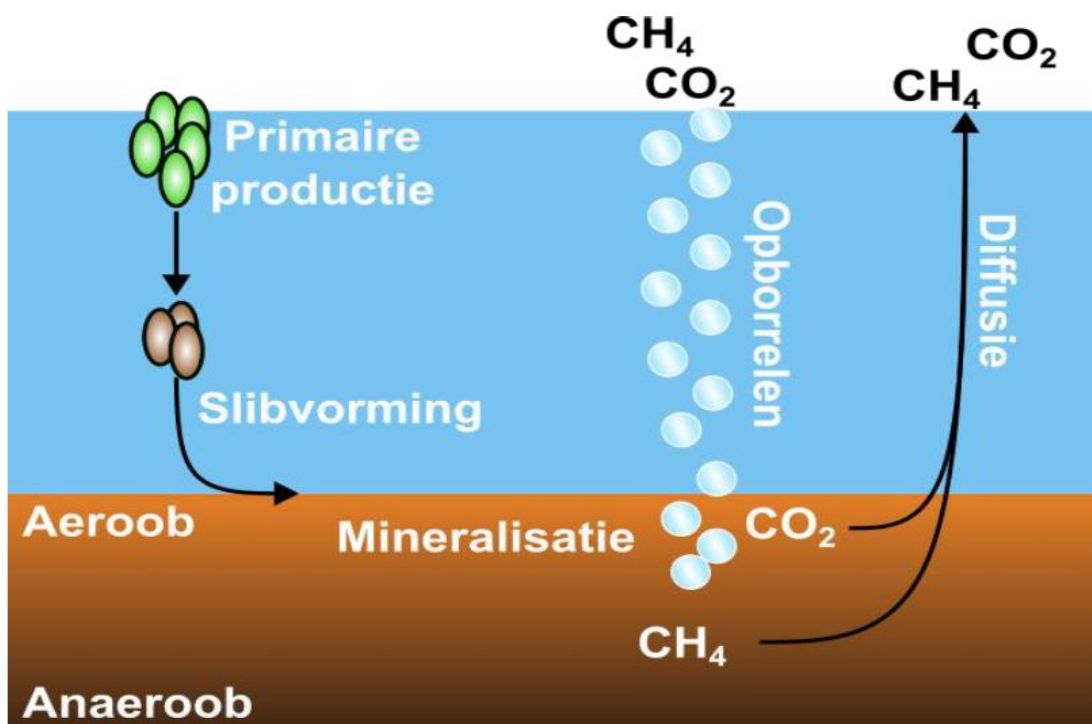
- Als de teenconstructie 6 cm beweegt, kan het zijn dat de stenen al breken bij golven die 13% lager zijn. Dit hebben we getest met Hydroblocks onder de teenconstructie.
- Als de teen minder beweegt, kunnen de stenen grotere golven aan zonder kapot te gaan.
- Als de teen meer dan 6 cm beweegt, is het niet meer zeker of de stenen heel blijven. Dat is niet veilig, dus dat raden we af.

Met deze resultaten hebben we nieuwe regels gemaakt voor het ontwerpen van de IJsselmeerdijk. Deze regels gebruiken we nu in het nieuwe ontwerp van de dijk.

14 Veenoxidatie

Om de IJsselmeerdijk op een duurzame manier te versterken, willen we het werk zo uitvoeren dat er weinig CO₂ vrijkomt. CO₂ is een gas dat ontstaat als we diesel of benzine verbranden in machines zoals vrachtwagens en kranen. Ook als we veen opgraven, kan CO₂ vrijkomen. Dit gebeurt vooral als we de basis voor de dam aan het maken zijn.

We weten hoeveel CO₂ de machines uitstoten, maar niet hoeveel er vrijkomt bij het opgraven van veen. Dit is belangrijk omdat veen veel natuurlijk materiaal heeft dat CO₂ kan worden als het met zuurstof in contact komt. Zonder zuurstof kan veen ook afbreken en dan komt er methaan vrij, een ander gas dat de aarde nog meer opwarmt dan CO₂. De manieren waarop veen CO₂ kan worden zijn te zien in Figuur 14.1.



Figuur 14-1: De manieren waarop veen CO₂ of methaan (CH₄) kan worden in de natuur.

We hebben proeven gedaan om te zien hoeveel CO₂ er vrijkomt als veen afbreekt met en zonder zuurstof. We hebben ook het veen en het water in de omgeving onderzocht. Daaruit blijkt dat als het veen snel afbreekt bij 20°C, er per dag 38 ton CO₂ kan vrijkomen. Dit is waarschijnlijk een te hoog getal. Niet al het veen komt steeds in contact met zuurstof en 20°C is best warm voor het water in het IJsselmeer. Als we ervoor zorgen dat het veen maar kort met zuurstof in contact komt, kunnen we de CO₂-uitstoot beperken. Als we dit goed doen, is de uitstoot door het veen veel minder dan de 55.000 ton CO₂ die we verwachten voor het hele project.

Wel moeten we voorkomen dat het veen zich mengt met water dat veel zuurstof heeft. Als dat gebeurt, kan er veel CO₂ vrijkomen. Het hangt af van hoe we werken hoeveel CO₂ er vrijkomt. We raden aan om methodes te gebruiken waarbij het veen zo kort mogelijk in contact is met lucht of water met veel zuurstof. Als we het veen snel bedekken, blijft de kans klein dat het veen CO₂ wordt.